Compatibilidad para mezclas de tanque de tres herbicidas utilizados en barbecho químico

Ing. Agrs. Pedro Daniel Leiva y Gabriel Picapietra
Grupo Protección Vegetal – INTA Pergamino
pdleiva@pergamino.inta.gov.ar; gpicapietra@pergamino.inta.gov.ar

Introducción

En Argentina existen alrededor de 25 millones de hectáreas de cultivos extensivos en siembra directa, donde el control de malezas en barbecho y primeras etapas del cultivo resulta primordial. El volumen total de plaguicidas es aproximadamente 254 millones de lt-kg/año, y donde glifosato se insume la mayor parte; sólo en Pergamino (BA) se estima un consumo anual de 3 millones de lt-kg, con una participación de glifosato del 91%. El promedio anual de uso de plaguicidas es aproximadamente 11.58 lt de formulado por hectárea.

Podríamos estimar, de acuerdo al parque de pulverizadoras y hectáreas por campaña que realizan, que en promedio en Argentina se hacen unas 10 millones de cargas de tanque, contabilizando la totalidad de equipos operativos.

En algunas ocasiones se producen problemas de compatibilidad de mezclas con separación en fases, formación de coágulos, coalescencia, floculación, formación de crema o sedimento. Entre las condiciones que predisponen a dichos efectos podemos mencionar: bajo volumen de agua (mayor concentración), aguas duras (afectan el emulsionante), baja temperatura (menor capacidad solvente del agua y lenta velocidad de reacción química), rápido vertido del plaguicida (poco tiempo para disolverse), pobre agitación (poco retorno o mal ubicado), y finalmente un incorrecto orden de mezclado.

Este trabajo sólo contempla el último factor mencionado, y sólo para los tres herbicidas más usados en barbecho químico, uno residual y dos post emergentes.

Si estimamos que los problemas de incompatibilidad ocurren sólo en el 1% de los casos (100.000 recargas), el valor económico perdido se aproxima a u$s 53 millones por año, más la contaminación ambiental por residuos tóxicos, al descartar concentradamente la mezcla.

Objetivo

Evaluar el comportamiento de estabilidad físico-químico de la mezcla en tanque de pulverización con Atrazina, Glifosato y 2,4-D, en distintas formulaciones.

Materiales y Métodos

Se utilizó Atrazina en dos formulaciones: líquido floable al 50% (FL) marca comercial Trac de *Atanor SCA*, y granulada al 90% (WG) Gesaprim 90 de *Syngenta Agro*. Glifosato en tres formulaciones de líquido soluble: Glifosato al 48% LS (sal de isopropilo amina 360 g de equivalente ácido/lt) marca comercial Bula Glifosato Atanor 48%, Glifosato al 62% LS (sal potásica 506 g e.a./ lt) marca comercial Touchdown Hi

Tech de *Syngenta Agro* y Glifosato 66.2% LS (sal potásica 540 g e.a./lt) marca comercial Round Up Full II de *Monsanto Argentina SAIC*. Dos formulaciones de 2,4-D: sal amina al 80% LS (600 g e.a./lt) marca comercial 2,4-D no volátil de *Atanor SCA* y éster al 100% CE (797,6 g e. a./lt) marca comercial Herbifen de *Atanor SCA*.
Para los casos de mezclas que presentan separación en fases, se utilizó el coadyuvante Eco Rizospray (alcohol graso etoxilado al 48%) de *Rizobacter Argentina SA* con la intención de probar sus cualidades estabilizantes / compatibilizantes.

Las dosis usadas de cada formulado fueron: Atrazina floable 2.22 lt/ha, Atrazina granulada 4 kg/ha; Glifosato 48% 3 lt/ha, Touchdown Hi Tech 1.92 lt/ha y Round Up Full II 1.8 lt/ha; 2,4-D amina 1.044 lt/ha y 2,4-D éster 0.800 lt/ha.
El coadyuvante se usó a dosis de 50 ml / 100 lt de agua.

El cálculo de la cantidad de caldo se hizo teniendo en cuenta un volumen de pulverización de 66 lt/ha.

El número de pruebas consistió en utilizar la mezcla de los tres herbicidas de las 12 formulaciones (3 Glifo x 2 Atrazina x 2 2,4-D); y dentro de cada formulación se ensayaron los cambios de orden de mezclado, de lo cual surgen 6 permutaciones (=3 !) para cada combinación de formulados. El número total de pruebas fue 72 (=12 x 6).

Para realizar las pruebas de compatibilidad se utilizaron envases de vidrio "tipo Erlenmeyer" de 250 ml, con tapa hermética. El volumen de caldo usado fue 220 ml, para poder realizar las operaciones de agitado.

Las condiciones ambientales bajo las que se trabajó representan situaciones medias de volumen de pulverización, dureza del agua y temperatura ambiente. Se usó un agua semidura (ANEXO: pH 7.9; 123 ppm $CaCO_3$), 66 lt/ha de volumen de aplicación y una temperatura que osciló entre 14.5 ± 0.5 ºC (con Atrazina floable) y 15.5 ± 0.5 ºC (con Atrazina granulada). En las pruebas con coadyuvante, la temperatura osciló entre 4 y 5ºC más, 19.5 ± 0.5ºC. Esta situación puede haber condicionado los resultados.

Como criterio de trabajo, se utilizaron primeramente las 6 combinaciones con Atrazina floable y luego otras 6 combinaciones para Atrazina granulada (*Cuadros 1 y 2).*

La rutina de trabajo consistió en la comparación simultanea del comportamiento de las permutaciones dentro de cada combinación (e.g. muestras 1 a 6, *Cuadro 1*). La metodología de trabajo se basó en realizar una prueba de compatibilidad físico-química como describe la bibliografía (Maier & Brian, 1990).

El procedimiento consistió en alinear los 6 envases con la totalidad del agua (200 ml) donde se fueron agregando los herbicidas en el orden establecido en los *Cuadros 1 y 2,* realizando un agitado circular, y tomando la precaución de no incorporar el producto siguiente hasta no observar la completa disolución del anterior. Una vez completada la incorporación de todos los productos, se procedió a cerrar el envase e invertirlo veinte veces. Se registraron 2 observaciones, una en forma inmediata luego del agitado y la otra a los 30 minutos después de completo reposo.

Las observaciones corresponden a la separación en fases, formación de coágulos o a la total homogeneidad de la muestra; para los dos primeros casos, experimentar si la

mezcla se regenera con agitado. Para establecer una evaluación cuantitativa, para los casos de sedimentación, se midió la altura del sedimento (precipitación de sólidos) o la altura del menisco (separación en fases líquidas). Ver *Figura 1*.

Para los casos donde la separación en fases no se solucionó satisfactoriamente con un nuevo agitado, se volvieron a ensayar dichas mezclas, pero con el agregado previo de tensioactivo al agua; como resultados esperables se consideran 3 opciones: el problema se resuelve, se agrava o resulta indiferente.

Figura 1: Sedimento (*izq.*), Menisco y Espuma (*der.*)

Resultados y discusión

A) Con Atrazina granulada (tratamientos 1 al 36, *Cuadro 1*)

En general, en todos los casos se observó más o menos algo de sedimento y se solucionó con un nuevo agitado.

A.1 Con 2.4-D amina 80%

A.1.1 con Touchdown Hi Tech

Con este Glifosato, en cualquiera de las de los tratamientos, se produjo leve sedimento, resultando de menor intensidad las permutaciones de 1 a 3 y la 5 (*Cuadro 1*). Los tratamientos con mayor sedimento correspondieron a las permutaciones 4 y 6 con una altura de sedimento de 4 y 7 mm respectivamente, además de un menisco de 5 mm en la parte superior para ambos casos (representando la separación en fases del 2,4-D y Touchdown Hi Tech). Se observó que las permutaciones 2 y 3 manifestaron formación de espuma.

Podemos concluir que en esta primera combinación debe evitarse añadir Atrazina en último lugar, como así también el orden detallado en los casos 2 y 3 por formación de espuma.

A.1.2 con Glifosato 48%

Esta combinación de formulaciones no tuvo mayores inconvenientes. No obstante, los mejores resultados corresponden a los casos 7, 8 y 11 donde sólo se observa un leve sedimento (3.5 mm), sin formación de menisco ni espuma. El caso 10 representa una situación similar, aunque con mayor altura de sedimento (6 mm). El tratamiento 9, con igual cantidad de sedimento presenta una interfase Glifosato-2,4-D (menisco de 4 mm).
La peor situación está representada por el caso 12, con un sedimento de 5 mm, menisco de 3 mm y muy leve formación de espuma.

En cualquiera de los 6 casos, los problemas fueron resueltos con agitación.

Cuadro Nº 1
Tratamientos con Atrazina granulada

Nº	TRATAMIENTOS		
1	Atrazina 90%	Touchdown	2,4-D 80%
2	Atrazina 90%	2,4-D 80%	Touchdown
3	Touchdown	Atrazina 90%	2,4-D 80%
4	Touchdown	2,4-D 80%	Atrazina 90%
5	2,4-D 80%	Atrazina 90%	Touchdown
6	2,4-D 80%	Touchdown	Atrazina 90%
7	Atrazina 90%	Glifosato 48%	2,4-D 80%
8	Atrazina 90%	2,4-D 80%	Glifosato 48%
9	Glifosato 48%	Atrazina 90%	2,4-D 80%
10	Glifosato 48%	2,4-D 80%	Atrazina 90%
11	2,4-D 80%	Atrazina 90%	Glifosato 48%
12	2,4-D 80%	Glifosato 48%	Atrazina 90%
13	Atrazina 90%	Rup Full II	2,4-D 80%
14	Atrazina 90%	2,4-D 80%	Rup Full II
15	Rup Full II	Atrazina 90%	2,4-D 80%
16	Rup Full II	2,4-D 80%	Atrazina 90%
17	2,4-D 80%	Atrazina 90%	Rup Full II
18	2,4-D 80%	Rup Full II	Atrazina 90%
19	Atrazina 90%	Touchdown	Ester 100%
20	Atrazina 90%	Ester 100%	Touchdown
21	Touchdown	Atrazina 90%	Ester 100%
22	Touchdown	Ester 100%	Atrazina 90%
23	Ester 100%	Atrazina 90%	Touchdown
24	Ester 100%	Touchdown	Atrazina 90%
25	Atrazina 90%	Glifosato 48%	Ester 100%
26	Atrazina 90%	Ester 100%	Glifosato 48%
27	Glifosato 48%	Atrazina 90%	Ester 100%
28	Glifosato 48%	Ester 100%	Atrazina 90%
29	Ester 100%	Atrazina 90%	Glifosato 48%
30	Ester 100%	Glifosato 48%	Atrazina 90%
31	Atrazina 90%	Rup Full II	Ester 100%
32	Atrazina 90%	Ester 100%	Rup Full II
33	Rup Full II	Atrazina 90%	Ester 100%
34	Rup Full II	Ester 100%	Atrazina 90%
35	Ester 100%	Atrazina 90%	Rup Full II
36	Ester 100%	Rup Full II	Atrazina 90%

Cuadro Nº 2
Tratamientos con Atrazina floable

Nº	TRATAMIENTOS		
37	Floable 50%	Touchdown	2,4-D 80%
38	Floable 50%	2,4-D 80%	Touchdown
39	Touchdown	Floable 50%	2,4-D 80%
40	Touchdown	2,4-D 80%	Floable 50%
41	2,4-D 80%	Floable 50%	Touchdown
42	2,4-D 80%	Touchdown	Floable 50%
43	Floable 50%	Glifosato 48%	2,4-D 80%
44	Floable 50%	2,4-D 80%	Glifosato 48%
45	Glifosato 48%	Floable 50%	2,4-D 80%
46	Glifosato 48%	2,4-D 80%	Floable 50%
47	2,4-D 80%	Floable 50%	Glifosato 48%
48	2,4-D 80%	Glifosato 48%	Floable 50%
49	Floable 50%	Rup Full II	2,4-D 80%
50	Floable 50%	2,4-D 80%	Rup Full II
51	Rup Full II	Floable 50%	2,4-D 80%
52	Rup Full II	2,4-D 80%	Floable 50%
53	2,4-D 80%	Floable 50%	Rup Full II
54	2,4-D 80%	Rup Full II	Floable 50%
55	Floable 50%	Touchdown	Ester 100%
56	Floable 50%	Ester 100%	Touchdown
57	Touchdown	Floable 50%	Ester 100%
58	Touchdown	Ester 100%	Floable 50%
59	Ester 100%	Floable 50%	Touchdown
60	Ester 100%	Touchdown	Floable 50%
61	Floable 50%	Glifosato 48%	Ester 100%
62	Floable 50%	Ester 100%	Glifosato 48%
63	Glifosato 48%	Floable 50%	Ester 100%
64	Glifosato 48%	Ester 100%	Floable 50%
65	Ester 100%	Floable 50%	Glifosato 48%
66	Ester 100%	Glifosato 48%	Floable 50%
67	Floable 50%	Rup Full II	Ester 100%
68	Floable 50%	Ester 100%	Rup Full II
69	Rup Full II	Floable 50%	Ester 100%
70	Rup Full II	Ester 100%	Floable 50%
71	Ester 100%	Floable 50%	Rup Full II
72	Ester 100%	Rup Full II	Floable 50%

A.1.3 con Round Up Full II

En todos los casos se observó la presencia de sedimento, más notable cuando la Atrazina fue incorporada en primer término (tratamientos 13 y 14), con valores entre 10 y 12 mm de sedimento. Si bien la combinación con este Glifosato formó espuma, a los 10 minutos de disipa en todos los tratamientos, con excepción del ensayo 13.

En todos los casos el problema fue resuelto con agitación. Para esta combinación, se repitió la prueba con previo agregado de coadyuvante al agua a los efectos de remediar la separación en fases. Los resultados demostraron que la situación empeoró notablemente para los casos 13 a 15 y 17, con valores de altura de sedimento de 35 a 47 y 44 mm, respectivamente. No obstante esta mayor sedimentación, se resuelve con un leve agitado.

A.2 con 2,4-D éster 100%

A.2.1 con Trouchdown Hi Tech

Esta combinación se destaca por presentar espuma muy abundante (2 cm), para todos los casos y mantuvo su persistencia por 30 minutos.

Los tratamientos con mayor sedimentación fueron 21, 22 y 24, entre 5 y 6 mm cada uno. Sin sedimentos visibles en los tratamientos 20 y 23, y con leve sedimento en el 19. En todos los casos, un suave agitado redisolvió los sedimentos.

A.2.2 con Glifosato 48%

El sedimento es abundante en todos los casos, pero mayores en los tratamientos 25 y 26 (14-16 mm), intermedios para los tratamientos 27 y 28 (12-13 mm) y en los tratamientos 29 y 30, cuando se incorpora en primer lugar 2,4-D Ester 100%, el corte resulta más difuso.

No obstante, en ningún caso se observó la formación de espuma; pero si de un precipitado bien definido y una solución sobrenadante traslúcida. Para todos los casos, el agitado homogeniza temporalmente la mezcla.

El agregado de coadyuvante no sólo no resolvió el problema para los casos 25 a 28, sino que agravó la sedimentación en los casos 29 y 30, con 23 y 15 mm de sedimento, respectivamente; y la separación en fases de Glifosato y 2,4-D para los casos 28 y 29, con la formación de un menisco entre 44 y 36 mm, respectivamente. Esta situación ejemplifica que el agregado de coadyuvante no siempre incrementa la formación de espuma, ni resuelve la compatibilidad en las mezclas.

A.2.3 con Round Up Full II

El único tratamiento donde no se observa sedimento es el 35, Ester 100% + Atrazina granulada + Round Up Full II. En el resto, se observó sedimento bien marcado en los tratamientos 33, 34 y 36, entre 8 y 9 mm.

Los 6 casos formaron espuma, que se disipó rápidamente en los tratamientos 33 y 35; y la conservó hasta el final en el tratamiento 32.

El mejor tratamiento fue: 2,4-D Ester 100% + Atrazina 90 + Round Up Full II (tratamiento 35), ya que no presentó sedimento ni espuma.

B) con Atrazina floable (tratamientos 37 al 72, *Cuadro 2*)
En general hubo problemas de separación de fases líquidas (formación de menisco).

B.1 con 2,4-D amina 80%
Con ninguna de las formulaciones de Glifosato se observó problemas.

B.2 con 2,4-D Ester 100%
B.2.1 con Touchdown Hi Tech
El mejor resultado se logró con el siguiente orden de mezcla: 2,4-D Ester 100% + Touchdown Hi Tech + Atrazina FL 50% (tratamiento 60). Los peores resultados ocurrieron en los tratamientos donde se incorporó en primer término Touchdown Hi Tech, con 20 y 43 mm de menisco (tratamientos 57 y 58, *Figura 2*). El resto de los tratamientos expresaron una leve separación en fases, entre 3 y 7 mm. En todos los casos, la separación en fases se solucionó con agitación.

Figura 2: Separación de fases según orden de mezclado

Para los casos con separación en fases, se repitió la prueba añadiendo primeramente coadyuvante al agua. En los cinco tratamientos problema se formó mucha espuma, que persistió hasta el final (*Figura 3*). Para los tratamientos más conflictivos (casos 57 y 58) el problema fue resuelto en forma parcial por el coadyuvante, ya que se logró una notable reducción en la separación de fases (menisco de 1 y 2 mm). Para el resto de las situaciones, el problema fue resuelto en forma total por el coadyuvante, ya que se eliminó la formación de menisco.

Figura 3: Homogenización de la mezcla por efecto del coadyuvante.

B.2.2 con Glifosato 48%

El mejor resultado (ausencia de separación en fases) se obtuvo incorporando primero 2,4-D Ester 100%, luego Atrazina FL 50% y finalmente Glifosato 48% (tratamiento 65). Los peores resultados ocurrieron incorporando el Glifosato en primer lugar, con meniscos entre 46 y 42 mm (tratamientos 63 y 64). Ver *Figura 4.*

El resto de los tratamientos presentó una menor intensidad respecto a la separación en fases (16 y 24 mm).

Figura 4: Tratamiento con separación de fases (*izq.*) y el mejor tratamiento (*der.*)

Los ensayos con coadyuvante, excluyendo el tratamiento 65, desmejoraron sensiblemente los resultados, produciendo en todos los casos formación de sedimento (*Figura 5*).

Figura 5: Tratamientos sin coadyuvantes (*arriba*); Tratamientos con coadyuvantes, excluyendo tratamiento 65 (*abajo*).

B.2.3 con Round Up Full II

En los 6 casos se produce una inmediata separación en fases (entre 2 y 4 minutos), que se resolvió con agitación. La peor situación (menisco de 29 mm) ocurrió en el ensayo 68, y la mejor situación (menisco de 6 mm) en el caso 71 (*Figura 6*). El resto de los tratamientos mostró un tamaño de menisco intermedio, entre 12 y 17 mm.

Figura 6: Separación de fases sin coadyuvante; valores extremos en los casos 68 (29 mm) y 71 (6 mm).

Para todos los casos, el agregado de coadyuvante provocó la formación de un sedimento entre 19 y 24 mm; en consecuencia su uso no es recomendable (*Figura 7*).

Figura 7: Separación de fases con coadyuvante; desmejoró en todos los casos, principalmente 70 a 72.

Conclusiones y recomendaciones

Las recomendaciones se agrupan en primer lugar, según tipo de formulado de Atrazina; y luego según formulación del herbicida hormonal. *Todas ellas se corresponden a las condiciones ambientales y metodológicas bajo las cuales se realizaron las pruebas*.

ATRAZINA 90% (gránulos)

En general todos los tratamientos, en mayor o menor medida, mostraron sedimentos; situación que se solucionó con agitación.

A-con 2,4-D amina 80%

1-Touchdown Hi Tech: los problemas se resuelven con agitación
2-Glifosato 48%: los problemas se resuelven con agitación
3-Round Up Full II: presenta inconvenientes. Se solucionaron en algunas combinaciones con el uso de tensioactivo e incorporando Atrazina al final:
3.1 COADYUVANTE + Round Up Full II + 2,4-D + Atrazina
3.2 COADYUVANTE + 2,4-D + Round Up Full II + Atrazina

B-con 2,4-D 100% Ester

1-Touchdown Hi Tech: generalmente anduvo bien, aunque genera una espuma persistente. Los mejores resultados se dan añadiendo el Glifosato al final:
1.1 2.4-D + Atrazina + Touchdown Hi Tech
1.2 Atrazina + 2,4-D + Touchdown Hi Tech
2- Glifosato 48%: no son compatibles, se corta como "leche cuajada". El uso de coadyuvante empeora la situación.
3- Round Up Full II: generalmente se observa sedimentación, la mejor alternativa es: 2,4-D + Atrazina + Round Up Full II

ATRAZINA 50% (floable)

Las mezclas con 2,4-D amina 80% no presentan problemas para ninguna formulación de Glifosato, no incidiendo el orden de mezclado en el resultado final.

B- 2,4-D Ester 100%

1- Touchdown Hi Tech: respetar Hormonal + Touchdown + Atrazina
El tensioactivo mejoró los resultados en las siguientes situaciones:
1.1 COADYUVANTE + Atrazina + Touchdown + 2,4-D 100% Ester
1.2 COADYUVANTE + Atrazina + 2.4-D 100% + Touchdown Hi Tech
1.3 COADYUVANTE + 2,4-D 100% + Atrazina + Touchdown Hi Tech
2- Glifosato 48%: respetar Hormonal + Atrazina + Glifosato
3- Round Up Full II: no hay buen comportamiento, ni con agregado de coadyuvante.

ANEXO

Datos de análisis físico-químico del agua

Laboratorio de Alimentos, Suelos y Agua – INTA Pergamino
Bioq. María Juliana Torti y Abel Farroni
23/07/2012

pH.....7.9
CE [ds/m].....1.17

[meq / lt]
Calcio.....0.88
Magnesio.....1.58
Sodio.....10.3
Potasio.....0.4
Carbonatos.....3.5
Bicarbonatos.....6.6
Cloruros.....1.34

[mg/lt]
Sulfatos.....19
Nitratos.....18
Sólidos totales.....1000

[mg $CaCO_3$ / lt]
Dureza.....123

Bibliografía

Bimboni, H.G.; Ruberti, D. 1985. Compatibilidad de Plaguicidas. Estación Experimental Agropecuaria INTA San Pedro, San Pedro, Buenos Aires. (Tabla)

Chessa, A. 2002. Mezclas de tanque de atrazina con glifosato. En: Aplicando Tecnología en Sorgo. Gacetilla Técnica Nidera Nº 9, 05/07/2002. 6 p.
http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/sorgo/gacetilla%209.pdf

Ferratto, J.A.; Rodríguez Fazzone, M. (Eds.). 2010. Buenas Prácticas Agrícolas para la Agricultura Familiar. Cadena de las principales hortalizas de hoja en Argentina. FAO - INTA, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca - Facultad de Ciencias Agrarias, UNR, CABA, Argentina. 535 pg:il
NOTA: Procedimientos para la preparación del caldo de aspersión, p 359.
http://www.bpafao.org/pdf/Manual_BPA_FAO_HH.pdf

Kálnay, P.A. 2007. Mezclas en el tanque e incompatibilidad física. Agromercado Año 27, Número 207, Cuadernillos Técnicos, Serie: Plagas e Insecticidas. Octubre. Ed: Paul, B. Buenos Aires. pp 14-16.

Leiva, P.D. 2012. Mezclas de tanque y prueba de compatibilidad. Visión Rural, Campo & Ambiente. Año XIX, Número 91, Marzo. Ed: Zarlangue, H .A. Tandil (B). pp 27-28.

Maier, E. H. & Brian, C. D. 1990. Manual Técnico de Agroquímicos. ICI Duperial SAIC. Segunda Edición. Capítulo Generalidades: Compatibilidad de productos. Buenos Aires. 248 p.

Maluf, J. 2004. Formulaciones de agroquímicos de mayor uso en nuestro país. Cátedra de Terapéutica Vegetal, Facultades de Ciencias Agrarias UCA y UNLZ, 3p (inédito).

Mota Sánchez, D.; Sandoval, R.; Cotto, M.; Hines, R. 2003. Manual básico de entrenamiento para aplicadores de pesticidas. Certificación, Recertificación, y Entrenamiento Para Técnicos Registrados. Boletín de Extensión E-2195-SP. Agosto 2003. Michigan State University (MSU), USA. 190 pg.
Nota: versión en español. *Capítulo 3*: Pesticidas, compatibilidad: pp 40-41
http://www.pested.msu.edu/Resources/bulletins/pdf/2195SP/E-2195spvs.pdf

Pergamino (BA), 12/10/2012