

Evaluación de distintas alternativas de limpieza de equipos aplicadores a los efectos de eliminar residuos de herbicida diclosulam.

Autores: Ana Venturino¹, Gerardo Masiá², Ramiro Cid³

¹ Dow AgroSciences. Aventurino@dow.com

² Instituto de Ingeniería Rural. INTA Castelar. masia.gerardo@inta.gob.ar

³ Instituto de Ingeniería Rural. INTA Castelar. cid.ramiro@inta.gob.ar

Abstract

Crop damage due to treatments applied with spraying equipment contaminated with herbicide residues from previous applications is a problem that has been observed in several countries. Sunflowers are susceptible to the herbicide diclosulam and cases of unexpected phytotoxicity in sunflower have been connected to the presence of herbicide residues in spraying equipment. The objective of this study is to evaluate various alternatives for cleaning spraying equipment after this equipment was used to spray diclosulam at the commercial dose. Seven cleaning methods were evaluated. The volume used at each tank cleaning step was 100 liters, $\frac{1}{4}$ of the actual volume of the spray tank. After using each cleaning alternative, the spray tank was refilled with water. Three samples were subsequently taken from the tank and the product residue concentration was analyzed for diclosulam. In addition, bioassays were conducted and 5 sunflower plants were sprayed with these samples and the plant phytotoxicity was measured and compared to the response of sunflower not treated with the spray tank rinsed 3, 7, 14, and 27 days after application. The results were analyzed with an ANOVA test at a 5% significance level. The cleaning treatment consisting of one water-wash exhibited the highest concentration of diclosulam in the analyzed samples and exhibited significant phytotoxicity at 3, 7, 14, and 27 days after application. However, the level of herbicide residue and phytotoxicity observed for the subsequent cleaning treatments, consisting of two or more water-washes, were no different from the control. All the cleaning alternatives, except the one water-wash, were effective for a proper washing of spraying equipment contaminated with diclosulam.

Tabla de Contenidos

Tabla de Contenidos	1
RESUMEN.....	2
INTRODUCCION	3
MATERIALES Y MÉTODOS	4
RESULTADOS Y DISCUSION	7
CONCLUSIONES.....	15
AGRADECIMIENTOS	15
REFERENCIAS	15

RESUMEN

Los daños a cultivos debido a tratamientos sanitarios efectuados con máquinas pulverizadoras contaminadas con restos de herbicidas correspondientes a aplicaciones anteriores, es un problema que ha sido observado en varios países. El girasol es susceptible al herbicida diclosulam, y casos de fitotoxicidad en este cultivo estuvieron relacionados con la presencia de residuos de herbicidas en los equipos aplicadores. El objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes alternativas de limpieza sobre un equipo aplicador luego de la utilización del mismo para pulverizar diclosulam a su dosis comercial. Se emplearon siete alternativas de lavado. El volumen utilizado para cada paso de lavado fue de 100 lts, correspondiente a $\frac{1}{4}$ de la capacidad del tanque del equipo aplicador. Después de realizar cada tratamiento de lavado se volvió a llenar el tanque de la pulverizadora con agua. Se tomaron tres muestras del agua del tanque del equipo y se evaluó la concentración de residuos de diclosulam. Adicionalmente, se realizaron bioensayos donde se pulverizaron 5 plantas de girasol con estas muestras y se evaluó el porcentaje de fitotoxicidad en planta con respecto al testigo a los 3, 7, 14 y 27 días desde la aplicación. Con el fin de corroborar el efecto no selectivo de la dosis comercial de diclosulam sobre el girasol, se realizó una aplicación comercial sobre esta especie. Los resultados fueron analizados por medio de un ANOVA con un nivel de significancia del 5 %. El tratamiento de limpieza efectuado mediante un solo lavado con agua obtuvo la mayor concentración de diclosulam en las muestras analizadas y mostró la mayor fitotoxicidad en planta a los 3, 7, 14 y 27 días desde la aplicación, diferenciándose estadísticamente del resto de los tratamientos. El residuo del herbicida observado en el resto de los tratamientos no se diferenció del testigo.

Palabras clave: limpieza de pulverizadoras, fitotoxicidad, girasol.

INTRODUCCION

El daño a cultivos cuando se llevan a cabo tratamientos fitosanitarios a causa de la presencia de remanentes de herbicidas de aplicaciones anteriores, debido a una inadecuada limpieza de los equipos aplicadores, es un inconveniente que se presenta con relativa frecuencia en nuestro país [3, 13, 16]. También se han encontrado referencias sobre el mismo problema en bibliografía extranjera [10, 11, 12, 14, 15, 18, 19].

El herbicida Diclosulam, (N-2,6-diclorofenil)-5-etoxi-7-fluoro-1,2,4-triazolo (1,5c) pirimidina-2-sulfonamida, es un herbicida selectivo para el control de malezas de hoja ancha en cultivos de soja y maní siendo efectivo en tratamientos de suelo en presiembra y preemergencia del cultivo. Es de acción sistémica y se clasifica químicamente como triazolpirimidina [4]. Se trata de un herbicida que inhibe la acción de la acetolactato sintetasa (als) impidiendo la síntesis de algunos aminoácidos esenciales tales como la valina, leucina e isoleucina. En las malezas susceptibles genera síntomas tales como inhibición del crecimiento meristemático de raíces y tallos, enanismo por acortamiento de entrenudos, clorosis en hojas jóvenes, nervaduras rojizas seguida de necrosis de las mismas y de los pecíolos y, finalmente, necrosis y muerte. Este proceso es gradual y demanda varios días [1, 6, 13].

Si bien existe abundante bibliografía e información sobre la metodología a llevar a cabo para una adecuada limpieza de la pulverizadora, la misma se refiere a procesos generales y muy rara vez se detiene en el análisis de los casos particulares. Tal es el caso del informe elaborado por Petroff & Johnson [14] sobre el adecuado mantenimiento de los equipos pulverizadores. La Guía 2014 para la Protección de Cultivos, elaborada por el Gobierno de Saskatchewan, Canadá, especifica las metodologías o procedimientos de limpieza de los equipos pulverizadores por triple lavado con agua, con agua a presión, utilizando amoníaco al 3%, y mediante diferentes alternativas de detergentes. Por otra parte, Roettele y col [17], proponen que la limpieza de los equipos se lleve a cabo mediante dos procesos alternativos: triple lavado con agua o lavado continuo. Para este último proceso es preciso contar con un tanque de agua limpia en el equipo pulverizador, para lo cual proponen el uso de una bomba alternativa que derive el agua desde el tanque de agua limpia hacia el tanque de la mezcla y desde allí a todo el circuito pulverizador. En relación con la primera de las propuestas presentadas, el sistema de triple lavado, desde el ISCAMEN –Instituto de Sanidad y Calidad Agropecuaria de Mendoza, Astorga - (2009) [2] consigna para una larga serie de productos fitosanitarios que dicho proceso elimina en todos los casos más del 99,9 % de los residuos en envases de dichos productos. De allí que sea lógico pensar que el proceso de triple lavado podría adaptarse a la limpieza de los equipos pulverizadores, máxime cuando los envases contienen restos de los productos puros y en los tanques de las pulverizadoras este se encuentra diluido. Van Gessel [19], a través de una publicación de la universidad de Delaware, presenta una extensa lista de productos fitosanitarios indicando cuál de tres alternativas es la más eficiente para la limpieza de sus remanentes en la pulverizadora: agua sola, amoníaco o detergentes comerciales. Pero en la lista no incluye al diclosulam. Por otra parte las Normas ISO 22368-1:2004 y 22368-2:2004 especifican los tests a llevar a cabo para determinar la performance de los distintos sistemas de enjuague utilizados en protección vegetal para la completa limpieza interna y externa, respectivamente, de las pulverizadoras agrícolas, siendo aplicables tanto a equipos montados como de arrastre y autopropulsados. Pero estas normas se refieren a los mecanismos de limpieza y no a diferentes productos fitosanitarios.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes alternativas de limpieza sobre un equipo aplicador luego de la utilización del mismo para pulverizar diclosulam a su dosis comercial, a fin de determinar la más eficiente de ellas. Entendiendo como tal a aquel proceso que luego de ser llevado a cabo registre la menor concentración medida en microgramos por litro de diclosulam en las muestras enviadas a laboratorio para su análisis y aquel que produzca la menor fitotoxicidad en plantas de girasol pulverizadas con agua luego de cada alternativa de limpieza del equipo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo el 7 de octubre de 2014 en el Establecimiento “La Rosadita”, ubicado en la localidad de Pergamino, utilizado por la firma Dow Agrosiences S.A. como campo experimental. El mismo se encuentra ubicado sobre la Ruta 188, aproximadamente a 7 km del centro de la ciudad y con coordenadas de 33° 51' 34,56" de Latitud Sur y a 60° 51' 31,70 " de Longitud Oeste.

Para el trabajo se utilizó una pulverizadora marca PRT, con tanque de 400 litros, montada mediante enganche de tres puntos. El botalón poseía 20 picos de pulverización, distanciados entre sí a 50 cm, con lo cual se obtenía un ancho de trabajo de 9,50 m. La bomba con la que estaba equipada la pulverizadora era marca UDOR Modelo Z 701 C. Las boquillas de pulverización utilizadas fueron de abanico plano con inducción de aire, con un caudal de 0,6 lts/min.

En forma previa al ensayo, la pulverizadora había sido lavada mediante un sistema de triple lavado con agua y no había sido utilizada recientemente para la aplicación de Diclosulam. El equipo pulverizador se montó sobre un tractor John Deere Modelo 5400 y la bomba de pulverización accionada, en todos los casos, mediante toma de fuerza en 2ª marcha alta, con acelerador siempre a fondo, lográndose 1500 v/min-1, medidas mediante tacómetro AMETEK Modelo 1726.

En todos los tratamientos, con excepción del testigo, la pulverizadora se cargó con 100 litros de agua, agregando 33,3 grs de herbicida Diclosulam, correspondiente a la dosis comercial de aplicación (30 gr de producto formulado/ha), con el sistema de agitación conectado y con los picos de pulverización cerrados, durante 5 minutos, a fin de garantizar una adecuada homogenización del producto. La mezcla fue luego pulverizada en su totalidad en un lote especialmente dispuesto para tal fin, a un volumen de 90 lts/ha, disponiendo de un sector diferente para cada recarga de producto, a fin de evitar cualquier tipo de contaminación por sobre aplicación de herbicida. Luego de cada uno de los tratamientos o diferentes procesos de limpieza, se tomaron tres muestras de 500 cc cada uno, recogidos en envases plásticos e inmediatamente colocados al abrigo de la luz. Dicha precaución se mantuvo hasta el momento de los análisis de concentración en laboratorio. Todas las muestras se tomaron del pico extremo izquierdo del botalón con tres repeticiones por tratamiento.

Por otro lado, luego de cada uno de los tratamientos de lavado, se volvió a llenar el tanque de la pulverizadora con agua y se pulverizaron 5 plantas de girasol por tratamiento en el estadio V₄. Se utilizó el híbrido de girasol convencional MG360, el cual estaba sembrado en macetas. Las macetas fueron llevadas a un invernáculo luego de la aplicación y se regaron de manera de estar bajo buenas condiciones hídricas. Se evaluó el % de fitotoxicidad en planta con respecto al testigo a los 3, 7, 14 y 27 días desde la aplicación (dda) y de esta forma se evaluó la posible presencia de restos de diclosulam en el caldo de aplicación luego de los tratamientos de lavado. Con el fin de corroborar el efecto letal de una dosis comercial de 30 gr/ha de diclosulam

sobre el cultivo de girasol, se realizó una aplicación comercial de este producto sobre 5 plantas de girasol. Se utilizó un diseño completo aleatorizado con 5 repeticiones. Las dosis de los productos empleados fueron determinadas por una balanza electrónica para aquellas formulaciones sólidas, una probeta de 500 ml y una jarra graduada de 3000 ml de capacidad. Las tomas de muestra se hicieron sobre un playón de cemento. Los tratamientos realizados figuran en la tabla 1.

Tabla1. Tratamientos realizados con sus respectivas dosis

Tratamiento	Dosis (cantidad/100 lts agua)
Testigo	0
Lavado simple con agua	0
Lavado triple con agua	0
Lavado triple con agua y lavandina (5%)	5 lts
Lavado con detergente alcalino-H ₂ O control	1 lt
Lavado con limpiador Tifon	50 cm ³
Lavado con Rizospray Cleaner	0,25 cm ³
Lavado con Neutralize	118 grs

A continuación se describe la metodología empleada en cada tratamiento.

1) Testigo: se cargó a la pulverizadora con 100 litros de agua limpia, se pusieron en marcha los mecanismos de agitación con los picos de pulverización cerrados durante 5 minutos, se activó la pulverización durante otros 5 minutos, luego se tomaron las muestras y se vació el tanque.

2) Lavado Simple con agua: una vez pulverizado y vaciado completamente el contenido de la mezcla con Diclosulam, se agregaron 100 lts de agua limpia al tanque, conectando el sistema de agitación con los picos cerrados durante 5 minutos. Cumplido este plazo se abrieron los picos de pulverización y se procedió al vaciado completo del tanque. Seguidamente se cargó nuevamente el equipo con la misma cantidad de agua limpia, se agitó durante 5 minutos con los picos cerrados, se realizó la apertura de los picos de pulverización durante 5 minutos y pasado este lapso, se procedió a la toma de las respectivas muestras.

3) Lavado Triple con Agua: incluyó todos los procesos descritos para el tratamiento anterior más otras dos secuencias de lavado y enjuague con agua consistentes en: carga de 100 litros, agitado durante 5 minutos con los picos cerrados, pulverizado durante 5 minutos, vaciado del tanque, recarga de nuevos 100 litros, agitado durante 5 minutos con picos cerrados, pulverización durante 5 minutos y vaciado del tanque. Se cargaron nuevamente 100 litros de agua limpia al tanque, se encendió el sistema de agitación con los picos cerrados durante 5 minutos para luego abrir la pulverización durante otros 5 minutos y proceder a la toma de muestras.

4) Lavado Triple con agua y agregado de lavandina comercial al 5%: el tratamiento fue exactamente igual al anterior con la única diferencia que en la segunda carga de agua se agregaron 5 litros de lavandina comercial (un litro cada 20 litros de agua). La toma de muestras se llevó a cabo a partir de la cuarta carga de agua.

5) Lavado con Detergente Alcalino: se siguió en este caso, las indicaciones del fabricante. El producto utilizado fue "H2O Control DG, Digestor Alcalino de Grasas para la Industria Alimenticia, elaborado por H2O Control S.R.L. y elaborado en base a hidróxido de potasio, tensioactivos no iónicos, óxidos de amina y secuestradores de cationes para el agua. Una vez vació el tanque de la mezcla de pulverización (agua más 33,3 grs de Spider™ herbicide) se agregó 50 litros de agua limpia al tanque, en ese momento se incorporó 1 litro del producto añadiendo luego otros 50 litros de agua (un litro de producto cada 100 litros de agua). Posteriormente se procedió a encender el sistema de agitación durante 15 minutos con los picos cerrados para luego abrir la pulverización durante 5 minutos. Con ello se consiguió pulverizar más del 30% del contenido del tanque, tal la recomendación del fabricante. Luego se vació el agua remanente del mismo. En este punto, mediante una manguera fueron eliminados los restos de la espuma producida en el tanque. Se cargaron nuevamente 100 litros de agua limpia al tanque, se encendió el sistema de agitación con los picos cerrados durante 5 minutos para luego abrir la pulverización durante otros 5 minutos y proceder a la toma de muestras y posterior vaciado del líquido remanente en el tanque.

6) Lavado con limpiador Tifón: en este caso también se siguieron las indicaciones del fabricante (Agromark Argentina SRL). El producto se basa en dodecil benceno, sulfato de sodio, butil glicol y emulsionantes. Una vez vaciado el tanque con la mezcla de pulverización se cargaron 50 litros en el tanque, se agregaron 50 cc del producto limpiador y se añadieron otros 50 litros de agua. Con la diferencia de la concentración del producto, el proceso fue exactamente igual al caso anterior. Pero, dada la gran cantidad de espuma que se había formado en el tanque y que no era posible eliminarla por la descarga inferior del mismo, fue necesario llenar el tanque en su totalidad hasta que la espuma rebalsara totalmente por la boca superior de carga, para luego proceder al vaciado del tanque por la descarga inferior.

7) Lavado con Rizospray Cleaner: también se siguieron las instrucciones del fabricante, Rizobacter Argentina S.A. El producto se basa en amonio, solución con hidróxido de sodio. Una vez vaciado el tanque con la mezcla de pulverización se cargaron 50 litros de agua limpia agregándose 250 cc del producto para luego añadir los otros 50 litros de agua. Se procedió luego a 15 minutos de agitación con los picos cerrados y posteriormente a 5 minutos de pulverización. Se vació el tanque, se cargaron nuevamente 100 litros en el mismo para luego agitar con picos cerrados durante 5 minutos, pulverizar durante 5 minutos, tomar las muestras y finalmente vaciar el tanque.

8) Lavado con Neutralize: elaborado por Becker Underwood. No se indica composición química. Una vez vaciado el tanque con la mezcla de pulverización se cargaron 50 litros de agua en el tanque, se sumaron 119,8 grs del producto y a continuación se completó el volumen con agua hasta alcanzar los 100 litros. Posteriormente se procedió a agitar durante 15 minutos con los picos de pulverización cerrados y luego se pulverizó durante 5 minutos. Cumplido este proceso, se vació el remanente del tanque. Luego se cargaron nuevamente 100 litros de agua limpia procediendo a agitar con picos de pulverización cerrados durante 5 minutos, pulverización durante 5 minutos, toma de muestras y vaciado del tanque.

Una vez obtenidas las muestras, las mismas fueron remitidas al Laboratorio de Contaminantes Químicos del Instituto de Tecnología de los Alimentos del INTA Castelar para la determinación de residuos de diclosulam en las mismas. Para ello se utilizó el Análisis Instrumental HPLC-LTQ XL expresando los valores obtenidos en microgramos por litro.

Los datos de residuos y los valores de fitotoxicidad en planta fueron analizados estadísticamente mediante un ANOVA ($\alpha=0,05$), utilizando la prueba de comparaciones múltiples de Tukey con un nivel de significancia del 5%. Para el análisis estadístico de

fitotoxicidad en planta los datos fueron transformados mediante la función arcoseno y se excluyó al testigo del análisis.

Finalmente, se ajustó una curva de regresión entre el porcentaje de fitotoxicidad en planta y los valores de residuos, los cuales fueron transformados a logaritmo natural (ln) para realizar la regresión.

Todos los análisis estadísticos y los gráficos fueron realizados mediante los programas JMP Pro 11 y StatMart.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Análisis de residuos obtenidos en muestras

En la tabla 2 se observa que existen diferencias significativas detectadas por el método estadístico empleado entre todos los tratamientos efectuados y la presencia del herbicida en las muestras analizadas. ($Pr > F < 0,0001$).

Tabla 2: Análisis de la varianza para todos los tratamientos efectuados y el testigo (agua limpia).

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Tratamiento de lavad	7	4.9340218	0.704860	13.6817	<.0001 *
Error	16	0.8242980	0.051519		
C. Total	23	5.7583198			

En la tabla 3 se pueden apreciar los diferentes niveles de residuos del herbicida según los distintos tratamientos de limpieza efectuados. La mayor concentración de residuos fue observado cuando se empleó el método de lavado simple con agua ($1,39767 \mu\text{grl}^{-1}$). El triple lavado difirió significativamente del simple lavado, presentando un valor de residuos de $0,041 \mu\text{grl}^{-1}$. Según la bibliografía [14] realizar varios lavados con agua para la limpieza de equipos pulverizadores es más eficiente que el método de simple lavado con agua.

El detergente alcalino DG H2O control presentó el valor más bajo de residuos ($0,01 \mu\text{grl}^{-1}$). Este tipo de detergente alcalino utilizado en el ensayo era a base de hidróxido de potasio. Otro tipo de detergente alcalino es el "Household ammonia", a base de hidróxido de amonio. Este producto en Estados Unidos es recomendado al 1% para la limpieza de pulverizadoras luego del uso del herbicida "Strongarm" (diclosulam 84%) [5]. El Household ammonia es comúnmente recomendado como agente limpiador, siendo efectivo en aflojar y desprender los residuos de herbicidas del tanque. Aunque no es un agente que descompone la molécula herbicida, incrementa la solubilidad de la misma al aumentar el nivel de pH facilitando su desprendimiento [10, 19].

Rizospray Cleaner es otro tipo de detergente a base de amonio. Los niveles de residuos obtenidos con este tratamiento de limpieza ($0,04 \mu\text{grl}^{-1}$) no difirieron significativamente de los obtenidos con el otro detergente utilizado (detergente alcalino DG H2O control). Este producto comercial es usado como agente limpiador y removedor de los restos de agroquímicos de los tanques de los equipos pulverizadores en Argentina.

En el presente ensayo la lavandina alcanzó niveles de $0,019 \mu\text{grl}^{-1}$, no difiriendo estadísticamente de los detergentes y compuestos amoniacales. La lavandina es citada como un agente que descompone las sulfenilureas y otros herbicidas en compuestos inactivos. Sin embargo es menos efectiva en disolver y remover los residuos de estos herbicidas que los compuestos amoniacales [10, 14, 19]. Algunas mezclas de tanque de herbicidas podrían inhibir esta capacidad de descomposición [19]. Es un producto que no se recomienda mezclar con amoníaco o fertilizantes líquidos que contengan amoníaco, ya que esta mezcla se traduce en un gas de cloro sumamente tóxico, irritante a ojos, nariz, garganta y pulmones [10, 14, 19]. El producto comercial Tifon mostró valores de residuos intermedios entre los tratamientos RizoSpray Cleaner y la lavandina, no difiriendo estadísticamente de los mismos. El limpiador Neutralize, siendo comercial en otros países, no es aun comercial en Argentina. Este producto sólo difirió estadísticamente del lavado simple, en concordancia con lo obtenido en el resto de los tratamientos. Numéricamente, este tratamiento presentó el valor más elevado de residuos ($0,057 \mu\text{grl}^{-1}$) entre tratamientos, con excepción del lavado simple. El lavado simple expresó valores superiores a $1 \mu\text{grl}^{-1}$ difiriendo estadísticamente del resto de los tratamientos de lavado, los cuales no se diferenciaron estadísticamente del testigo (agua limpia).

Tabla 3. Resultados de la prueba de Tukey ($p < 0,05$) de los residuos detectados en función de los tratamientos de lavado y el testigo. Valores expresados en μgrl^{-1} .

Connecting Letters Report		
Level		Mean
Lavado simple	A	1.3976667
Neutralize	B	0.0573333
Triple lavado	B	0.0413333
RizoSpray Cleaner	B	0.0406667
Tifon	B	0.0246667
Lavandina	B	0.0196667
Detergente alcalino DG H2O contr	B	0.0100000
Testigo	B	0.0000000

Levels not connected by same letter are significantly different

En la figura 1 se pueden observar los diferentes valores de residuos encontrados en las muestras de los tratamientos de limpieza efectuados y el testigo (agua limpia) y la dispersión de los valores dentro de un mismo tratamiento, siendo el lavado simple el que más dispersión de datos presentó.

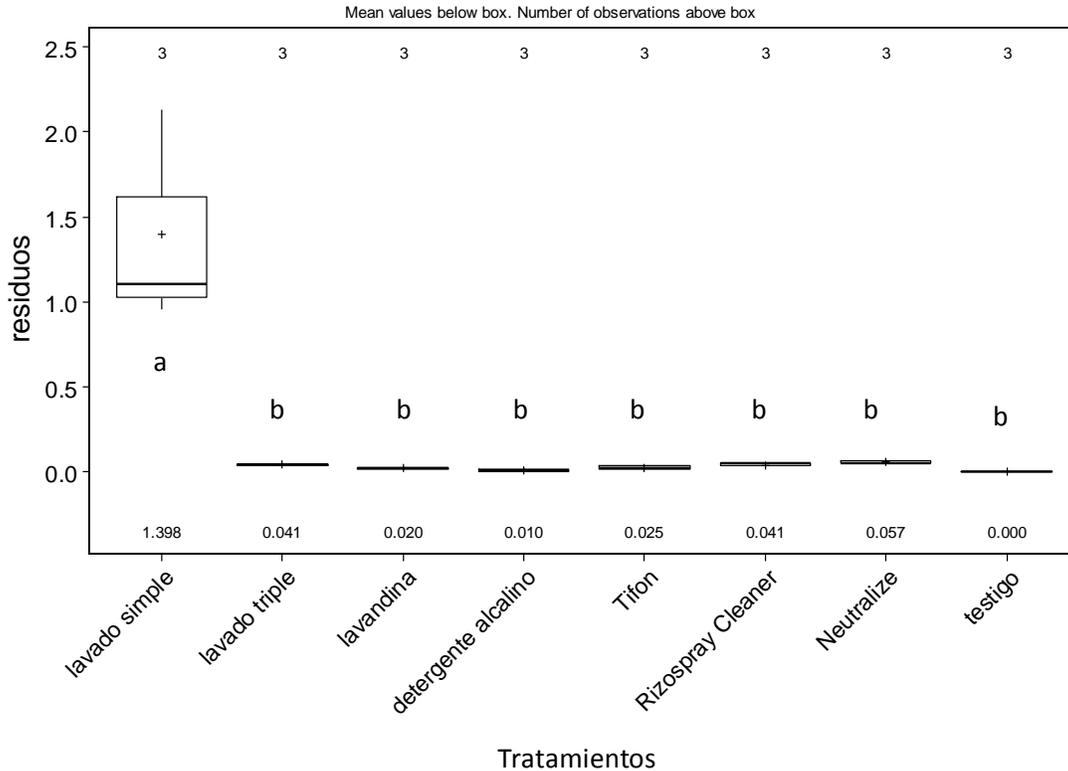


Figura 1: Residuos detectados en función de los tratamientos de lavado y el testigo. Valores expresados en $\mu\text{gr l}^{-1}$. Diferentes letras indican diferencia significativa entre los tratamientos (Tukey 0.05).

2. Análisis de fitotoxicidad en planta

En la figura 2 podemos observar las medias de los porcentajes de fitotoxicidad en planta para cada fecha de evaluación. En todas las fechas evaluadas (3, 7, 14 y 27dda), hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.0001$), observándose el mayor nivel de fitotoxicidad en las plantas que fueron pulverizadas luego del tratamiento de lavado simple. En todas las fechas evaluadas dicho tratamiento difirió significativamente del resto de los tratamientos, los cuales no difirieron entre sí. Esta tendencia coincide con la obtenida en la variable residuos. Los síntomas que presentaron las plantas que recibieron este tratamiento fueron clorosis, deformación de hojas y enrojecimiento de nervaduras y tallos. Estos síntomas se hicieron evidentes a partir de los 7dda (Fig.3), con excepción de la clorosis que se manifestó desde los 3dda. En el caso de triple lavado, lavandina y detergente, el síntoma en todas las fechas evaluadas fue sólo clorosis en hojas (Fig.4). Los tratamientos Tifón y Rizospray Cleaner, además de mostrar clorosis en hojas en todas las fechas evaluadas, mostraron a partir de los 7dda deformación de hojas, enrojecimiento de nervaduras, y menor crecimiento de la nervadura central de las hojas (Fig. 5).

En todos los tratamientos, los valores de fitotoxicidad fueron superiores a los 7dda, luego las plantas de girasol mostraron una recuperación con una menor fitotoxicidad, posiblemente por una dilución de los restos del herbicida con el crecimiento de las plantas (Fig. 2)

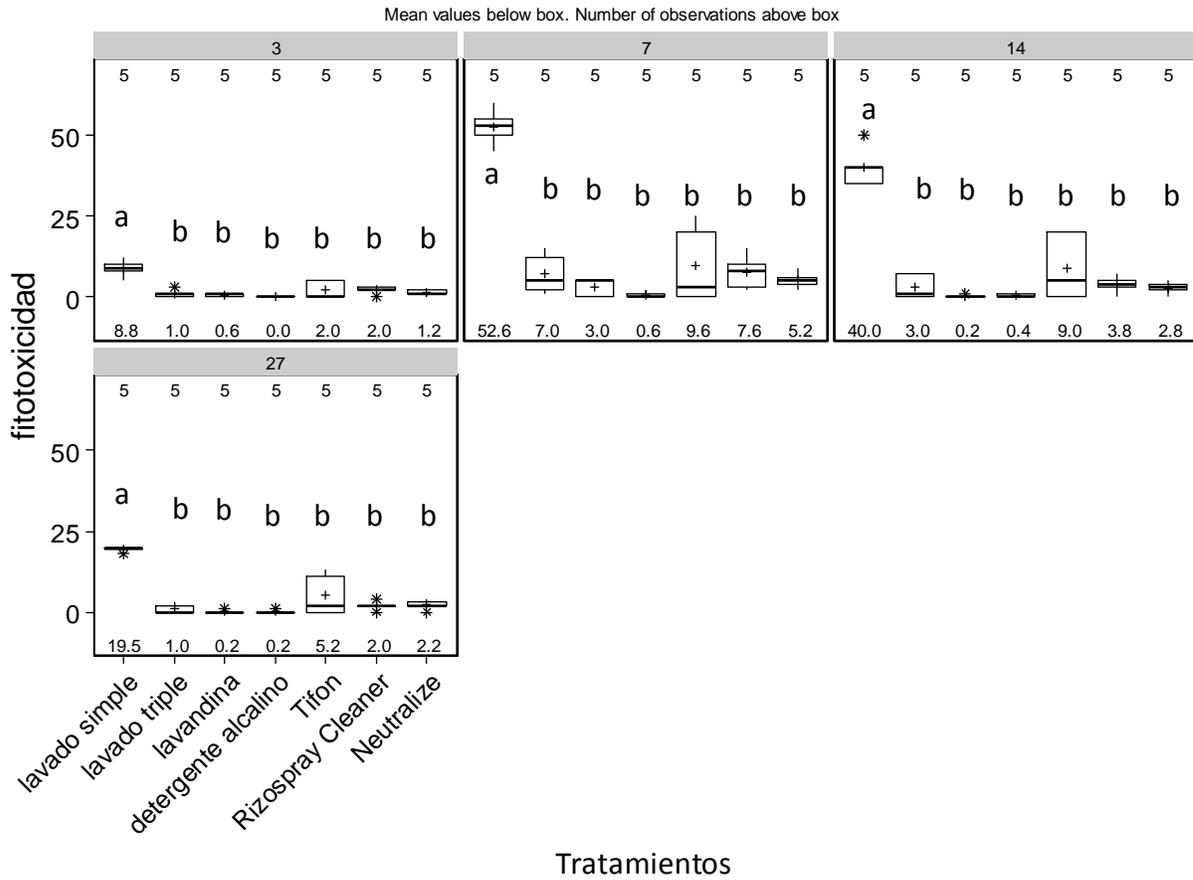


Figura 2: Porcentaje de fitotoxidad en planta, observados a los 3, 7, 14 y 27 días luego de la aplicación del agua que provenía del tanque previamente lavado con los diferentes tratamientos de lavado. Diferentes letras indican diferencia significativa entre los tratamientos (Tukey 0,05). P-valor<0,0001.



Figura 3: Síntomas de fitotoxicidad presentes a los 7dda en plantas de girasol que recibieron el tratamiento de lavado simple.

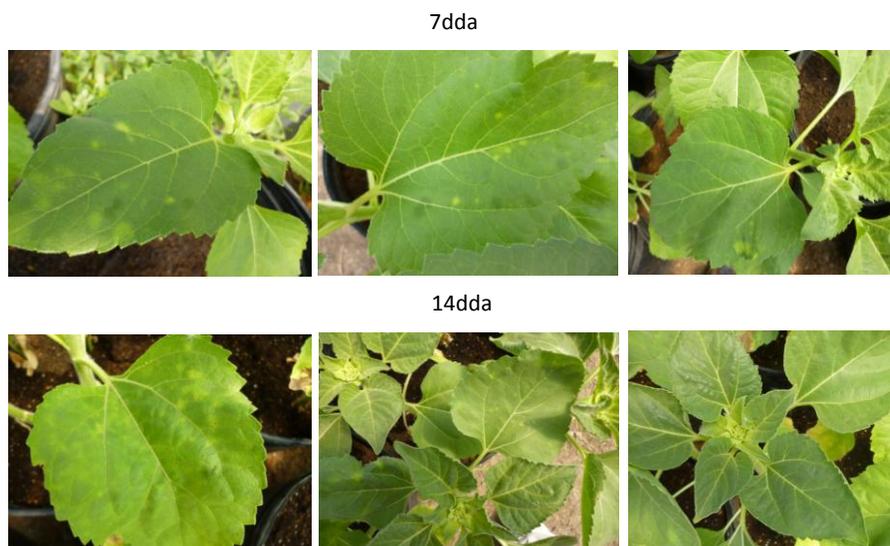


Figura 4: Clorosis en hojas presentes a los 7 (superior) y 14 dda (inferior) en plantas de girasol que recibieron tratamiento de lavado triple (izquierda), lavandina (centro) y detergente alcalino (derecha).

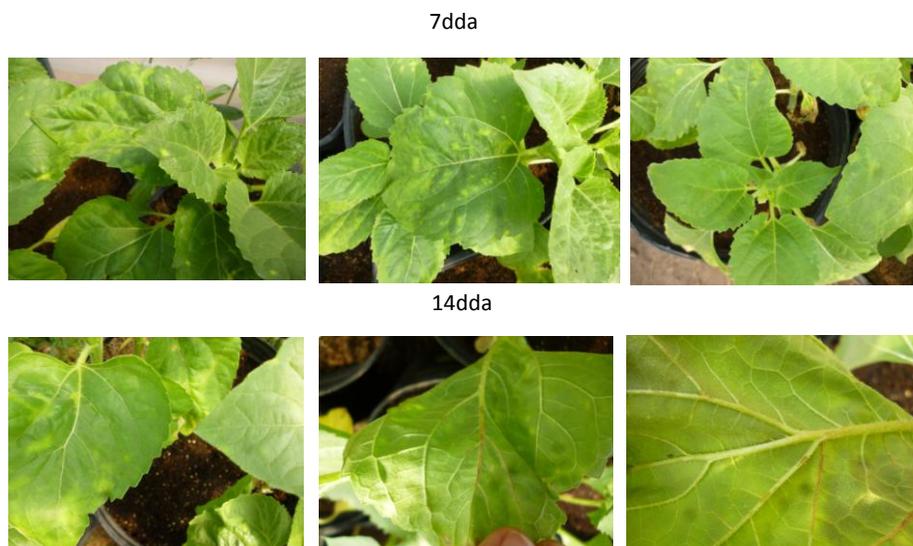


Figura 5: Síntomas de fitotoxicidad presentes a los 7dda (superior) y 14dda (inferior) en plantas de girasol que recibieron el tratamiento de Tifon (izquierda), Rizospray Cleaner (centro) y Neutralize (derecha).

Las plantas de girasol que recibieron una dosis comercial de diclosulam terminaron muriendo, presentando un 40, 85, 97,5 y 100% de fitotoxicidad a los 3, 7, 14 y 27ddp respectivamente. (Tabla 5 y Fig.6). Los síntomas se comenzaron a manifestar en mayor medida a partir de la semana de la aplicación, siendo los mismos: inhibición de crecimiento, clorosis, necrosis, enrojecimiento de nervaduras y tallos y acortamiento de entrenudos (Fig. 6). Estos resultados coinciden con la falta de selectividad del cultivo de girasol al herbicida diclosulam, siendo este herbicida sólo selectivo en los cultivos de soja y maní en nuestro país [4].

Tabla 5: porcentaje de fitotoxicidad en planta, observados a los 3, 7, 14 y 27 días luego de la aplicación de una dosis comercial de diclosulam (30 gr formulado/ha).

Tratamiento	% de fitotoxicidad en planta			
	3dda	7dda	14dda	27dda
Dosis comercial de diclosulam	40	85	97,5	100



Figura 6: Síntomas de fitotoxicidad en plantas de girasol que recibieron la dosis comercial de diclosulam.

3. Regresión entre el porcentaje de fitotoxicidad en planta y residuos de diclosulam en el caldo de la pulverizadora.

Se encontró relación entre los residuos de diclosulam en el caldo de la pulverizadora y la manifestación de fitotoxicidad en planta, siendo significativo el ajuste de regresión en todas las fechas evaluadas (3, 7, 14 y 27dda) (Tabla 6). En la figura 7 se pueden observar los ajustes de regresión para cada una de las fechas, presentado la recta de los 7dda una pendiente más pronunciada (10,9) expresando un mayor aumento en los niveles de fitotoxicidad ante aumentos en el nivel de residuos. A los 7dda también se obtuvo el R^2 más alto (0,82) de todas las fechas evaluadas.

Tabla 6: Regresión lineal entre los residuos de diclosulam y la manifestación de fitotoxicidad en planta a los 3, 7, 14 y 27dda.

	Ajuste de regresión			
	3dda	7dda	14dda	27dda
ecuación de la recta	%fitotoxicidad=7,63+1,8 ln (residuos)	%fitotoxicidad=45+10,9 ln (residuos)	%fitotoxicidad=33,7+8,3 ln (residuos)	%fitotoxicidad=16,5+4,04 ln (residuos)
p valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
R^2	0,72	0,82	0,78	0,76

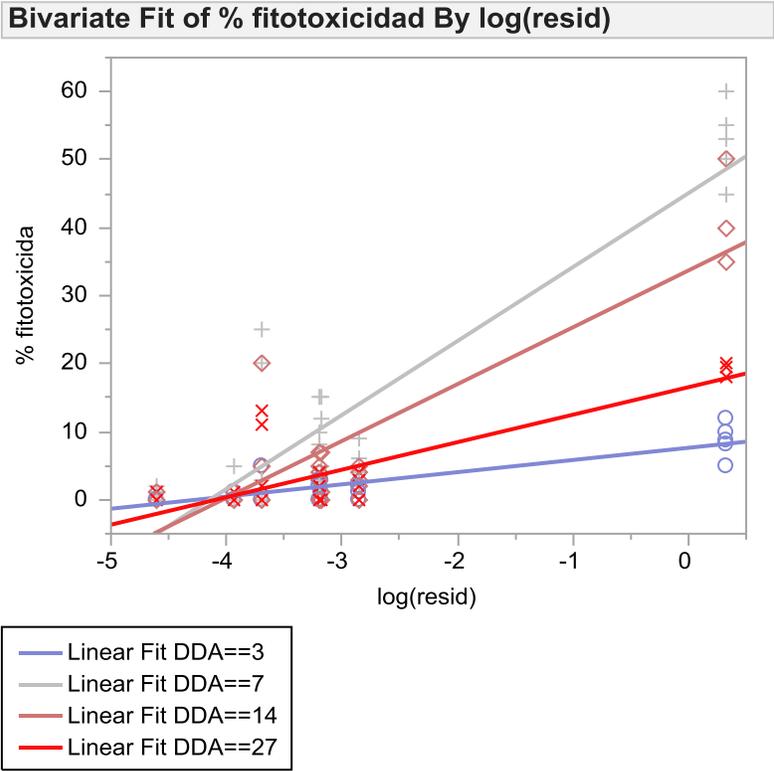


Figura 7: Fitotoxicidad en planta (%) a los 3, 7, 14 y 27 ddp en función del logaritmo natural (ln) del contenido de residuos en el caldo de pulverización ($\mu\text{g l}^{-1}$). Las líneas representan el ajuste de los resultados a un modelo de regresión lineal (n=35).

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones ensayadas el tratamiento de limpieza efectuado mediante un solo lavado con agua presentó la mayor concentración del herbicida (residuos) en las muestras analizadas, diferenciándose estadísticamente del testigo (agua limpia) y del resto de los tratamientos de lavado. El residuo del herbicida observado en el resto de los tratamientos no se diferenció del testigo.

En concordancia con los datos de residuos obtenidos en laboratorio, la fitotoxicidad en planta obtenida en el tratamiento de lavado simple con agua difirió significativamente del resto de los tratamientos a los 3, 7, 14 y 27dda. El resto de los tratamientos no difirieron entre sí con respecto al % de fitotoxicidad en las diferentes fechas evaluadas.

AGRADECIMIENTOS

Florencia Figueroa Bunge, Maximiliano Ravotti, Pablo Valverde y Luis Gauna de Dow AgroSciences

™ Trademark of The Dow Chemical Company ("DOW") or an affiliated company of Dow.

REFERENCIAS

1. Arregui, M.C.; Puricellu E. Mecanismos y modo de acción de herbicidas. En: Mecanismos de acción de plaguicidas. 125-208 pp. Dow Agrosciences Argentina.
2. Astorga O.W. (2009). Programa de Recolección y Disposición Final de los Envases Vacíos de Agroquímicos. II Jornadas Sobre Tratamiento y Disposición de Envases de Productos Fitosanitarios. Región NOA Tucumán 2009.
3. Balestrini, L. (2014). Instructivo para la limpieza interna y externa de la pulverizadores. www.agrobalestrini.net
4. CASAFE (2013). Guía de Productos Fitosanitarios. 16° Edición. pág 387 – 389
5. Dow Agrosciences. Strongarm® Herbicide, EPA Reg. No. 62719-288 (2010) [Specimen label]. <http://www.cdms.net/LDat/ld3M2015.pdf>
6. Faya de Falcón L., Papa J.C. (2001). El modo de acción de los herbicidas y su relación con los síntomas de daño. Ediciones INTA. ISBN: 987-521-035-8
7. Government of Saskatchewan – Ministry of Agriculture: 2014 Guide to Crop Protection- Weeds, plant diseases, insects. Crops and Irrigation. <http://www.agriculture.gov.sk.ca/Default.aspx?DN=5be29ef9-e80c-4ebd-b41d-d8e508b5aaba>.
8. ISO 22368-1:2004 – Crop Protection Equipment – Test Methods for the Evaluation of Cleaning Systems – Part 1: Internal Cleaning of Complete Sprayers.

9. ISO 22368-2:2004 – Crop Protection Equipment – Test Methods for the Evaluation of Cleaning Systems – Part 2: External Cleaning of Complete Sprayers.
10. Johnson B, Casady B, Peterson D, Kuhlman D. (1997). Cleaning fields sprayers to avoid crop injury. Mu Extension, University of Missouri-Columbia.
11. Oerke E.G.; Gerhards R.; Menz G.; Sikora R.A. (2010). Precision Crop Protection – The Challenge and Use of Heterogeneity. Pagina 307 – Springer Science: Dordrecht-Heidelberg- London- New York. ISBN 978-90-481-9276-2 e-ISBN 978-90-481-9277-9.
12. Ogg C, Burr C, Klein R, Hansen P, Bauer E, Hygnstrom J. (2013). Cleaning pesticide application equipment. Neb Guide. University of Nebraska, Lincoln Extension, Institute of Agriculture and natural Resources.
13. Papa J.C.; Massaro R. (2005). Herbicida Metsulfurón Metil en Barbechos Químicos. INTA – EEA Oliveros. Información Técnica de Trigo Campaña 2005. Publicación Miscelánea N° 103
14. Petroff R., Johnson G. (2011). Maintenance, Cleaning and Storage of Ground Sprayers. A Self Learning Resource from MSU Extension. MT198917AG Reviewed 2/11. Montana State University.
15. Pringnitz, Brent A. (1997). Sprayer clean- out guidelines. Avoiding crop injury due to contamination. Adapted from materials provided by the University of Missouri. PAT-30. Iowa State University.
16. Raimondo, J. (2007). Mezclas de plaguicidas. Elementos fundamentales para el buen uso de fitoterápicos. Jornadas de actualización. Sociedad Rural de Tucumán.
17. Roettele M., Balsari P., Doruchowski G., Marucco P., Wehmann H.J. (2011). EOS Handbook – Environmentally Optimized Sprayer – Background and Documentation – TOPPS. http://topps-life.org/toppslife/sites/default/files/EOS-Handbook_fin15_3-2011.pdf
18. Topps (2008). Limpieza del Pulverizador. Buenas Prácticas: Mejor Protección del Agua. 15 pág. <http://topps-life.org/toppslife/sites/default/files/Cleaning%20brochure%20ES.pdf>
19. VanGessel M. (1997). Sprayer Clean Out Guidelines.Reducing Crop Injury Due to Herbicide Contamination. College of Agriculture and Natural Resources – Cooperative Extension – Weed Facts N° 8 (WF8). University of Delaware.