

Adyuvantes, sus propiedades y efectos en las aplicaciones de agroquímicos (Parte I)

Ana María Prado B.
Ing. Agrónomo, Dpto. Técnico UAP

Carlos E. Del Solar D.
Prof. Dr. Ing. Agrónomo

Paz Soto A.
Lic. en Agronomía (UDLA)

Introducción

La utilización de adyuvantes en nuestra agricultura no es nada nuevo. El uso de aceites y humectantes ha sido común por años. Sin embargo, en este último tiempo hemos visto cómo han llegado a nuestro mercado un gran número de adyuvantes, los cuales, usados correctamente, permiten aumentar la eficiencia de las aplicaciones de agroquímicos.

Lamentablemente, a pesar de la diversidad de productos disponibles, el conocimiento de ellos no ha ido paralelo al crecimiento en su uso, lo que ha dificultado en muchos casos obtener el máximo beneficio de estos productos. Hay que considerar que, si bien el objetivo de un adyuvante es mejorar la eficiencia de una aplicación de agroquímicos, este término agrupa una gran variedad de productos, de distinta naturaleza y con distintos mecanismos de acción para lograr este objetivo.

Por esta razón, hay que tener claro que no todos los adyuvantes son lo mismo, ya que dos de ellos pueden ser y tener objetivos muy distintos. La elección del adyuvante ideal sería tan difícil -e inútil- como tratar de elegir el mejor insecticida o herbicida: el producto ideal dependerá de las características y circunstancias de la aplicación que se quiera realizar. Es decir, al momento de elegir un adyuvante hay que analizar el tipo de producto a aplicar (por ejemplo, si es de contacto o sistémico) y, obviamente, las características y propiedades de los adyuvantes disponibles.

Tipos de adyuvantes

Debido a que existen diversos tipos de adyuvantes, en este artículo analizaremos los usados normalmente en nuestra agricultura. En base a su mecanismo de acción podemos distinguir **surfactantes** -también llamados humectantes- **adherentes**, **acidificantes** y **penetrantes**. Es importante diferenciarlos, para tomar una decisión correcta. Por ejemplo, una aplicación de un fungicida de contacto en condiciones de riesgo de lluvia se beneficiará más del uso de un adherente. En cambio, en la aplicación de un herbicida sistémico como glifosato será más útil aplicar un penetrante.



Figura 1. Clasificación simplificada de los distintos tipos de adyuvantes.

Por otra parte, es importante señalar que un mismo producto comercial puede tener una o más de las características señaladas dependiendo de sus componentes. Por ejemplo, para que un adyuvante cumpla la función de surfactante y adherente a la vez es indispensable que contenga dos ingredientes activos, uno que cumpla la función de surfactante, y otro, muy distinto, la de adherente. Hay que poner especial cuidado en este punto, dado que en el país es común, pero equivocado, creer que un producto surfactante será también, automáticamente, un adherente, penetrante, etc.

Los **surfactantes** disminuyen la tensión superficial de la gota permitiendo mejorar el cubrimiento. Este efecto se logra gracias a la naturaleza de los alcoholes etoxilados, ingredientes activos (i.a.) de los surfactantes, que poseen una porción hidrofílica y una porción hidrofóbica, lo cual permite lograr este “desarme” de la gota que se traduce en un mayor cubrimiento. Existen dos tipos de surfactantes, los llamados surfactantes convencionales, recomendados para todo tipo de aplicaciones y los surfactantes organosiliconados (OS) que, debido a su mayor poder para disminuir la tensión superficial y expandir la gota, se recomiendan para aquellas aplicaciones en que el cubrimiento es un factor clave para el éxito. Es importante señalar que el efecto de los surfactantes dependerá de la dosis a la que es utilizado (Figura 2). Por ejemplo, un surfactante OS utilizado a dosis bajas se comportará como un surfactante convencional, ya que no logrará disminuir la tensión superficial a niveles mínimos.

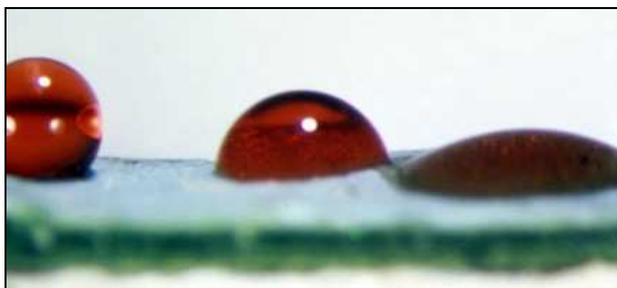


Figura 2. Efecto dosis en surfactantes. De izquierda a derecha gota A: 0% de surfactante; gota B: 0,01% de surfactante; gota C: 0,1 % de surfactante (dosis en base a surfactante con al menos 80% de i.a.)

Debido al gran efecto visual de los OS (el cual, recordemos, es dosis-dependiente) se tiende a pensar que es el mejor adyuvante. En realidad, este tipo de surfactante es una excelente herramienta de trabajo para controlar plagas difíciles con productos de contacto, pero no es la mejor alternativa para **todo tipo** de aplicaciones. En el caso del uso de OS con productos sistémicos, al disminuir el espesor de la lámina, la evaporación es más rápida y un producto sistémico sin agua, no puede absorberse. Además, para el caso de los productos sistémicos, en más que un excelente cubrimiento se requiere una mayor penetración del producto.

Los surfactantes cumplen una función parecida a los detergentes que usamos a diario, con la diferencia que un surfactante es muchísimo más poderoso al momento de disminuir la tensión superficial y mejorar el cubrimiento. Esto nos ayuda a entender por qué un surfactante **no** es un adherente: un detergente nos ayuda a lograr un mayor mojado, pero no nos ayuda a “pegar” algo. Tampoco podemos esperar que un surfactante sea penetrante, aunque, indirectamente, un mejor cubrimiento aumentará la probabilidad de que el producto aplicado entre en la planta.

Resumiendo, con un surfactante lo que se busca es aumentar la eficiencia sólo vía un mejor cubrimiento, por lo tanto no podemos esperar beneficios por otras vías. Siguiendo el análisis del efecto de un surfactante, es interesante considerar lo que ocurre cuando se aplica un surfactante y posteriormente ocurre una lluvia, rocío o riego por aspersión. Dada las propiedades de este tipo de adyuvante, es esperable que las pérdidas por lavado sean mayores que cuando no son utilizados (Gráfico 1). Recordemos que los surfactantes son de la misma naturaleza que los

detergentes, por lo tanto después de una lluvia la hoja con surfactante quedará “más limpia”. Esto nos demuestra que es necesario conocer las propiedades de los adyuvantes que usamos, ya que el uso de un producto tan útil como los surfactantes puede ser contraproducente en caso de lluvia y aumentar el lavado, especialmente en aplicaciones de productos de contacto.

Los **adherentes** permiten mejorar la depositación, al retener más producto sobre la hoja, y disminuir notablemente el lavado, evitando las re-aplicaciones después de lluvias y dando tranquilidad en épocas de inestabilidad climática. Por esto, son recomendados especialmente para ser utilizados con productos de contacto ya que su eficiencia depende justamente de su permanencia sobre la hoja. En Chile existen adherentes en base a 2 ingredientes activos: resina de pino y látex sintético. No se debe confundir productos en base a surfactantes que dicen tener efecto adherente, ya que si bien, pueden mejorar en algo la depositación, al ser surfactantes al fin y al cabo, en caso de lluvia, lejos de proteger inducirán un mayor lavado.

Los **acidificantes**, por otra parte, disminuyen el pH de la solución a asperjar 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 reduce la efectividad del ingrediente activo del pesticida.

La magnitud de esta degradación a determinado pH dependerá principalmente de las características del ingrediente activo que se este aplicando y el tiempo que pase entre la adición del producto al tanque y el secado de la aspersión. Los productos más sensibles son los insecticidas organofosforados y los carbamatos. En estos casos, las pérdidas pueden ser reducidas al mínimo por el uso de acidificantes. En el Cuadro 1 se muestra la vida media (período de tiempo en que se degrada la mitad de la cantidad del i.a. en agua) de algunos productos a diferentes pH. Nótese que el pH puede ser la diferencia entre un buen control y la pérdida casi total del efecto pesticida. Por lo tanto, determinar el pH de la mezcla y corregirlo en caso de ser necesario es de muy bajo costo comparado con perder parte importante de la efectividad del pesticida.

Cuadro 1. Efecto del pH en la estabilidad de pesticidas

Ingrediente activo	pH	Vida media
Azinfos-metil	5.0	17 días
	7.0	10 días
	9.0	2 horas
Benomilo	5.0	3 días
	6.0	7 horas
	7.0	1 hora
Captan	7.0	8 horas
	8.0	10 minutos
	9.0	2 minutos
Carbaryl	7.0	27 días
	8.0	2-3 días
	9.0	1-3 días
Dimetoato	6.0	12 horas
	9.0	1 hora
Phosmet	8.0	4 horas
	7.0	12 horas
	4.0	13 días

Fuente: Ferrel y Agarrad, 2002. Estos datos reflejan tendencias. La vida-media puede variar, ya que la hidrólisis depende de otros factores además del pH de la solución, incluyendo temperatura, presencia de otros pesticidas y adyuvantes.

También vale la pena mencionar el efecto del pH en la solubilidad de los pesticidas, por ejemplo el benomilo es menos soluble en condiciones alcalinas. Por otra parte, la mayoría de las sulfonilureas verán afectadas su solubilidad a pH ácidos.

En general, la mayor parte de los agroquímicos se ven favorecidos con el uso de aguas con pH entre 4 y 6. Cuando no es así, en la etiqueta del producto debería ir una advertencia respecto a la mezcla con productos acidificantes.

Los **penetrantes** permiten aumentar la absorción de los productos sistémicos, a través de una modificación en la cutícula de la hoja, estructura que poseen todas las plantas compuesta de una matriz insoluble de cutina y ceras solubles (**Holloway et al, 1994**) que protege a la planta de una transpiración excesiva, ataque de microorganismos y otros. Esta misma estructura es la que dificulta la entrada de agroquímicos en la hoja.

Hay dos grupos de penetrantes que cumplen la función de aumentar la entrada de agroquímicos a través de mecanismos muy distintos. El primer grupo corresponde a los aceites, los cuales aumentan la penetración al disolver la capa cerosa. Estos han sido normalmente usados con los herbicidas, dado su efecto fitotóxico, puesto que si bien el “eliminar” la barrera de protección aumenta la tasa de penetración, la planta sufre un estrés por esta pérdida, además del daño que pueden producir los aceites en las estructuras celulares. En el caso de las malezas, contrario a lo que se piensa, el daño producido por los aceites no es deseable, ya que al aplicar cualquier herbicida sistémico se requiere que la planta esté en óptimas condiciones para que sea capaz de translocar el herbicida a los puntos de crecimiento. Cualquier situación que afecte este transporte, afectará los resultados del herbicida en el rebrote.

Por otra parte, tenemos otro grupo de adyuvantes con acción penetrante que logran aumentar la tasa de absorción de i.a. vía un aumento en la movilidad de éste a través de la cutícula. Es el caso de los derivados de lecitina de soya, que permiten modificar temporalmente la estructura de la cutícula, sin disolverla lo que permite aumentar la entrada de producto, sin producir daño en los tejidos vegetales, sean cultivos o malezas. Esto permite ampliar el uso de los penetrantes más allá de los herbicidas, nicho tradicional de los aceites, ya que al disponer de productos que pueden aplicarse sobre el cultivo sin riesgo de fitotoxicidad, se pueden emplear además con fungicidas, insecticidas, reguladores de crecimiento e incluso nutrientes.

El uso de penetrantes será especialmente útil cuando existen factores que afectan la tasa de penetración. Por ejemplo, factores relacionados con la planta (grosor y composición de la cutícula), con el i.a. (tamaño de la molécula, polaridad) y con la condiciones ambientales (temperatura, humedad, precipitaciones) (**Holloway et al, 1994**).

En el caso de los factores climáticos, vale la pena analizarlos un poco más. La tasa de penetración es muy dependiente de la temperatura. **Baur et al, 1999**, señala que la absorción es casi nula con temperaturas bajo 5-10°C, y citan como ejemplo que la absorción de tebuconazole a 25°C será 167 veces mayor que la absorbida a 5°. Esto, sin duda, es un factor a considerar ya que puede afectar significativamente los resultados de pesticidas sistémicos, reguladores de crecimiento y nutrientes. Los mismos autores señalan que el uso de penetrantes puede suplir casi completamente el problema de las bajas temperaturas.

En el caso de la humedad ambiental, mientras mayor sea, mayor será la absorción. Bajo condiciones de lluvia, los penetrantes favorecen la entrada y “protección” del producto antes del lavado. Sintetizando, al usar un penetrante, los productos se absorben en mayor cantidad y más rápido, minimizando las pérdidas que ocurren sobre la hoja como las producidas por la radiación solar, los microorganismos y la lluvia.

¿Usar o no usar adyuvantes?

Es una pregunta que surge naturalmente al pensar en incrementar el costo de una aplicación: ¿cuánto beneficio en relación al costo obtendremos de la aplicación de un adyuvante?. Es imposible responder cuántos pesos más obtendremos (o perderemos) por cada peso gastado, pero si podemos analizar en que condiciones serán mayores las probabilidades de tener una relación costo/beneficio favorable. Partamos con un ejemplo simple: si usamos un acidificante, los mayores beneficios los tendremos mientras más adversas sean las condiciones: uso de un pesticida sensible a la degradación alcalina y pH alcalino del agua unido a un agricultor que tiende a dilatar la aplicación una vez realizada la mezcla. En cambio, si un agricultor aplica inmediatamente una mezcla de miclobutanil (baja sensibilidad a la degradación alcalina) el beneficio será casi nulo.

Lo mismo ocurre con todos los adyuvantes. Mientras más adversas sean las condiciones con las que se está trabajando, tanto del pesticida, cultivo, condiciones ambientales, etc, mayor beneficio se obtendrá del uso del adyuvante correctamente elegido. Otro ejemplo: la aplicación de un penetrante será de gran ayuda al utilizarlo con un herbicida en condiciones de baja temperatura, en cambio su efecto será casi nulo sobre plántulas en invernadero, en donde las nuevas plantas tienen un escaso desarrollo de cutícula y por lo tanto presentan menor resistencia a la entrada de producto, y las condiciones de temperatura y humedad son óptimas para la absorción. El beneficio del uso de adherentes-protectores del lavado en aplicaciones previas a lluvias es indiscutible, ya que la diferencia entre el costo del adyuvante y el costo de re-aplicar (en caso de que las condiciones lo permitan) es bastante claro.

Consideraciones al elegir un adyuvante

Aunque ya hemos tratado los puntos más importantes que se deben conocer respecto a los adyuvantes, será útil resumir los aspectos que se deben considerar al momento de elegir y usar un adyuvante.

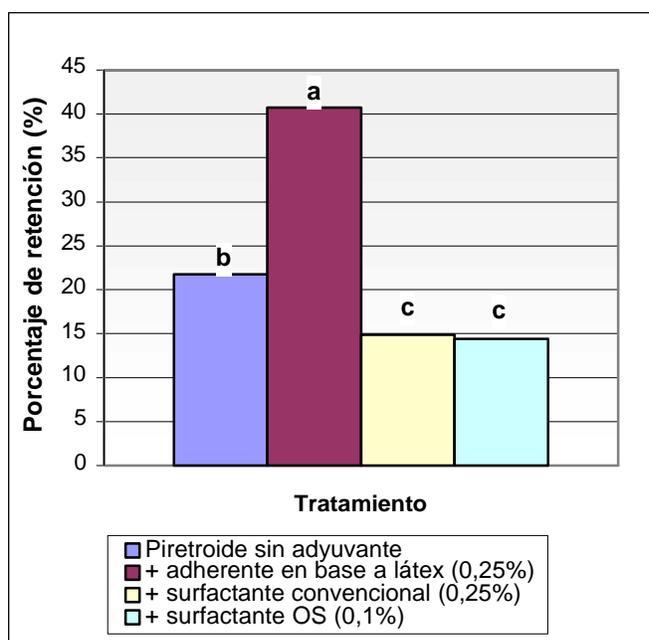
- Pesticida. Pesticidas sistémicos y translaminares se beneficiarán más del uso de un penetrante. Aquellos de contacto deberían con surfactantes OS y/o adherentes.
- Adyuvantes polifuncionales. Existen adyuvantes que cumplen más de una función. Es importante asegurarse que las propiedades prometidas sean respaldadas por los ingredientes rotulados en la etiqueta.
- Temperatura ambiental. Con temperaturas bajo 10°C, la absorción de productos será a tasas muy bajas, situación que puede ser revertida con el uso de un penetrante efectivo (**Baur et al, 1999**).
- Probabilidad de lluvia. Para el caso de los sistémicos, el uso de penetrantes acelerará la entrada de producto disminuyendo notablemente las pérdidas por lluvia. En productos de contacto, la solución será usar un adherente. El efecto del uso de otro tipo de adyuvantes (surfactantes, aceites) puede incrementar el riesgo de lavado, como lo muestra el Gráfico 1.
- pH del agua
- Deriva. Si bien existen adyuvantes diseñados para disminuir los problemas de deriva, los adyuvantes en general pueden o no tener un efecto (positivo o negativo) en la deriva. Al

ser un tema que da para otro artículo, sólo dejamos la inquietud de consultar a las empresas distribuidoras de adyuvantes, cual es el efecto de cada uno de ellos en este punto.

- Dosis. Todos los efectos producidos por los adyuvantes son dosis-dependiente. Por ejemplo un surfactante OS actuará como tal sobre los 40-50cc/Hl. Bajo esta dosis el efecto en el cubrimiento será similar a un surfactante convencional.
- Volumen de aplicación. Al usar OS es importante regular el volumen aplicado para evitar un excesivo escurrimiento.
- Fitotoxicidad y compatibilidades. Si se tienen dudas respecto este punto, lea muy bien la etiqueta, tanto del pesticida como del adyuvante, realice pruebas a pequeña escala y/o consulte directamente al proveedor de los adyuvantes.

Existen otros tipos de adyuvantes, como agentes para disminuir la deriva, antiespumantes, acondicionadores de agua, etc, pero los analizados en estas páginas son los más utilizados en el país. Lo importante es entender que no se puede hablar del adyuvante ideal, por que eso dependerá del producto a aplicar, el cultivo, la calidad y el volumen del agua utilizada, las condiciones climáticas, etc., pero conociendo el tema y los productos del mercado, sí podemos elegir el producto que más se acomoda a una determinada aplicación.

Gráfico 1. Efecto del uso de adyuvantes bajo condiciones de lluvia. Precipitación simulada de 13 mm, 15 minutos post-aplicación.



Fuente: Mulrooney y Elmore, 2000.

Referencias Bibliográficas

Aagard, S.D. y Ferrel, M.A. 2002. Effect on Water pH on the Chemical Stability of Pesticides. <http://www.uwyo.edu/plants/wyopest/factsheets/20-pH.pdf>.

Baur, P., Buchholz, A. y Schönherr, J. 1999. Modelling Foliar Penetration: Its Role in Optimising Pesticide Delivery. In: Pesticide Chemistry and Bioscience.p.134-151. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK.

Holloway, P.J, Rees, R.T. y Stock, D. 1994. Interactions Between Adjuvants, Agrochemicals and Target Organisms. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Mulrooney, J.E. y Elmore, C.D. 2002. Rainfastening of Bifenthrin to Cotton Leaves with Selected Adjuvants. Journal of Environmental Quality, Vol 29:1863-1866, N° 6.