



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Ingeniería Agronómica

“Evaluación del uso de distintas concentraciones de aceite vegetal como coadyuvante en glifosato”.

Trabajo final de graduación para optar por el título de:
Ingeniero Agrónomo

Autor: Luis Otamendi

Profesor Tutor: Ricardo Paglione

Fecha de defensa:

Resumen

En el modelo agrícola actual, el control de malezas se realiza casi exclusivamente mediante el uso de herbicidas. La efectividad de un herbicida va a depender de la retención de la gota del pulverizado y la absorción del producto por el follaje de la maleza. Un coadyuvante 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.

El nonilfenol etoxilado resulta ser la sustancia utilizada como coadyuvante en la mayoría de los tratamientos. Esta sustancia aparece como una figura amenazante para la sustentabilidad ecológica y social de los sistemas de producción, al ser sustancias nocivas tanto para el medio ambiente, como para animales y humanos. En el año 2005 el Consejo y Parlamento Europeo (a través de la directiva 2003/53/EC) prohibió la utilización del nonilfenol etoxilado (y derivados) tras declararlo como "sustancia peligrosa". En la Argentina ya se ha prohibido su uso para pesticidas que forman parte de las llamadas "líneas jardín" (RESOLUCION SAGyP 131/90).

El objetivo de este trabajo fue buscar una alternativa al uso de este producto replazándolo por aceite vegetal, un producto de origen vegetal, biodegradable.

Se realizaron una serie ensayos sobre plantines de brócoli donde se comparó la eficiencia de tratamiento de glifosato con nonilfenol etoxilado versus la eficiencia de tratamientos de glifosato con aceite vegetal. Además, como control o testigo se utilizó una formulación de glifosato genérico sin coadyuvantes en su composición.

Se utilizó un diseño estadístico completamente aleatorizado con la variable respuesta peso fresco de los brócolis.

Se concluyó que el aceite de soja es una alternativa inocua válida como replazo del nonilfenol.

Índice

| | |
|-------------------------------------------------------|----|
| Resumen | 3 |
| Introducción..... | 5 |
| 1 Aplicación de Agroquímicos..... | 5 |
| 1.1 Factores previos a la aplicación | 5 |
| 1.2 Factores durante la aplicación | 5 |
| 1.3 Factores posteriores a la aplicación..... | 6 |
| 2 Cutícula..... | 6 |
| 3 Coadyuvantes..... | 7 |
| 3.1 Clasificación de los coadyuvantes..... | 7 |
| 4 Nonilfenol Etoxilado..... | 8 |
| 4.1 Composición química del nonilfenol..... | 8 |
| 4.2 Acción en los seres vivos..... | 8 |
| 4.3 Proceso de degradación en el suelo. | 9 |
| 4.4 Situación legal | 9 |
| 5 Aceites..... | 9 |
| 5.1 Aceites minerales | 10 |
| 5.2 Aceites vegetales..... | 10 |
| 5.3 Recomendaciones de uso de Aceites..... | 10 |
| 5.4 Fitotoxicidad..... | 11 |
| 6 Glifosato | 11 |
| 6.1 Definición | 11 |
| 6.2 Formulaciones..... | 11 |
| 6.3 Sulfato de amonio como coadyuvante. | 11 |
| 6.4 Su influencia en la agricultura moderna | 12 |
| 6.5 Cultivares RR y su relación con el glifosato..... | 12 |
| 6.6 Influencia en el medio ambiente. | 12 |
| 7 Materiales y métodos | 14 |
| 7.1 Ensayo | 14 |
| 8 Resultados..... | 16 |
| Gráfico 1, Peso expresado en gramos | 16 |
| 8.1 Tabla 1: ANOVA Ensayo..... | 16 |
| 8.2 Tabla 2: Tukey | 17 |
| 9 Discusión y conclusiones..... | 18 |
| 10 Anexos..... | 19 |
| 10.1 Peso de los plantines expresado en gramos | 19 |
| 10.2 Pruebas estadísticas del ensayo..... | 19 |
| 11 Bibliografía | 21 |

Introducción

1 Aplicación de Agroquímicos

Dentro del proceso productivo agrícola la aplicación de fitosanitarios resulta ser un eslabón de suma importancia. Es decir, que el correcto control de malezas, patógenos e insectos, nos permitirá maximizar la producción. Según especialistas, el 70% de la eficiencia de un producto depende de la eficacia de la aplicación (Jalil Maluf 2008).

La eficacia de la aplicación va a depender de una serie de factores. Para analizar esos factores se puede dividir el proceso de aplicación en tres etapas. Una etapa previa a la aplicación, una segunda durante la aplicación y la tercera posterior a la aplicación.

1.1 Factores previos a la aplicación

El proceso de aplicación de agroquímicos comienza con la mezcla en el tanque de la máquina. Por lo tanto, como primera medida, es fundamental conocer la calidad del agua en la que se diluirán los agroquímicos. Hay que saber el pH, la dureza y la pureza del agua. Mientras que otros aspectos para tener en cuenta en esta etapa del proceso de aplicación son el orden de la mezcla de los productos y la compatibilidad entre los mismos.

Para evitar la descomposición del producto por hidrólisis, el pH óptimo para su aplicación debe ser entre 4 y 6. Por ejemplo, para los casos con pH elevados, el ingrediente activo de los agroquímicos utilizados pierde estabilidad, se degrada fácilmente y pierde efectividad.

Si la dureza del agua supera las 300 ppm de carbonatos de calcio o magnesio, es considerada como agua dura. En el caso del glifosato, la interacción con aguas duras provoca la formación de complejos moleculares con carbonatos, hierro y o magnesio (según sea el elemento químico presente en el agua). Dichos complejos moleculares adquieren un tamaño lo suficientemente grande como para no poder ser absorbidos por las plantas y así no poder llevar adelante el objetivo del proceso.

La pureza del agua también ocupa un espacio importante en esta etapa. Aguas con presencia de arcilla o restos de materia orgánica adsorben fuertemente al glifosato, disminuyendo su disponibilidad en el caldo asperjado y provocando, por consiguiente, una menor eficacia en el control de las malezas (Puente, 2008).

Cuando se trabaja con una mezcla de plaguicidas, el orden en el que éstos se vayan agregando en el tanque guarda una correlación con el resultado de la calidad del caldo de aspersión y, por lo tanto, con el resultado de su aplicación. Existe un orden orientativo a seguir (en el caso de que el marbete no indique lo contrario) y es el siguiente: gránulos dispersables, polvos mojables, suspensiones concentradas, gránulos solubles, líquidos solubles y concentrados emulsionables (Jalil Maluf, 2008).

Finalmente, la compatibilidad es, tanto física como químicamente, un aspecto a tener en cuenta cuando se emplean varios plaguicidas juntos. La incompatibilidad física entre éstos puede provocar precipitación, ruptura de la emulsión, formación de sedimentos pegajosos etc. La incompatibilidad química entre dos plaguicidas que tengan distinta formulación (por ejemplo, un polvo con un concentrado emulsionable). o incluso puede llegar a existir incompatibilidad entre los principios activos, aun cuando las formulaciones sean miscibles. Este tipo de incompatibilidades se las conoce como químicas, y se encuentran detalladas en cartas de incompatibilidad (Arregui et al, 2007).

1.2 Factores durante la aplicación

En esta etapa, las pérdidas comienzan con la formación del tamaño de la gota, acción de coadyuvantes, tipos de pastillas, etc. Aquí aparece el factor deriva, el cual se entiende como el movimiento de las partículas pulverizadas y vapores fuera del blanco, provocando menor efectividad de control y posible daño a la vegetación susceptible, vida silvestre y a las personas. Se pueden diferenciar dos tipos de deriva. Una es aquella que está asociada a la volatilización del asperjado, mientras que la otra es la deriva por el movimiento de lo asperjado por el viento o por escurrimiento desde el vegetal (Jalil Maluf 2008).

A su vez, los factores climáticos más importantes a tener en cuenta al momento de aplicar son el viento, la temperatura y la humedad relativa, pudiéndole asignar a ésta última un 60% de influencia, si se la compara con los demás parámetros meteorológicos.

1.3 Factores posteriores a la aplicación

Luego de la aplicación, la gota puede rebotar, fragmentarse o escurrirse de la superficie vegetal, considerando así, otro factor más de pérdidas.

Finalmente, el asperjado, una vez retenido en la superficie vegetal, debe ser capaz de poder vencer las barreras de la cutícula (membrana cerosa, cutina, pared celular, plasmalema) para luego ser traslocado hasta poder llegar al sitio de acción o blanco.

La tasa de difusión de un determinado ingrediente activo va a estar determinada por factores ambientales (temperatura, viento y humedad relativa), factores de los agroquímicos (polaridad, tamaño de la partícula, coeficiente de partición entre otros), factores de la mezcla (calidad de agua, uso de coadyuvantes, pH de la solución, viscosidad y gradiente de concentración) y finalmente factores de la planta. En este último factor hay que tener en cuenta el grosor, composición y disposición de la cutícula. Pueden encontrarse diferencias importantes entre especies y a su vez, en distintos estados fenológicos dentro de un mismo individuo.

Una vez que la absorción se ha completado, los herbicidas pueden actuar en el lugar donde fueron aplicados (si son de contacto), o ser traslocados (sistémicos), o de ambas maneras a la vez.

2 Cutícula

La cutícula es una membrana externa que recubre las superficies de las plantas expuestas al aire. Puede variar en espesor y su desarrollo está afectado por las condiciones ambientales (Martin, J.T, et al 1970). Está formada por una capa externa cerosa, también llamada epicutícula, que varía en forma con la edad de la hoja y con la especie. Debajo de la cera cuticular se encuentra la capa de cutina, embebida en ceras. La capa cerosa se encuentra distribuida en forma de costras aplanadas o lisas o como varillas o filamentos que crecen hacia fuera de la superficie (Chattaway, M.M, 1987).

Las ceras están compuestas por mezclas complejas de compuestos alifáticos siendo mayoritarios los alcanos de número impar de carbonos. Las ceras son no-polares, afines al aceite en su naturaleza y repelen al agua (Baur et al, 1999).

La cutina es el principal componente de la cutícula. Es una mezcla compleja de ácidos grasos de 16 y 18 carbonos, generalmente hidroxilados. Estos grupos hidroxilo están, en una proporción significativa, esterificados con ácidos grasos o fenólicos dando lugar a una compleja red tridimensional, siendo la cutina más hidrofílica que las ceras. El carácter hidrofóbico de la cutina y las ceras reduce de forma importante la permeabilidad de la hoja al agua y los solutos (Baur et al, 1999).

Debajo de la cutina se encuentra la pared celular que consiste principalmente de celulosa y pectina. La celulosa es un polímero β -1,4-glucano; está presente en la pared celular en forma de estructuras ordenadas llamadas microfibrillas. La celulosa está en contacto con la plasmalema y es muy hidrofílica. La pectina es un polímero hidrofílico formada principalmente por ácido galacturónico, predominando en las áreas de la pared cercanas a la superficie celular, aunque puede aparecer insertada dentro de las partes inferiores de la cutícula, mientras que la celulosa es más abundante internamente (Baur et al, 1999).

La barrera final para la entrada del herbicida dentro del citoplasma es la plasmalema de naturaleza anfifílica. Las principales moléculas de dicha membrana son los lípidos y las lipoproteínas que interactúan tanto con los solventes orgánicos como con el agua. El transporte de herbicidas a través de la membrana plasmática es generalmente pasivo, proceso físico que se lleva a cabo por simple difusión (Baur et al, 1999). La única excepción es la de los herbicidas fenólicos. La forma ácida sin disociar de estos herbicidas se transporta en forma pasiva pero la formulación aniónica lo hace en forma activa utilizando un transportador o carrier.

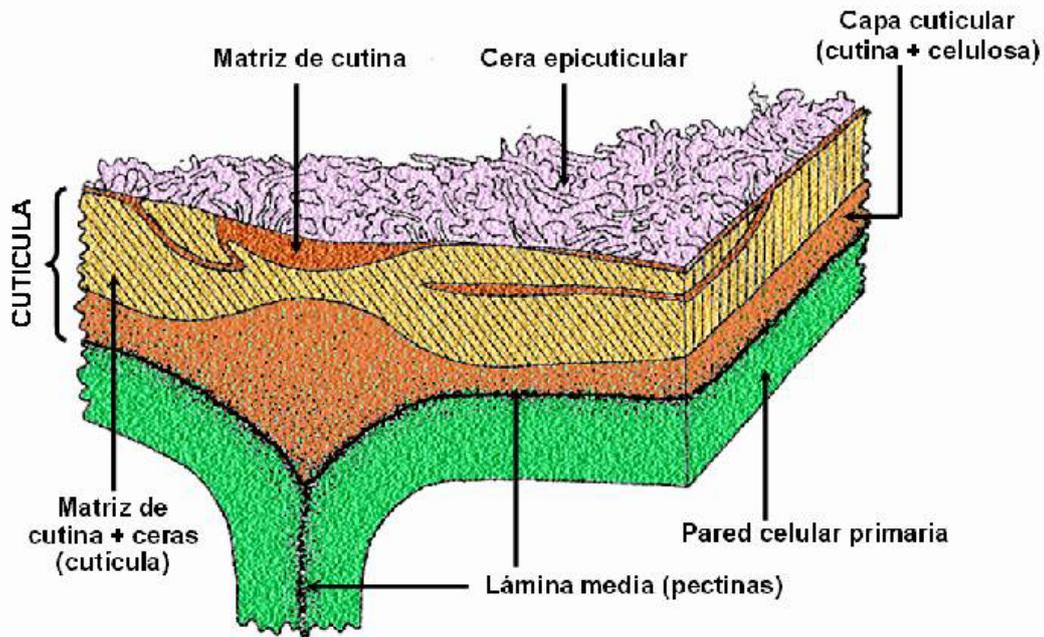


Ilustración 1, componentes de la cutícula

3 Coadyuvantes

Los coadyuvantes son aditivos que se agregan al caldo de aspersión con la intención de mejorar las condiciones de aplicación y la performance del agroquímico. El uso de un coadyuvante genera una modificación en las propiedades del caldo de aspersión mejorando el mezclado, disminuyendo la tensión superficial, previniendo la cristalización, mejorando la retención del asperjado y su absorción.

La efectividad de un herbicida post-emergente depende de la retención de la gota del pulverizado y la absorción del producto por el follaje de la maleza (Rodríguez, 2003). Es decir que para cumplir su objetivo debe ser translocado desde el área de impacto sobre la hoja, al interior del tejido de la planta.

El tipo de coadyuvantes que puede necesitarse depende de las características del agroquímico a emplear, del tipo de cultivo, del objetivo blanco y de las condiciones ambientales.

Los coadyuvantes no son importantes en el uso de herbicidas pre-emergentes, ya que no existe retención y absorción a través de follaje alguno.

3.1 Clasificación de los coadyuvantes

Se puede dividir a los coadyuvantes en dos grandes grupos según su función principal: aquellos que mejoran la performance de un fitosanitario, y aquellos que minimizan los problemas del manejo y aplicación.

El primer grupo se subdivide en:

- Surfactantes: son aquellos que reducen la tensión superficial del caldo de aspersión, disminuyendo también la tensión superficial del agua, lo cual permite dispersar el asperjado en forma homogénea sobre la hoja de la planta. A este grupo pertenecen el nonilfenol etoxilado, alcoholes grasos etoxilados y los órgano-siliconados.
- Adherentes: son aquellos cuyo efecto es aumentar la retención del producto sobre la hoja y disminuir su lavado.
- Aceites
- Sales de Fertilizantes

El segundo grupo comprende:

- Agentes de compatibilidad
- Antiespumantes
- Agentes buffer
- Agentes antideriva
- Acondicionadores de agua

4 Nonilfenol Etoxilado

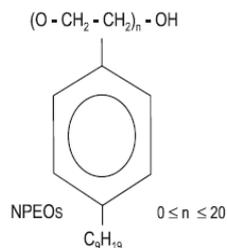
Los surfactantes son agentes químicos que permiten mejorar las propiedades de absorción, emulsificación, dispersión, adherencia, poder mojante y penetración de los agroquímicos, por reducción de la tensión superficial del caldo de aspersión y del agua, permitiendo la dispersión del asperjado en forma homogénea sobre la hoja de la planta. Los surfactantes pueden ser clasificados por la carga iónica de la parte superficialmente activa de la molécula. En los surfactantes aniónicos, la carga molecular es negativa, en los catiónicos, positiva, en los anfóteros existen cargas tanto positivas como negativas en la molécula y en los no iónicos, no hay carga grupo al cual pertenece el nonilfenol etoxilado.

Los surfactantes aniónicos, anfotéricos y catiónicos son aquellos que cuando entran en contacto con la solución acuosa, se ionizan.

El nonilfenol no se ioniza en solución acuosa. De allí que no sea afectado por el agua dura, esto significa que no forma sales insolubles con iones calcio, magnesio, férrico, etc.; también puede ser usado en soluciones ácidas fuertes; tiene baja fitotoxicidad; otra de sus propiedades sobresalientes, es su actividad como emulsificador, formando emulsiones estables; es buen agente dispersantes y excelente detergente; forma menos espuma que los surfactantes aniónicos y se lo considera agente espumante leve a moderado; es más soluble en agua fría que en agua caliente (una relación inversa de temperatura-solubilidad); es usado como emulsificador en las formulaciones de herbicidas del tipo de los concentrados emulsionables.

4.1 Composición química del nonilfenol

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.



4.2 Acción en los seres vivos

Tanto el nonilfenol etoxilado, y en mayor medida, los metabolitos intermedios que surgen durante su biodegradación provocan daños graves a los seres vivos que se desenvuelven tanto en el medio terrestre como en el acuático. Los sectores en los que se utiliza el producto son múltiples. Uno de los más grandes usuarios es la industria de productos de limpieza. Por esta razón es que a nivel mundial se están contaminando muchos cauces naturales que reciben efluentes de las ciudades, donde uno de sus principales componentes es el nonilfenol etoxilado proveniente del detergente que utilizan las casas para el lavado doméstico. Esto explica que sean amplios los estudios que existen sobre los efectos del nonilfenol etoxilado en el agua y su influencia sobre la fauna marítima.

Por otro lado, los metabolitos del nonilfenol etoxilado son tóxicos de tres formas. Primero, pueden provocar letargia y la pérdida de conocimiento a los seres vivos. En segundo lugar, pueden cubrir organismos con una capa de consistencia jabonosa que los puede inhibir del movimiento. Estos dos efectos fueron encontrados básicamente en fauna marítima. En tanto, existe un tercer efecto el cual es considerado como el más

importante de los tres, y se refiere a que los metabolitos del nonilfenol etoxilado pueden actuar como disruptor endócrino, causando problemas de fertilidad en el hombre, mamíferos, anfibios, reptiles y aves (Hoponick, 2005). En experimentos hechos con ratas, se observó que el nonilfenol (metabolito intermedio del nonilfenol etoxilado) altera el ciclo estrogénico, reduce la producción de espermatozoides y altera el tamaño de los órganos reproductivos.

4.3 Proceso de degradación en el suelo.

Cuando el nonilfenol etoxilado llega al suelo, es biodegradado por la acción de bacterias (*Pseudomonas sp*, *Arthrobacter sp*, *Bacillus sp*, entre otros) y hongos (*Trichoderma sp*, *Penicillium sp*, *Aspergillus sp*, entre otros). La presencia de oxígeno es fundamental debido a que la biodegradación inicial de hidrocarburos es oxígeno dependiente. Otros factores que influyen son la presencia de agua y el pH del suelo, ya que para que exista biodegradación óptima debe existir al menos un 20 % de agua y un pH de suelo entre neutro a levemente alcalino (7.8), debido a que a pH ácidos las bacterias disminuyen su capacidad degradativa.

Puntualmente, lo que sucede es que el nonilfenol etoxilado es rápidamente biodegradado a metabolitos intermedios entre los que se incluye el nonilfenol. Eventualmente este metabolito también es biodegradado a dióxido de carbono, agua y otras sales inorgánicas. Dicho proceso no es inmediato, sino que dura muchas semanas durante las cuales se deben dar las mencionadas previamente para la biodegradación. A su vez, éste y otros productos intermedios que surgen de la biodegradación del nonilfenol etoxilado son, por naturaleza, mucho más persistentes en el tiempo que el propio nonilfenol etoxilado, lo que agrava la situación.

Por otro lado, la movilidad del nonilfenol y del nonilfenol etoxilado variará según sean las características edáficas del suelo en cuestión. En suelos de textura arenosa, habrá tendencia a que estos productos se lixivien y lleguen a contaminar las napas subterráneas. Mientras que en suelos más pesados e impermeables habrá escurrimiento superficial, dándose de esta forma acumulaciones de nonilfenol y nonilfenol etoxilado en lugares determinados o en cauces naturales de agua en el caso de que las partículas arrastradas por el escurrimiento se encuentren con ellos.

Además, la presencia de ácidos fúlvicos y húmicos en el suelo puede afectar la solubilidad del nonilfenol etoxilado y sus metabolitos y, por ende, su distribución y movilidad en el perfil de suelo.

4.4 Situación legal

Un alto porcentaje de los activos utilizados en los surfactantes que se aplican junto a los agroquímicos en las pulverizaciones está representado por nonilfenol etoxilado. A pesar de la eficacia comprobada de esta sustancia en llevar adelante su acción como surfactante, el Consejo y Parlamento Europeo (a través de la directiva 2003/53/EC) prohibió su utilización, desde 17 de enero de 2005, por considerarla “sustancia peligrosa” tanto para el medio ambiente como para animales y humanos.

En la Argentina se ha prohibido el uso del nonilfenol etoxilado (2008) para todos aquellos pesticidas que forman parte de las líneas jardín (RESOLUCION SAGyP 131/90).

5 Aceites

Comúnmente se habla de aceites agrícolas cuando nos referimos a los usados en los cultivos, pudiendo derivar de la refinación del petróleo (minerales) o aceites vegetales. El modo de acción exacto de los aceites es desconocido, pero aumentan la dispersión de las gotas del pulverizado, disuelven la cutícula y mejoran la tasa de difusión cuticular del herbicida.

Los adyuvantes derivados de aceites tienen como función principal aumentar la penetración de los herbicidas en el vegetal. Generalmente se los utiliza frente a condiciones meteorológicas adversas de temperatura y humedad para evitar la evaporación del herbicida, o cuando la cutícula de la maleza está muy engrosada.

No se mezclan con el agua, razón por la cual vienen formulados con un emulsionante, para que al ser agregados al tanque formen una emulsión. Estas formulaciones están compuestas entre un 85 y 99 % de un aceite no fitotóxico y de surfactante entre un 1 y 15 % en el caso de los aceites minerales.

El agregado de un surfactante en la formulación no solo permite la emulsión, sino que también baja la tensión superficial del caldo de aspersión.

Los aceites aumentan la absorción del producto a través de la cutícula de la planta, aumentan la retención del pulverizado en la superficie foliar y pueden permitir escapar a los efectos de lavado de las lluvias.

5.1 Aceites minerales

Los aceites minerales son altamente refinados y con alto contenido de hidrocarburos parafínicos que son el componente no fitotóxico. Pueden estar acompañados, en menor medida, por hidrocarburos nafténicos, que representan la porción fitotóxica.

Se los usa como adyuvantes de herbicidas lipofílicos (afinidad por el aceite). Se utilizan a bajas concentraciones y mejoran la velocidad de absorción reduciendo las pérdidas durante y luego de la aplicación. Actúan ablandando la cera cuticular.

5.2 Aceites vegetales

Los aceites vegetales son extraídos de semillas de algodón, soja, girasol, entre otros. Una de las diferencias fundamentales que tienen con los aceites de origen mineral, es que son biodegradables.

Según su procesamiento se los puede dividir en:

- Naturales o desgomados (Triglicéridos)
- Metilados (desnaturalizados)

Los aceites naturales son los aceites comunes extraídos por presión o por extracción al solvente y son de mayor viscosidad que los metilados.

Los aceites naturales reducen la evaporación, mejoran la deposición, mejoran la penetración y forman una delgada capa sobre el blanco. Aunque su función principal es la de antievaporante.

Por otra parte, los aceites metilados son mejores solventes que los aceites minerales, pero se discute su poder de disolver las ceras. Sus propiedades dependen de su origen. Los ácidos grasos de los aceites vegetales reaccionan con metanol para producir los ésteres metílicos de los ácidos grasos. Estos ésteres metílicos son de aspecto aceitoso, dando lugar al término aceite desnaturalizado como también se los conoce. Los aceites metilados reducen la evaporación, mejoran la deposición, mejoran la penetración, mejoran la movilidad de los activos a través de la cutícula.

5.3 Recomendaciones de uso de Aceites

Como se mencionó con anterioridad, los aceites tienen como funciones básicas reducir la evaporación y mejorar la penetración. Estas cualidades varían según el tipo de aceite. La elección del aceite a usar depende de la función requerida. El aceite vegetal desgomado tiene un bajo poder penetrante, pero tiene una gran performance como antievaporante ya que protege mejor las gotas. Es decir, las gotas con aceite reducen, en función del tiempo, en menor medida su tamaño respecto a aquellas formadas solo por agua. Por lo tanto, es una buena opción ante un follaje denso.

Cuando la acción requerida sea la de penetrante la mejor opción es un aceite mineral o metilado.

5.4 Fitotoxicidad

Es frecuente observar solo en tratamientos fungicidas en trigo con tebuconazole. No obstante condiciones climáticas de altas temperaturas o de alta radiación solar, o mala calidad de aplicación como mala calidad de aceite (residuos de expeler y mucilago o calidad y cantidad de emulsionante) resultan ser condiciones predisponentes para generar un efecto fitotóxico.

6 Glifosato

6.1 Definición

El glifosato es un herbicida de amplio espectro, no selectivo y de acción sistémica. Es altamente efectivo para matar una gran diversidad de plantas (a pesar de que cada vez son más las malezas resistentes a este herbicida) y al igual que el resto de los herbicidas post emergentes, es absorbido principalmente por las partes verdes de los tejidos vegetales. Una vez ingresado en la planta, inhibe la acción del ácido shikimico, paso obligado hacia la síntesis de tres aminoácidos esenciales, presentes en las plantas superiores y ciertos microorganismos, pero no en animales (Pengue, 2003).

6.2 Formulaciones

El principio activo del glifosato es un ácido que se formula como sal. Las diferentes formulaciones son las siguientes:

- Sal potásica
- Sal isopropilamina
- Sal etanolamina
- Sal monoamónica

Cada formulación está compuesta por alguna de las sales mencionadas y sus respectivos coadyuvantes e ingredientes inertes. La eficacia de cada sal es altamente dependiente de los coadyuvantes e ingredientes inertes que van con cada una de ellas. Si la sal se encuentra formulada con el tensioactivo adecuado, se debería conseguir la máxima eficacia. Estos componentes agregados tienen varios objetivos, como hacer que la formulación se mezcle bien con otros principios activos o facilitar el movimiento del ingrediente activo dentro de la planta entre otros. Cada una de las diferentes sales posee diferentes cantidades de ingrediente activo (i.a.) y cada una proporciona una cantidad distinta de equivalente ácido (e.a.). El equivalente ácido es la cantidad de glifosato ácido activo que contiene cada formulación y la única forma de que pueden compararse las sales es analizando el equivalente ácido. No obstante, con la misma dosis de equivalente ácido no quiere decir que tengamos el mismo resultado ya que al ser distintas formulaciones tendrán distintos coadyuvantes y por ende no tendrán el mismo desempeño.

6.3 Sulfato de amonio como coadyuvante.

El sulfato de amonio usado como coadyuvante en glifosato presenta dos beneficios principales. En primer lugar, actúa sobre el agua capturando los cationes de agua dura, impidiendo que el herbicida sea bloqueado por ellos. En aguas duras estos cationes tienden a ligarse con el ácido glifosato, formando sales menos solubles en agua y que no pueden penetrar bien las cutículas cerosas de las plantas.

En segundo lugar, actúa sobre la cutícula, manteniendo la gota pulverizada más húmeda impidiendo su cristalización, prolongando su vida útil. A su vez actúa bajando el pH de la cutícula cerosa, permitiendo que el glifosato penetre mejor la misma y una vez en la corriente del floema actúa mejorando el traslado del glifosato al sitio de acción. Este fenómeno se conoce como ión Trapping.

Otro beneficio no menor es que ayuda a hacer compatible la mezcla de glifosato con otras formulaciones. También se ha observado una inducción del desarrollo de la maleza y por ende un incremento en la absorción del herbicida.

6.4 Su influencia en la agricultura moderna

La introducción de la siembra directa en los sistemas de producción agrícola ha generado una insumo-dependencia en los productores tan fuerte que hoy es prácticamente imposible imaginarse un barbecho químico en el que no se use glifosato como componente principal de la mezcla del tanque.

En el año 2007 la superficie sembrada bajo labranza cero en el mundo representaba un total de 96 millones de hectáreas. Mientras que, en la Argentina, 30 millones de hectáreas se encontraban bajo este sistema en el año 2006. Por lo tanto, no es casualidad que el agroquímico más utilizado en este país sea el glifosato, representando un consumo del 37% sobre el total de los herbicidas existentes en el mercado.

Es así como el glifosato se ha convertido en un insumo tan estratégico para la producción, que se encuentra al mismo nivel de dependencia que el propio gasoil para la actividad.

La zona núcleo pampeana es una de las regiones que más ha crecido en el consumo del producto. Hoy en día, la popularidad del herbicida ha explotado con el desarrollo de las sojas transgénicas, que son inmunes al glifosato, de una manera inédita en la historia de la agricultura moderna, y de forma particularmente notable en el agro argentino.

6.5 Cultivares RR y su relación con el glifosato

Las principales relaciones que se encuentran entre el herbicida y los eventos transgénicos tolerantes al mismo muestran una utilización creciente del insumo derivada de la alta disponibilidad, bajo precio relativo, comodidad y control en el manejo. Además de existir una recurrencia a su aplicación, al notarse que el producto, en situaciones de campo, a veces no llega a controlar totalmente las malezas.

Respecto de los cultivos, es posible que se haya determinado algún quemado o efectos del bronceado sobre los mismos, o incluso deformación de brotes, pero al no haberse desarrollado estudios sistemáticos sobre estas posibilidades, se los podría atribuir tanto a los efectos del herbicida, del coadyuvante o surfactante, como a alguna otra consideración ambiental no determinada. Si bien puede haber algún efecto en el estado vegetativo, la realidad no revela diferencias significativas en el rendimiento, siendo los niveles de daño muy bajos o nulos. En el caso de las sojas RR, no se determina ningún efecto sobre la biomasa, ni sobre la floración o fructificación en estudios realizados por el INTA (Papa, 1997). Trabajos posteriores informan sobre la necesidad de fortalecer este tipo de estudios vinculados con los efectos que causa el glifosato en los estados vegetativos y reproductivos de las sojas RR (Nodari, R y Destro, D, 2002).

6.6 Influencia en el medio ambiente.

Los pesticidas se vienen utilizando para combatir insectos, hongos y malezas, especialmente desde los últimos cincuenta años.

El mayor incremento en el uso corresponde al grupo de los herbicidas. Por su naturaleza sintética, su concentración, la forma de aplicación y sus interacciones con el medio, existe una posibilidad cierta de que estos productos puedan presentar interacciones más

o menos complejas con el ambiente, dependiendo del tipo de moléculas presentes en su composición.

Respecto del glifosato, entre las principales interacciones directas con el medio ambiente podemos encontrar efectos vinculados con la aparición de tolerancia en determinadas plantas del ecosistema, como también los impactos ambientales que se generan por el uso de coadyuvantes en los tanques para tratamientos con este herbicida.

La forma en la que el glifosato está afectando la biodiversidad es otro de los grandes problemas ambientales que surge a la luz por su uso indiscriminado. Las altas concentraciones a la que se expone y expondrá a la vida silvestre, podrían tener efectos directos o indirectos indeseables, que deberán ser reevaluados independiente y adecuadamente. Fundamentalmente lo que sucede es que, si muchas plantas silvestres son refugio, alimento o área de reproducción de insectos benéficos, su desaparición afectará sensiblemente los sistemas de control integrado de plagas y enfermedades.

Por último, se ha observado en ciertos estudios científicos que el glifosato ha llegado a inhibir con concentraciones muy bajas el crecimiento de algunos microorganismos puntuales. Tal es el caso de *Rhizobium japonicum* que ha demostrado ser inhibido en su crecimiento bajo concentraciones de 1,7 ppm de glifosato en el suelo (Müller, 1981), lo que demuestra a las claras que se trata de un herbicida realmente peligroso para la fauna silvestre presente en el medioambiente, por lo tanto, cuanto más medido y eficiente sea su uso, tanto mejor será para el bolsillo del productor como para el ambiente que rodea a su producción.

7 Materiales y métodos

7.1 *Ensayo*

El ensayo se realizó en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UCA (unidad experimental), sobre plantines de brócoli plantados en macetas. Se eligió esta especie ya que posee hojas cubiertas con una capa de cutícula gruesa, con un elevado porcentaje de ceras, característica que como se detalló con anterioridad, la harían más impermeable a las aplicaciones.

Los tratamientos realizados fueron los siguientes:

- testigo
- 1,5 lts/ha de glifosato Atanor¹
- 1,5 lts/ha de glifosato Atanor + 82,5 cm³/ha de nonilfenol etoxilado (nonilfenol).
- 1,5 lts/ha de glifosato Atanor + 500 cm³/ha de aceite de soja (AS1).
- 1,5 lts/ha de glifosato Atanor + 1000 cm³/ha de aceite de soja (AS2).

Los plantines de brócoli fueron trasplantados el 10 de octubre de 2007 de bandejas (speedling) a macetas de plástico de 12 cm de diámetro. Se trasplantaron con 3 a 4 hojas (aproximadamente 21 días de edad). Se seleccionaron los plantines más sanos, con mejor desarrollo. Se utilizó como sustrato una mezcla de turba, perlita y humus.



Ilustración 2 y 3, plantines en bandejas y trasplantados a macetas

La aplicación de los tratamientos se realizó el 26 de octubre de 2007, 16 días después del trasplante luego de haberse arraigado bien los plantines y adaptado a su nuevo ambiente. Al momento de la aplicación, los plantines tenían entre 5 y 7 hojas en buen estado y en activo crecimiento. Para la aplicación se utilizó un equipo de presión constante con fuente de CO₂, dotado de una barra con 4 boquillas con pastillas tipo abanico plano (con un ángulo de 80°) y con un ancho de labor de 2 m. Se trabajó con una presión de 3 bares, un caudal de 165 lts/ha y una velocidad de 1m/seg (equivalente a 3,6 km/h). La aplicación se efectuó sobre un piso de baldosas donde se colocaron los plantines. Luego de cada aplicación se esperó 10 minutos para que se estabilizaran las gotas, y así después retirar los plantines y colocarlos nuevamente en el invernadero.

Se utilizó glifosato Atanor en una formulación estándar líquida soluble de sal ispropilamina a una concentración del 48% 36g.e ácido. La baja dosis empleada de glifosato de 1,5 lts/ha, fue con el objetivo de poder apreciar el efecto del coadyuvante.

La dosis de nonilfenol etoxilado usada fue equivalente a 50 cc cada 100 lts de agua.

El diseño estadístico utilizado fue completamente aleatorizado con 12 repeticiones (n = 12). A los 17 días después de haber hecho la aplicación, se efectuó el corte de los plantines a la altura de primer nudo, y se procedió al pesaje. Los datos obtenidos luego de la pesada (variable cuantitativa) fueron sometidos al análisis de la varianza (previa transformación de los datos mediante logaritmo natural) y luego se compararon las medias entre sí, a través de la prueba de Tukey, para ver cuáles fueron los tratamientos que difirieron significativamente del control. Los supuestos de la prueba estadística fueron probados mediante la prueba de Bartlett (para probar homocedasticidad) y a partir de los gráficos de Q-Q Plot (para probar normalidad de los datos).

¹ Sal amónica de Glifosato 48% (Equivalente en Glifosato ácido 36%)

8 Resultados

La Ilustración 4, nos muestra los plantines al día 17 post aplicación, previo a su corte para efectuar el pesaje.



Ilustración 4, plantines al día 17 post aplicación

En el gráfico 1 se comparan los pesos promedio de los plantines (expresado en gramos) cortados a la altura del primer nudo, al día 17 post aplicación de los diferentes cultivos: testigo; testigo + glifosato; glifosato + nonilfenol etoxilado (np); glifosato + aceite de soja a baja dosis (as1); y glifosato + aceite de soja a mayor dosis (as2).

En el ensayo se pudieron encontrar diferencias significativas entre los tratamientos (utilizando un $p \leq 0,01$, ver *tabla 1*), es decir, al menos un tratamiento difiere del resto.

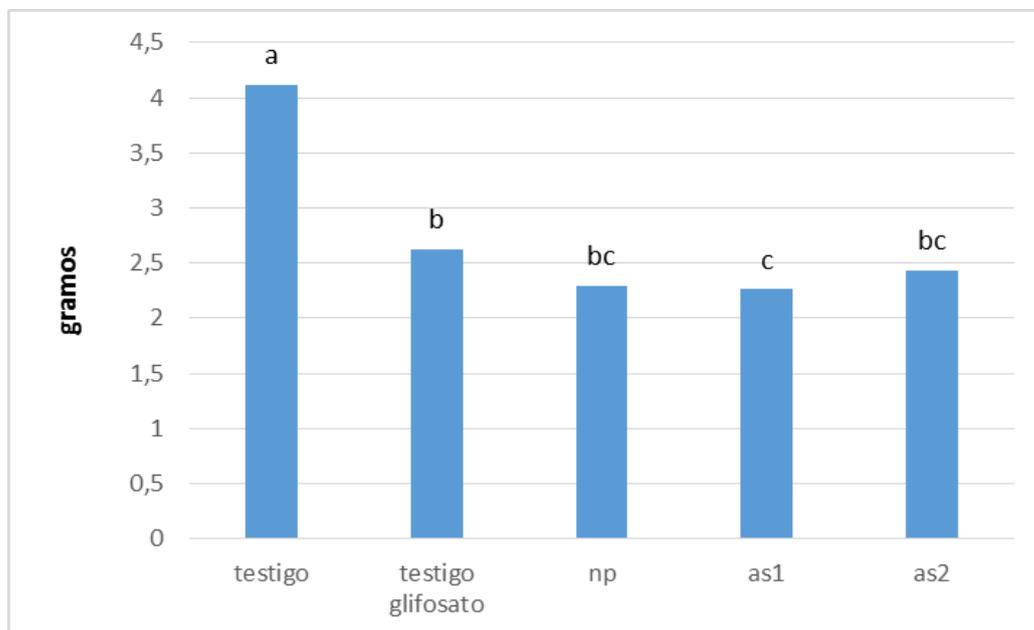


Gráfico 1, Peso expresado en gramos, de los plantines cortados a la altura del primer nudo, al día 17 post aplicación.

8.1 Tabla 1: ANOVA Ensayo.

Siendo: SC (suma de cuadrados); GL (grados de libertad); CM (promedio de los cuadrados); F (grado del parecido existente entre las medias en comparación).

| Origen de las variaciones | SC | GL | CM | F | Probabilidad | F crítico |
|---------------------------|--------|----|------|-------|--------------|-----------|
| Entre grupos | 29,15 | 4 | 6,5 | 79,92 | 2,97E-22 | 2,54 |
| Dentro de los grupos | 5,01 | 55 | 0,09 | | | |
| | | | | | | |
| Total | 34,167 | 59 | | | | |

Por medio de la prueba de Tukey observamos que el tratamiento con la dosis baja de aceite de soja mejoro la performance del glifosato, sin embargo, no difirió significativamente de los demás tratamientos con coadyuvantes (ver *tabla 2*).

8.2 *Tabla 2: Tukey*

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Dms 0,346

| Tratamiento | Medias | n | Letra |
|-------------|--------|----|-------|
| AS1 | 2,26 | 12 | C |
| Nonilfenol | 2,29 | 12 | Bc |
| AS2 | 2,44 | 12 | Bc |
| Glifosato | 2,62 | 12 | b |
| Testigo | 4,11 | 12 | A |

Los resultados obtenidos demuestran que los plantines expuestos a la dosis más baja de aceite de soja ($500 \text{ cm}^3/\text{ha}$) presentaron un peso promedio un 7% menor en comparación a las dosis más altas. Y con respecto al tratamiento con glifosato solo, la diferencia del peso promedio de los plantines fue de un 13,8%, respecto al tratamiento con la dosis más baja de aceite. (*Gráfico 1*). La utilización de una dosis baja de aceite vegetal mejoró la performance del glifosato de manera significativa, sin embargo, no presentó diferencias significativas con respecto al resto de los tratamientos con coadyuvantes.

9 Discusión y conclusiones

Bajo las condiciones en las que se realizó este ensayo, podemos observar que el uso de algún tipo de coadyuvante mejora la performance del glifosato. Es decir, se observa una tendencia hacia mejores controles en tratamientos con coadyuvantes que en el tratamiento con glifosato solo. Por lo tanto, se puede corroborar lo que propone la bibliografía. Según Jalil Maluf (2008) son aditivos, que agregados al caldo de aspersión tienen como objetivo el mejorar las condiciones de aplicación y ayudar al desempeño de los agroquímicos.

Por otro lado, podemos observar que no hay diferencia entre el uso de aceite de soja y el uso de nonilfenol, por lo tanto, podemos decir que el aceite de soja es una alternativa inocua válida como remplazo del nonilfenol. Sin embargo, el hecho de que la dosis más baja de aceite de soja no haya tenido diferencia con la dosis más alta y el nonilfenol hace pensar que sería conveniente realizar ensayos más exhaustivos para corroborar tal afirmación ante la falta de antecedentes que refuercen esta teoría.

10 Anexos

10.1 Peso de los plantines expresado en gramos

| Repetición | Tratamientos | | | | |
|--------------|--------------|------|------|------|------|
| | T | Tg | NP | AS1 | AS2 |
| 1 | 4,42 | 3,00 | 2,63 | 2,95 | 2,72 |
| 2 | 4,20 | 2,59 | 2,30 | 2,55 | 2,19 |
| 3 | 4,07 | 2,79 | 2,34 | 1,49 | 2,44 |
| 4 | 4,11 | 2,26 | 2,10 | 2,17 | 2,69 |
| 5 | 4,32 | 2,83 | 2,21 | 2,49 | 3,05 |
| 6 | 3,91 | 2,17 | 2,50 | 2,04 | 2,28 |
| 7 | 4,20 | 3,01 | 2,14 | 2,08 | 2,07 |
| 8 | 4,28 | 2,65 | 2,28 | 1,86 | 2,08 |
| 9 | 4,14 | 2,14 | 2,58 | 1,78 | 2,74 |
| 10 | 4,16 | 2,71 | 2,16 | 2,61 | 2,58 |
| 11 | 3,82 | 2,75 | 2,27 | 2,67 | 2,00 |
| 12 | 3,76 | 2,58 | 1,95 | 2,45 | 2,40 |
| Media | 4,12 | 2,62 | 2,29 | 2,26 | 2,44 |

10.2 Pruebas estadísticas del ensayo

Prueba de Bartlett para probar homocedasticidad (con los pesos originales)

H0: todos los grupos tienen la misma variabilidad, es decir que hay homocedasticidad.

H1: no todos los grupos tienen la misma variabilidad, es decir que hay heterocedasticidad.

CR: $X^2_{\text{muestral}} > X^2_{\text{crítico}}$

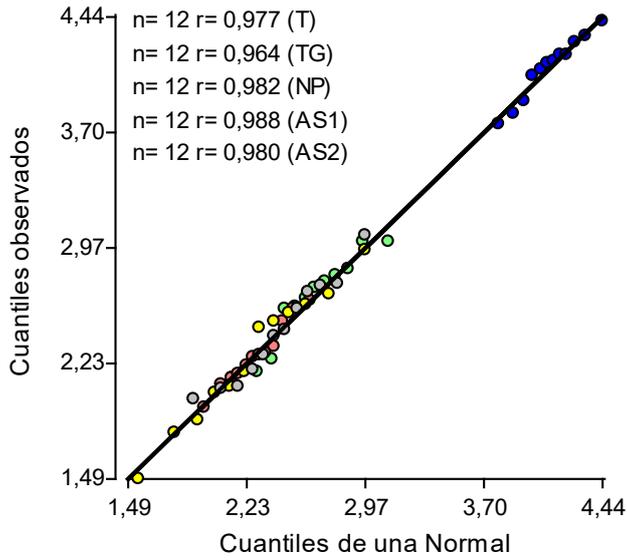
$X^2_{\text{muestral}} = 9,23$

$X^2_{\text{crítico}} (\alpha=0,05) = 73,31$

X^2_{muestral} es menor que $X^2_{\text{crítico}}$, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, lo que significa que hay homocedasticidad.

Gráfico de Q-Q Plot para probar la normalidad en los tratamientos

Grafico Q-Qplot



Prueba de Tukey, para ver las diferencias significativas entre los tratamientos
 DMS: 0,3469 Q crítico: 3,98

| Trat 1 | vs | Trat 2 | Peso 1(gr) | Peso 2 (gr) | Diferencia (gr) | Conclusión |
|--------|----|--------|------------|-------------|-----------------|---------------------------|
| T | vs | TG | 4,12 | 2,62 | 1,49 | Hay dif. significativa |
| T | vs | NP | 4,12 | 2,29 | 1,83 | Hay dif. significativa |
| T | vs | AS1 | 4,12 | 2,26 | 1,85 | Hay dif. significativa |
| T | vs | AS2 | 4,12 | 2,44 | 1,68 | Hay dif. significativa |
| TG | vs | NP | 2,62 | 2,29 | 0,34 | No hay dif. significativa |
| TG | vs | AS1 | 2,62 | 2,26 | 0,36 | Hay dif. significativa |
| TG | vs | AS2 | 2,62 | 2,44 | 0,19 | No hay dif. significativa |
| NP | vs | AS1 | 2,29 | 2,26 | 0,03 | No hay dif. significativa |
| NP | vs | AS2 | 2,29 | 2,44 | 0,15 | No hay dif. significativa |
| AS1 | vs | AS2 | 2,26 | 2,44 | 0,18 | No hay dif. significativa |

11 Bibliografía

1. Baur, P., Buchholz, A., Schönherr, J. *Pesticide Chemistry and Bioscience*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, 1999. Pag.134-151
2. Puente, J. (2008) *Análisis crítico de los cambios registrados en la legislación ambiental colombiana durante el presente gobierno*. En XI Seminario internacional del medio ambiente y desarrollo sostenible. Universidad Industrial de Santander. 15, 16 y 17 de octubre de 2008. Publicaciones UIS
3. Arregui F., Cabrera E., Cobacho R. *Gestión integral de contadores de agua*. IWA Publishig, UK 2007.
4. Martin, J. T. ; Juniper, B. E., *The cuticles of plants*. Editorial Arnold, UK,1970.
5. Chattaway, M.M., *Anatomy of the dicotyledons : Leaves, stem, and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses*. Editorial Oxford: Clarendon Press. 1987.
6. Jalil Maluf, E. *Introducción al uso de adyuvantes*, Clínica sobre aplicaciones terrestres de plaguicidas, cuaderno de contenidos N°13, INTA Anguil, 2008, Pág. 18-23.
7. Hoponick J., *Nonylphenol Ethoxylates: A Safer Alternative Exists to This Toxic Cleaning Agent*, research work for Sierra Chica Club, California, 2005
8. Papa, J. et al (1997). Efectos de diferentes tipos de glifosato sobre la biomasa en soja RR (Cultivar A 6401 RG). INTA Oliveros.
9. Papa, J. (2008) Los coadyuvantes en los tratamientos herbicidas. XIV curso de aplicación eficiente de plaguicidas. EEA INTA Oliveros.
10. Rodríguez, N. (2003) Formulaciones y coadyuvantes. Boletín de Divulgación técnica N° 75, INTA Anguil, pág. 28.
11. Pengue, Walter A. *El vaciamiento de las Pampas*. Buenos Aires. Le Monde Diplomatique, junio de 2003.
12. Müller, M. et al. *Fate of glyphosate and its influence on nitrogen-cycling in two Finnish agricultural soils*. pags.:724-730, 1981.
13. http://www.jedys.com.ar/data/HojaDeSeguridad_404.pdf, Hoja de datos de seguridad. Septiembre 2008
14. http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe/English/Pdf/GAAG_NPE_SoQG_e.pdf, Nonylphenol and it's ethoxylates, Julio 2008
15. http://www.ecogent.ca/enviro/env_npe.htm, Nonylphenol surfactants found in Beluga Whales, Agosto 2008
16. <http://www.cepad.eu/pospap/np-biodeg-final-12-99-a.pdf>, Biodegradability of nonylphenol and nonylphenol ethoxylates, septiembre 2008.
17. http://earthopensource.org/wp-content/uploads/gm_full_por_v6.pdf, Soja transgénica, Sustentável? Responsável?, febrero 2017.
18. <http://www.estrucplan.com.ar/Secciones/Noticias/Noticia.asp?codigo=2690>, Se adelanta un cambio en los adyuvantes de los agroquímicos, Julio 2008.
19. http://eurlex.europa.eu/pri/en/oj/dat/2003/l_178/l_17820030717en00240027.pdf, Directive 2003/53/EC of the European parliament and of the council, Agosto 2008.
20. <http://cropsoil.psu.edu/Extension/Facts/uc106.pdf>, Adjuvants for enhancing herbicide performance, Agosto 2008.
21. <http://www.biodiversidadla.org/content/view/full/33299>, Siembra directa: la no-labranza sigue los pasos de la agroquímica, octubre 2008
22. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-evaluacion-efecto-coadyuvante.pdf>, Evaluación del efecto de un coadyuvante antideriva con distintas técnicas de pulverización en barbecho químico, febrero 2017.
23. <https://www.aapresid.org.ar/rem/interaccion-glifosato-saflufenacil-segun-coadyuvantes-y-volumenes-de-aplicacion/>, Interacción de la mezcla de glifosato + saflufenacil con diferentes coadyuvantes y volúmenes de aplicación, enero 2018.