

## INFLUENCIA DE ADYUVANTES SOBRE LA ABSORCIÓN Y TRANSLOCACIÓN DE $^{14}\text{C}$ GLIFOSATO EN COQUITO, *Cyperus rotundus* \*

### Influence of some adjuvants on absorption and translocation $^{14}\text{C}$ glyphosate in *Cyperus rotundus*

Guido A. Plaza T. y Cilia L. Fuentes <sup>1</sup>

#### RESUMEN

El uso de aditivos puede mejorar notablemente la homogeneidad de la mezcla del herbicida, la interacción de la actividad del ingrediente activo con la planta objetivo, o ambas características. *Cyperus rotundus* L., es una de las malezas más importantes de las regiones del trópico y subtropical cálido del mundo. El Glifosato dentro de sus características presenta la no selectividad, actividad posemergente y gran movilidad en el interior de las plantas. El uso de adyuvantes (promedio de la actividad del sulfato de amonio, Synperonic A<sub>2</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>20</sub> y Kemkol, aceite diesel y mezclas entre adyuvantes), mejoró la absorción del glifosato en los diferentes tiempos evaluados. Por ejemplo, a las 24 horas, el incremento fue del 2%, a las 48 horas este valor fue cercano al 3% y a las 72 horas fue del 1,8%. Este beneficio se vio reflejado en la calidad del control y en la reducción del número de nuevas macollas producidas por las plantas tratadas. La mezcla de sulfato de amonio y los surfactantes Synperonic A<sub>7</sub> y A<sub>2</sub> mejoró la absorción del glifosato.

**Palabras Claves:** Glyphosate, Adjuvants, *Cyperus rotundus*, # <sup>3</sup> CYPRO.

#### SUMMARY

Additives can improve notably the homogeneity of the herbicide mixture, or the

interaction of the active ingredient with the target plant, or both. *Cyperus rotundus* is one of the most important weeds in the warm tropics and subtropics. Some of the most relevant features of the glyphosate molecule include non-selectivity, postemergent activity and great mobility inside the plants. The use of adjuvants (average activity of ammonium sulphate, Synperonic A<sub>2</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>20</sub> y kemkol, diesel oil and mixtures of adjuvants), improves the absorption of glyphosate at the different intervals evaluated. For example, at 24 hours the increase was 2 %, at 48 hours this value was about 3%, and at 72 hours the increase was 1.8 %. This increase in absorption levels was reflected in the quality of control and in the reduction in the number of new shoots produced by the treated plants. The mixtures of ammonium sulphate and the surfactants Synperonic A<sub>7</sub> and A<sub>2</sub>, improved the absorption of the glyphosate. Glyphosate translocation was not affected by any of the additives. The use of the treatments that include oils, required an emulsifier to establish the mixture and did not present any other groups of the treatment. The results found in this work agree with other reports in the literature.

**Key words:** Glyphosate, Adjuvants, *Cyperus rotundus*, # <sup>3</sup> CYPRO.

#### INTRODUCCION

El efecto de los aditivos en la actividad de los herbicidas se ha estudiado ampliamente. Los aditivos pueden mejorar notablemente la homogeneidad de la mezcla herbicida y/o la interacción del ingrediente activo con la

\* Recibido Febrero de 1997

<sup>1</sup> Profesores, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, A. A. 14490, Santafé de Bogotá.

planta objetivo. Es conocido el mejoramiento en la actividad de herbicidas por la adición de aditivos y se atribuye a complejos procesos de interacción entre el ingrediente activo, el aditivo y la planta objetivo (Holloway y Stock, 1990).

El glifosato es un herbicida desarrollado por Monsanto y entre sus características para resaltar, están la no selectividad, la actividad posemergente y el uso para el control en muchas especies de malezas anuales y perennes (Caseley y Coupland, 1985). Por su parte, el uso de diferentes clases de surfactantes ha permitido la ampliación de la actividad de glifosato hacia un mayor número de especies y, además, ha ayudado a la comprensión de la actividad biológica del herbicida en las plantas (Turner, 1985).

Las formulaciones comerciales de herbicidas y las especificaciones de uso son hechas para dar una aceptable actividad sobre un rango limitado de especies, pero es posible aumentar esta actividad hacia otras especies de plantas, mediante la manipulación de la formulación y de factores de la aplicación, como son la adición de coadyuvantes a la mezcla herbicida (Gaskin y Holloway, 1992).

*Cyperus rotundus* L. es una maleza perenne que crece en regiones del trópico y subtropical cálido del mundo. Su morfología y biología hacen que esta maleza sea de difícil control. La poca penetración de herbicidas al interior de la planta y su baja translocación a las cadenas de rizomas y tubérculos, son algunas de las razones de su pobre control.

En el proceso de desarrollo de los herbicidas, la determinación de dosis comerciales es la respuesta de la investigación en un variado número de especies de malezas. El control de algunas malezas de especial interés requiere, para control, el ajuste de las dosis de herbicidas comerciales.

En general, los aditivos mejoran la absorción y translocación de herbicidas posemergentes. Esto podría reducir las dosis de herbicidas de uso comercial y, así, disminuir el impacto de los agroquímicos en los sistemas de producción agrícola.

Los objetivos propuestos en el presente trabajo fueron :

- Determinar la influencia de aditivos sobre la actividad de glifosato en *Cyperus rotundus*

- Determinar la influencia de surfactantes, aceites y sulfato de amonio sobre la absorción del glifosato en *C. rotundus*

- Determinar la influencia de surfactantes, aceites y sulfato de amonio sobre la translocación del glifosato en *C. rotundus*

- Determinar el efecto aislado y en mezcla de cada uno de los aditivos sobre la actividad del glifosato en *C. rotundus*

## MATERIALES Y METODOS

### ESPECIE VEGETAL

Se establecieron plantas de *C. rotundus*. en el invernadero de vidrio de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia; para este efecto, se colectaron tubérculos de coquito en la zona de El Espinal (Granja Experimental ICANATAIMA). Los tubérculos se seleccionaron por tamaño, para obtener uniformidad al momento de la obtención de plantas. Las plantas se mantuvieron bajo condiciones de invernadero a una temperatura promedio de 27 °C. Cuando; las plantas tuvieron entre 5 a 6 hojas, se realizó la aplicación en la hoja No. 2, considerando la más baja o de mayor edad como la hoja No. 1.

### HERBICIDA

Nombre químico: N-(fosfonometil) glicina .

Nombre técnico: sal de Isopropilamina de glifosato

El glifosato marcado (<sup>14</sup>C glifosato) fue suministrado por la Agencia Internacional de Energía Atómica con una actividad específica de 186  $\mu$  Ci mg<sup>-1</sup>.

**CUADRO 1.** Surfactantes utilizados para los tratamientos.

Surfactantes		Forma Física	HLB
Synperonic A <sub>2</sub>	bajo HLB*	Líquido	C <sub>13</sub> H <sub>27</sub> (OC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> OH
Synperonic A <sub>7</sub>	medio HLB	Gel blanco	C <sub>14</sub> H <sub>29</sub> (OC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>7</sub> OH
Synperonic A <sub>20</sub>	alto HLB	Pasta blanca	C <sub>14</sub> H <sub>29</sub> (OC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>20</sub> OH
Kemkol HLB	no definido	Coloidal	_____

\* HLB = Balance Hidro-lipofílico.

#### ADYUVANTES

Los adyuvantes utilizados fueron de tres clases: Surfactantes no iónicos, los cuales se citan en el cuadro 1. aceites y sulfato de amonio.

- Tejidos por encima de la hoja tratada (TE)
- Tejidos por debajo de la hoja tratada (TA)
- Sistema subterráneo

#### MÉTODOS

##### PREPARACION DE LOS TRATAMIENTOS

Se preparó una solución de glifosato equivalente a 1,5 Kg e.a./200 L de agua. Cada planta se trató con 4 µL que es el equivalente a 0,046 µCi (2,763 x 10<sup>-4</sup> mg) más glifosato no radioactivo, diluido en agua desionizada; la adición del sulfato de amonio o el aceite diesel fue en proporción del 1 % (p/v, v/v) de la mezcla de aplicación.

Los surfactantes Synperonic se usaron en dosis de 0.1% ( p/v y/o v/v ) y Kemkol, en dosis de 0,0125 % ( v/v ), recomendaciones usuales de cada uno de los productos. Los tiempos de evaluación de la absorción y la translocación fueron 24; 48; 72 y 96 horas después de aplicado el tratamiento. Una vez cumplido el tiempo, se cosecharon cada una de las plantas y se evaluó la cantidad de producto que no penetró a la parte interna de la hoja y las cantidad de producto en cada una de las partes de planta, obteniendo las siguientes variables de respuesta:

- Absorción total (%)
- Translocación total (%)
- Translocación hacia diferentes tejidos de la planta (%)
  - Hoja tratada (H.T)

##### TRATAMIENTOS

Para lograr alcanzar los objetivos planteados, se realizaron dos experimentos con los siguientes tratamientos:

##### Primer Experimento:

1. Glifosato + Sulfato de amonio + Synperonic A<sub>2</sub>
2. Glifosato + Sulfato de amonio + Synperonic A<sub>7</sub>
3. Glifosato + Sulfato de amonio + Synperonic A<sub>20</sub>
4. Glifosato + Sulfato de amonio + Kemkol
5. Glifosato + Sulfato de amonio (testigo relativo)
6. Glifosato + Sulfato de amonio + Aceite Diesel + Synperonic A<sub>2</sub>
7. Glifosato + Sulfato de amonio + Aceite Diesel + Synperonic A<sub>7</sub>
8. Glifosato + Sulfato de amonio + Aceite Diesel + Synperonic A<sub>20</sub>
9. Glifosato + Sulfato de amonio + Aceite Diesel + Kemkol
10. Glifosato + Sulfato de amonio + Aceite Diesel (testigo relativo)

11. Glifosato + Aceite Diesel (testigo relativo)
12. Glifosato (testigo absoluto)
13. Glifosato + Kemkol

Los tiempos evaluados en este experimento fueron: 48, 72 y 96 horas después de aplicado (H.D.A.).

#### Segundo Experimento:

1. Glifosato + Synperonic A<sub>2</sub>
2. Glifosato + Synperonic A<sub>7</sub>
3. Glifosato + Synperonic A<sub>20</sub>
4. Glifosato + kemkol
5. Glifosato + Sulfato de amonio + Synperonic A<sub>2</sub>
6. Glifosato + Sulfato de amonio + Synperonic A<sub>7</sub>
7. Glifosato + Sulfato de amonio + Synperonic A<sub>20</sub>
8. Glifosato + Sulfato de amonio + Kemkol
9. Glifosato + Sulfato de amonio (testigo relativo)
10. Glifosato + Aceite Diesel + Synperonic A<sub>2</sub>
11. Glifosato + Aceite Diesel + Synperonic A<sub>7</sub>
12. Glifosato + Aceite Diesel + Synperonic A<sub>20</sub>
13. Glifosato + Aceite Diesel + kemkol
14. Glifosato + Aceite Diesel (testigo relativo)
15. Glifosato (testigo absoluto)

Los tiempos evaluados en este experimento fueron: 24, 48 y 72 horas después de aplicado (H.D.A.).

#### ANALISIS ESTADISTICO

Los experimentos se realizaron bajo un diseño estadístico de bloques completamente al azar en arreglo factorial 3\*13 en el primer experimento y 3\*15 en el segundo expe-

rimento. Cada tratamiento contó con cuatro (4) repeticiones. Los valores originales se transformaron mediante el valor constante raíz de X, para, luego, realizar las pruebas de ANOVA correspondientes. A las variables que resultaron significantes se les realizó prueba de contrastes ortogonales. A los tratamientos comunes en los dos experimentos se les realizó la prueba de homogeneidad de varianzas para cada una de las variables. Para la realización de los contrastes ortogonales se organizaron por grupos de tratamientos. Para el primer experimento los contrastes realizados fueron:

- C1: entre el grupo de tratamientos de T1 a T4 vs. el grupo de Tratamientos de T6 a T9.
- C2: entre el grupo de tratamientos T1 a T4.
- C3: entre los tratamientos del grupo T6 a T9.
- C4: entre los tratamientos T5, T10, T11 vs. T12.
- C5: entre los tratamientos T5, T11 vs. T10.
- C6: entre los tratamientos T5 vs. T11.
- C7: entre los tratamientos T5 vs. T10.
- C8: entre los tratamientos T5 vs. T12.
- C9: entre los tratamientos T11 vs. T12.
- C10 y C11: comportamiento lineal y cuadrático de todos los tratamientos.
- C12 y C13: comportamiento lineal y cuadrático de los tratamientos de los grupos de T1 a T4 y T6 a T9.

Los contrastes ortogonales realizados en el segundo experimento fueron:

- C1: entre el tratamiento Testigo absoluto y los tratamientos con diferentes adyuvantes (T15 con el grupo de tratamientos de T1 a T 14).
- C2: entre los tratamientos del grupo de T1 a T4.
- C3: entre los tratamientos del grupo de T5 a T9.
- C4: entre el grupo de tratamientos de T10 a T14.

- C5: entre los grupos de tratamientos de T1 a T4 vs. T5 a T14.
- C6: entre los grupos de tratamientos de T5 a T9 vs. T10 a T14.
- C7 y C8: comportamiento lineal y cuadrático de todos los tratamientos.
- C9: comportamiento lineal entre el tratamiento testigo absoluto (glifosato solo) con el grupo de tratamientos con uno, dos, o tres clases de adyuvantes (tratamientos de T1 a T14).
- C10: comportamiento lineal entre los grupos de tratamientos T5 a T9 vs. T10 a T14 ( glifosato y cada uno de los diferentes surfactantes, sulfato de amonio o aceite diesel)
- C11: comportamiento cuadrático entre el tratamiento testigo absoluto (glifosato solo) con el grupo de tratamientos con uno, dos, o tres clases de adyuvantes (tratamientos de T1 a T14).
- C12: comportamiento cuadrático entre los grupos de tratamientos T5 a T9 vs. T10 a T14 (glifosato y cada uno de los diferentes surfactantes, sulfato de amonio o aceite diesel).

## RESULTADOS

### PRIMER EXPERIMENTO

#### Absorción Total (%).

Los resultados del análisis estadístico registraron diferencias significativas entre tratamientos y altamente significativas entre lecturas. Al realizar la prueba de contrastes, las significancias se registraron dentro del grupo de los tratamientos T1 a T4. En la figura 1, este grupo de tratamientos, durante las tres evaluaciones, muestran un incremento en el tiempo (de 48 a 96 horas). Dentro de este grupo, el comportamiento de la absorción entre la primera y segunda evaluación (48 a 72 horas) se destaca la respuesta del sulfato de amonio con el Synperonic A<sub>2</sub>, reportando un 11 % más con este surfactante, comparado con la siguiente mejor respuesta (Synperonic A<sub>7</sub>). El comportamiento entre la segunda y tercera evaluación destaca el pronunciado incremento de la mezcla sulfato de amonio con el surfactante Synperonic A<sub>7</sub>, el cual a las 96 horas presenta 14 % más que el grupo de los restantes surfactantes. En las tres lecturas, los valores promedios dentro de este grupo son mayores para el Synperonic A<sub>7</sub> y Synperonic A<sub>2</sub>. ( se pudo observar que el gru-

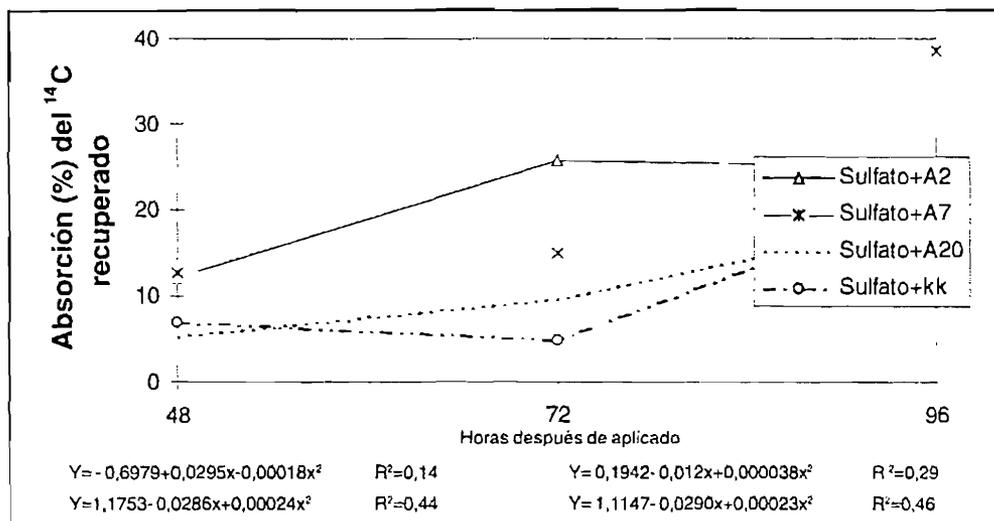


Figura 1. Absorción (%) del glifosato aplicado en mezcla con aditivos ( sulfato de amonio , los Synperonic A<sub>2</sub> , A<sub>7</sub> , A<sub>20</sub> y Kemkol ) a las 48; 72 y 96 H.D.A.

po de los surfactantes lipofílicos incrementaron el valor de absorción en mezcla con el sulfato de amonio en mayor proporción que la mezcla de glifosato con surfactante hidrofílico A<sub>20</sub> y sulfato de amonio solo).

En la figura 2, se observan los valores del grupo de tratamientos que incluyeron aditivos y el tratamiento de glifosato solo. Estos valores en los tres tiempos evaluados son mayores en el grupo de tratamientos que incluyeron aditivos, los cuales explican la significancia estadística obtenida en la prueba de contrastes. Entre las 48 y 72 horas los valores de los dos grupos de tratamientos se incrementan; este incremento en el grupo de glifosato más adyuvantes es del 3 % con respecto al tratamiento de glifosato solo y en la segunda evaluación (72 y 96 horas) los valores del tratamiento de glifosato solo es prácticamente el mismo, a diferencia del comportamiento de los tratamientos del grupo que incluyó aditivos que mantienen el aumento de la absorción, alcanzando un valor del 9 % más con respecto al valor obtenido a las 72 horas y, de 12 % de aumento entre los tiempos 48 a 96 horas.

Estos resultados permiten establecer que la adición de adyuvantes favorece el proceso de absorción del glifosato después de las 72 horas cuando el producto se encuentra en la segunda fase del proceso de absorción o fase lenta.

#### Translocación total (%).

Esta variable, sólo, es significativa para lecturas a nivel del 0,05 %. Al realizar los contrastes de los valores obtenidos, se presentan diferencias estadísticas en el comportamiento lineal y altamente significativo para el comportamiento cuadrático en todo el grupo de tratamientos. Esto permite corroborar la translocación del producto (glifosato) dentro de la planta hasta las 96 horas después de aplicado.

En la figura 3, se observan los diferentes valores de los grupos de tratamientos que incluyeron aditivos (Synperonic A<sub>2</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>20</sub>, Kemkol, sulfato de amonio, aceite diesel y mezclas entre aditivos), y el tratamiento de glifosato solo (testigo absoluto). Las respuestas, al comparar estos grupos de tratamientos, permiten apreciar un comportamiento muy similar entre los grupos de tratamientos du-

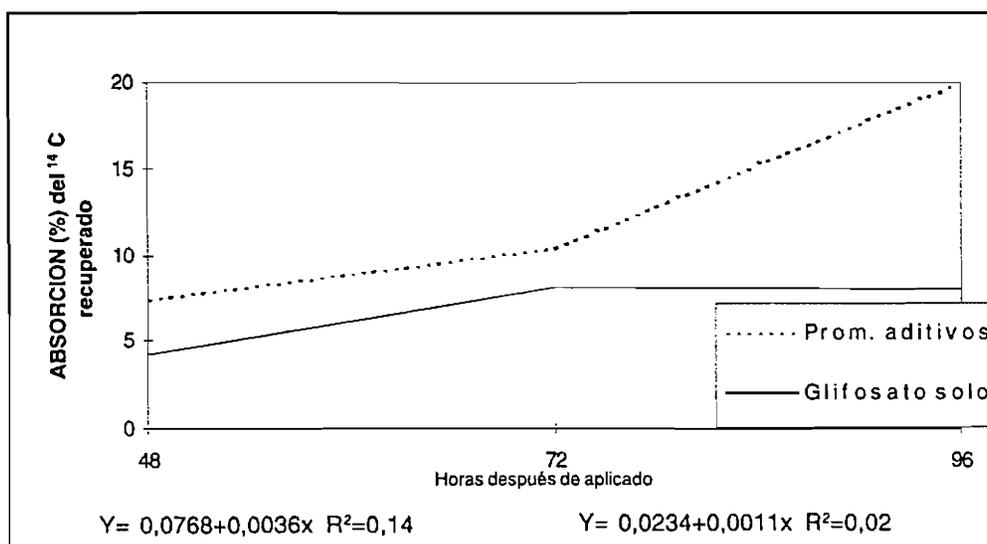
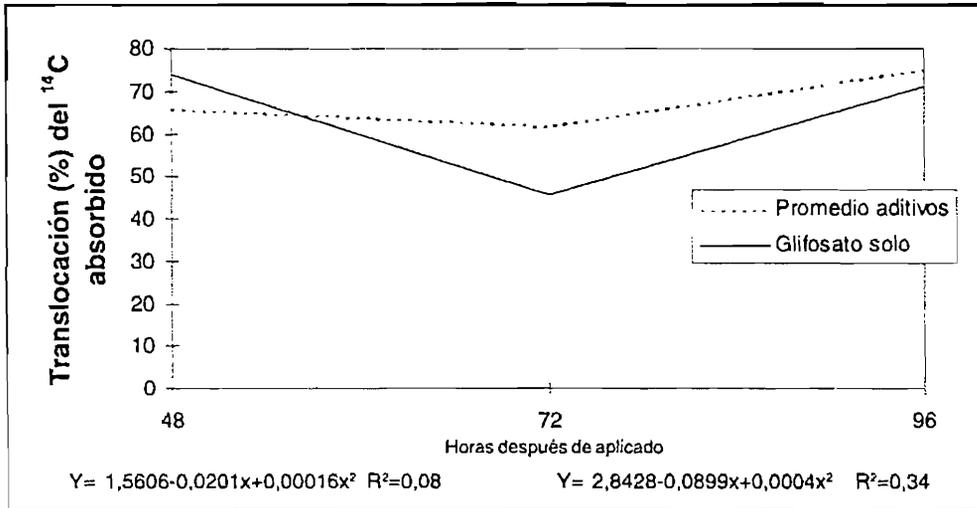


Figura 2. Absorción (%) del glifosato aplicado solo y en mezcla con aditivos (promedio de los aditivos evaluados sulfato de amonio, Snperonic A<sub>2</sub>, A<sub>7</sub> y A<sub>20</sub>, kemkol, aceite diesel y mezclas entre estos aditivos), a las 48; 72 y 96 H.D.A.



**Figura 3.** Translocación (%) del glifosato aplicado solo y en mezcla con aditivos (promedio de los aditivos evaluados sulfato de amonio, Synperonic A<sub>2</sub>, A<sub>7</sub> y A<sub>20</sub>, Kemkol, aceite diesel y mezclas entre estos aditivos), a las 48; 72 y 96 H.D.A.

durante los diferentes tiempos evaluados. Este comportamiento similar de glifosato con y sin aditivos permite establecer que la adición de los diferentes adyuvantes intervienen solamente en el proceso de absorción.

**DISTRIBUCION DEL GLIFOSATO ABSORBIDO EN LOS DIFERENTES TEJIDOS (O PARTES) DE LA PLANTA.**

**Hoja tratada (%)**

La acumulación de <sup>14</sup>C-glifosato en la hoja tratada permite apreciar diferencias significativas de 0,05 % entre los diferentes tiempos evaluados.

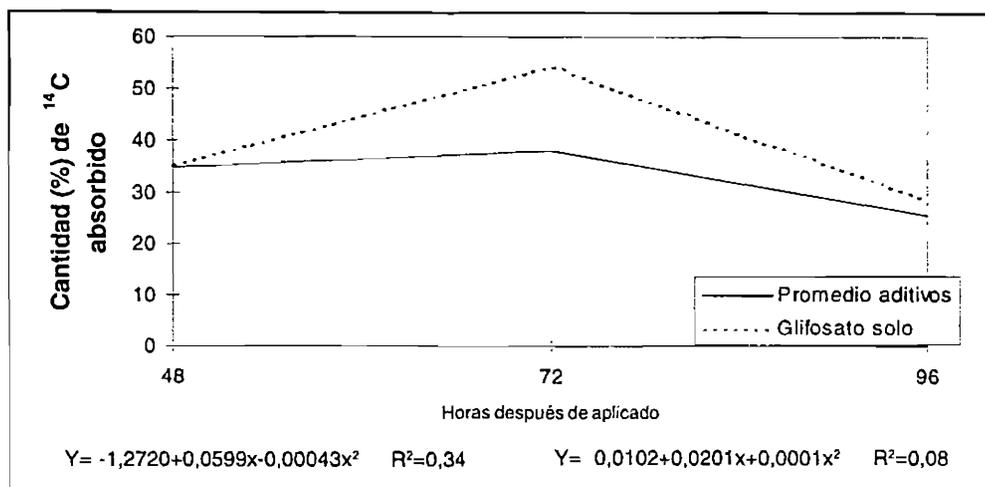
En la figura 4 se observan los valores del grupo de tratamientos que incluyen aditivos y el tratamiento de glifosato solo. En la segunda evaluación se observa una diferencia de 16%, a diferencia de las otras dos evaluaciones donde se aprecian valores similares. Este incremento confirma el efecto de los adyuvantes cuando la absorción del glifosato inicia su fase lenta, (a partir de las 72 horas de aplicado).

La acumulación de glifosato en la hoja tratada se mantiene constante durante las dos primeras evaluaciones (48 y 72 horas); este

valor se reduce aproximadamente en 9% a la tercera evaluación, por efecto del inicio de la fase lenta en el proceso de absorción del producto.

Las respuestas de los valores de acumulación no mostraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos ni entre los diferentes tejidos de la planta.

En términos generales, los aditivos sí incrementaron la absorción del producto y esta tendencia después de las 72 horas de aplicado es mayor. La translocación del producto hacia órganos subterráneos es estimulada por el uso de adyuvantes, pero no estadísticamente significativa. Al comparar los valores obtenidos con el glifosato solo y el grupo de tratamientos con adyuvantes, la translocación del producto en el tratamiento testigo ( glifosato solo ) es menor. La distribución de la cantidad de producto en los diferentes tejidos de la planta en las dos primeras evaluaciones se encontró en mayor cantidad en la hoja tratada. En la tercera evaluación, los tejidos por encima de la hoja tratada presentaron el mayor valor de acumulación. Esto permite sugerir la tendencia de translocación que aparentemente sigue el producto en *C. rotundus* : Hoja tratada a raíz entre las 48 y



**Figura 4.** Acumulación (%) en la Hoja tratada del glifosato aplicado solo y en mezcla con aditivos (promedio de los aditivos evaluados: sulfato de amonio, Synperonic A<sub>2</sub>, A<sub>7</sub> y A<sub>20</sub>, Kemkol, aceite diesel y mezclas entre estos aditivos) a las 48; 72 y 96 H.D.A.

72 horas después de aplicado el producto; y del sistema subterráneo a los tejidos por encima de la hoja tratada entre las 72 a 96 horas después de aplicado el tratamiento.

El comportamiento de los diferentes surfactantes presenta los valores más altos de absorción cuando son mezclados con sulfato de amonio y varía de acuerdo con el tiempo después de aplicado el tratamiento. El comportamiento del surfactante Synperonic A<sub>2</sub> fue el mejor a las 72 horas a diferencia del Synperonic A<sub>7</sub>, el cual presentó el mejor resultado a las 96 horas. Esta diferencia en comportamiento permite establecer la especificidad de uso de cada una de las mezclas.

## SEGUNDO EXPERIMENTO

### Absorción total (%).

El análisis estadístico de esta variable no permite apreciar diferencias significativas entre tratamientos, ni entre lecturas. Sin embargo, al realizar gráficas con los valores de los grupos de tratamientos que incluyeron aditivos (Synperonic A<sub>2</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>20</sub>, Kemkol, sulfato de amonio, aceite diesel y mezclas entre aditivos) y el tratamiento de glifosato solo, se aprecian diferencias. La tendencia de los valores descrita por el grupo de tratamientos que incluyeron adyuvantes, siempre,

es superior en, aproximadamente un 2 % a la curva descrita por los valores del tratamiento de glifosato solo en las tres evaluaciones.

A las 24 y 48 horas, la tendencia del comportamiento de los valores de los tratamientos es mantenerse constante, aunque los valores de la absorción del tratamiento del glifosato solo disminuye en 1 %. Entre la segunda y tercera evaluación (entre 48 y 72 horas), los valores de los tratamiento con adyuvantes se incrementan en 1,5 % y el tratamiento de glifosato solo, en 3 %, aproximadamente. La mayor absorción de glifosato en este experimento se alcanza a las 72 horas con el grupo de tratamientos que incluyen todos los adyuvantes (solos y en mezclas). La diferencia entre los valores de absorción de los dos grupos (glifosato solo y glifosato más aditivos) se mantiene durante todo el experimento.

### Translocación total (%)

El análisis estadístico no permitió apreciar diferencias significativas. Sin embargo, al realizar gráficas con los valores de los grupos de tratamientos que incluyeron aditivos y el tratamiento de glifosato solo en la figura 6, se aprecian algunas diferencias. En la primera evaluación, el grupo de tratamientos que in-

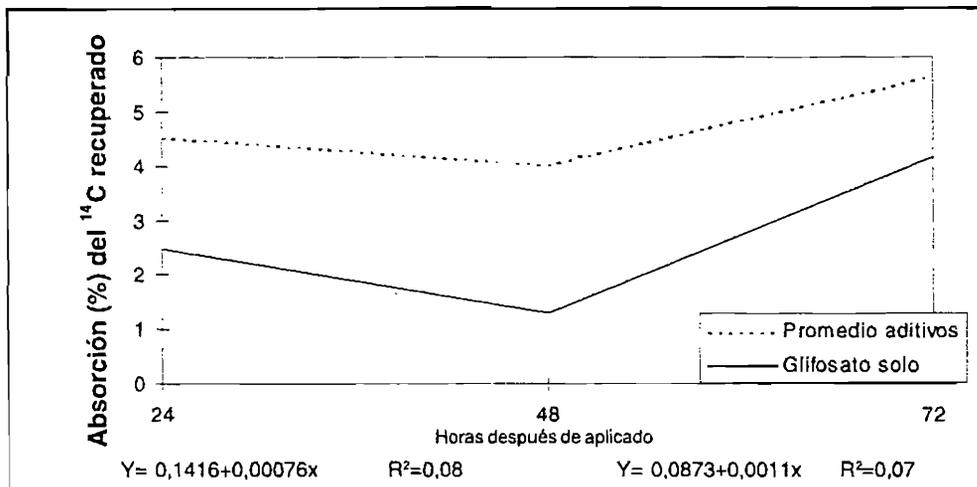


Figura 5. Absorción (%) del glifosato aplicado solo y en mezcla con aditivos (promedio de los aditivos evaluados sulfato de amonio, Synperonic A<sub>2</sub>, A<sub>7</sub> y A<sub>20</sub>, Kemkol, aceite diesel y mezclas entre estos aditivos), a las 24; 48 y 72 H.D.A.

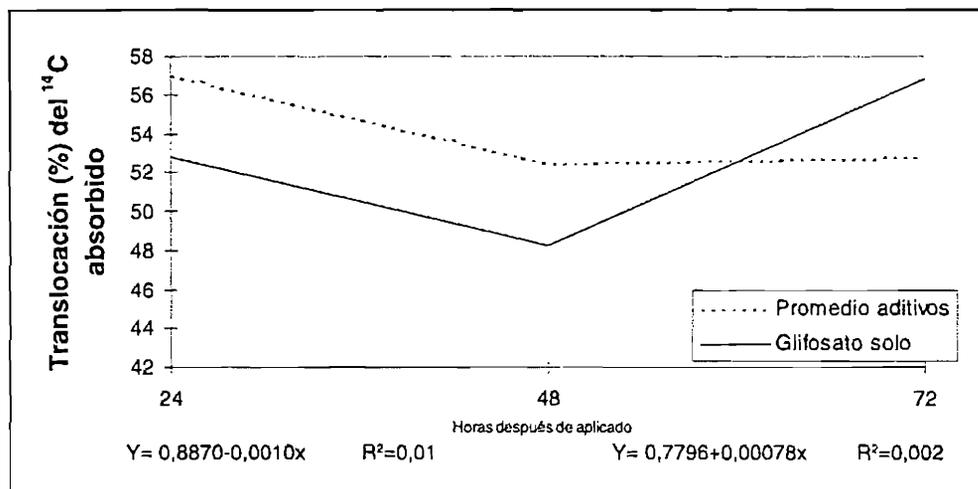


Figura 6. Translocación (%) del glifosato aplicado solo y en mezcla con aditivos (promedio de los aditivos evaluados sulfato de amonio, Synperonic A<sub>2</sub>, A<sub>7</sub> y A<sub>20</sub>, Kemkol, aceite diesel y mezclas entre estos aditivos), a las 24; 48 y 72 H.D.A.

cluyó aditivos es superior en un 5 % y un 4 % para la segunda evaluación. En la tercera evaluación, los valores de los tratamientos que incluyeron adyuvantes se mantuvieron constantes a diferencia del tratamiento de glifosato solo, el cual supera el valor del grupo anterior en un 4 % y alcanza el mayor valor de translocación de todo el experimento.

#### DISTRIBUCION DEL GLIFOSATO ABSORBIDO EN LOS DIFERENTES TEJIDOS (O PARTES) DE LA PLANTA

##### Hoja tratada y tejidos por encima de la hoja tratada

En estas variables no mostraron diferencias significativas en el análisis estadístico realizado.

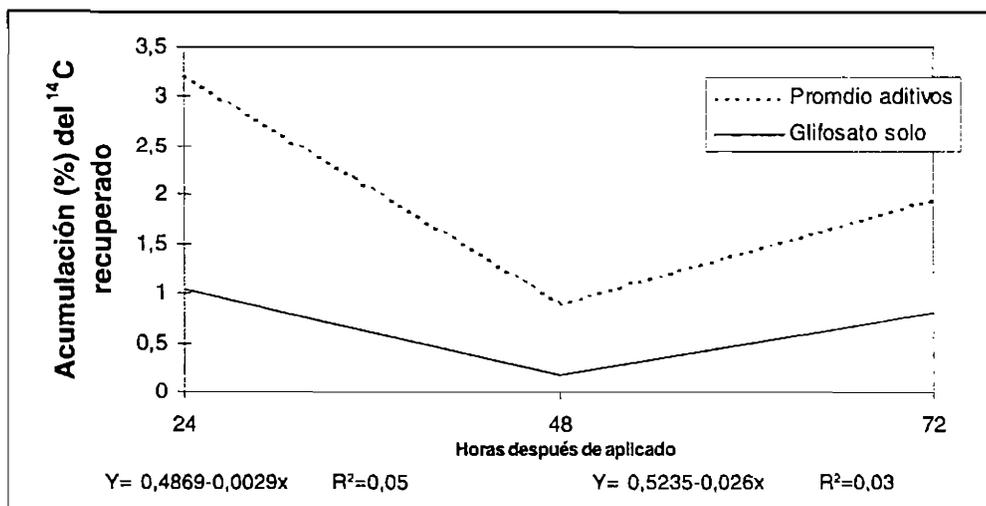


Figura 7. Acumulación (%) en tejidos por debajo de la hoja tratada del glifosato aplicado solo y en mezcla con aditivos (promedio de los aditivos evaluados sulfato de amonio, Synperonic A<sub>2</sub>, A<sub>7</sub> y A<sub>20</sub>, Kemkol, aceite diesel y mezclas entre estos aditivos), a las 24; 48 y 72 H.D.A.

#### Tejidos por debajo de la hoja tratada (TA-HT).

El análisis de varianza permite apreciar diferencias estadísticas en lecturas a nivel del 0,05 %. En la figura 7, se observan los valores del grupo de tratamientos que incluyeron aditivos y el tratamiento de glifosato solo. La curva del grupo de tratamientos que incluyeron aditivos es superior en los tres tiempos evaluados (24; 48 y 72 H.D.A) con respecto a los valores del tratamiento de glifosato solo. Esta tendencia es mayor a las 24 horas en, aproximadamente, en 2 %, menos del 1 % a las 48 horas y 1 % a las 72 horas después de aplicado. Con esta tendencia de acumulación de glifosato en tejidos por debajo de la hoja tratada se interpreta como la translocación es hacia tejidos subterráneos.

#### Tejidos del sistema subterráneo

El análisis de varianza no permite apreciar diferencias estadísticas significativas.

En términos generales, los aditivos sí mejoran la absorción del glifosato, pero esta diferencia no es estadísticamente significativa. El porcentaje de translocación del glifosato no se beneficia con la adición de los diferentes adyuvantes. Sin embargo, el tratamiento

de glifosato con sulfato de amonio solo, presenta en este experimento, la tendencia de mayor translocación del producto en los diferentes tiempos evaluados (a las 48 horas 10 % más que el promedio de los otros tratamientos y a las 72 horas 76 % más que el promedio de los otros tratamientos).

A las lecturas y tratamientos comunes en los dos experimentos a las 48 y 72 horas después de aplicado el producto y los tratamientos de Synperonic A<sub>2</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>20</sub>, Kemkol y sulfato de amonio se les realizó la prueba de homogeneidad de varianzas, resultando no significativa para todas las variables, excepto para el sistema subterráneo.

Para la absorción después de las 48 horas de aplicación del glifosato, el tratamiento glifosato, sulfato de amonio y Synperonic A<sub>7</sub> presentó el mayor porcentaje de absorción de 8,3 %, seguido del tratamiento glifosato, sulfato de amonio y Synperonic A<sub>2</sub> con un 1 % menos. A las 72 horas después de aplicado el glifosato, el tratamiento glifosato y sulfato de amonio presentó el mayor valor de absorción, con 17 %, seguido del tratamiento glifosato, sulfato de amonio y Synperonic A<sub>2</sub> con 13,7 % de absorción (Figura 8).

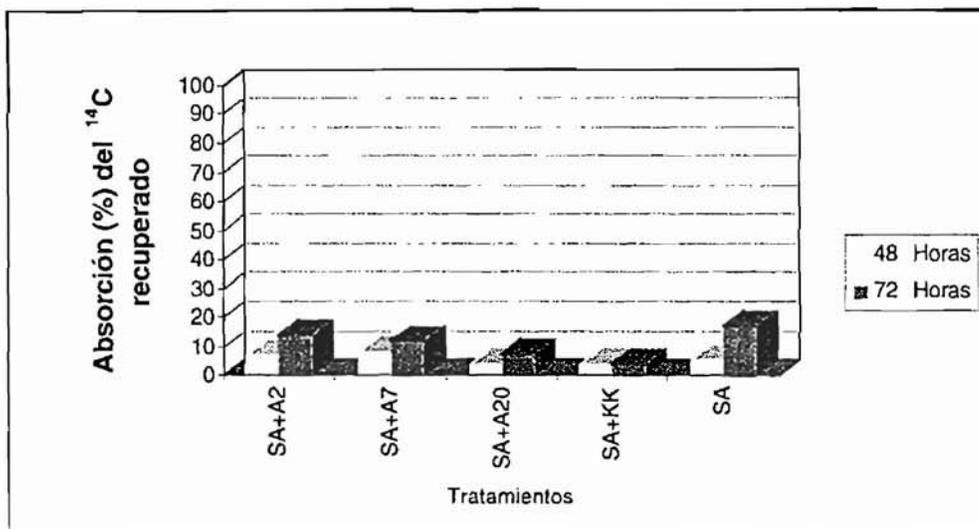


Figura 8. Absorción (%) del glifosato aplicado en mezcla con aditivos (Synperonic A<sub>2</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>20</sub>, Kemkol y sulfato de amonio), a las 48 y 72 H.D.A. en los dos experimentos.

La translocación a las 48 horas después de la aplicación del glifosato presentó en el tratamiento glifosato, sulfato de amonio y Synperonic A<sub>20</sub>, el mayor valor con 75 %, seguido por el tratamiento glifosato sulfato de amonio y Kemkol con un valor de 67 %. A las 72 horas después de aplicado el tratamiento de glifosato, sulfato de amonio y

Kemkol se presentó el mayor valor de translocación con un 62 % para esta evaluación, siendo muy similar el porcentaje de translocación para el tratamiento de glifosato y sulfato de amonio con un 58 % (Figura 9).

En el experimento uno, el comportamiento de glifosato presentó el mayor valor de absorción de 16,46 % a las 72 horas des-

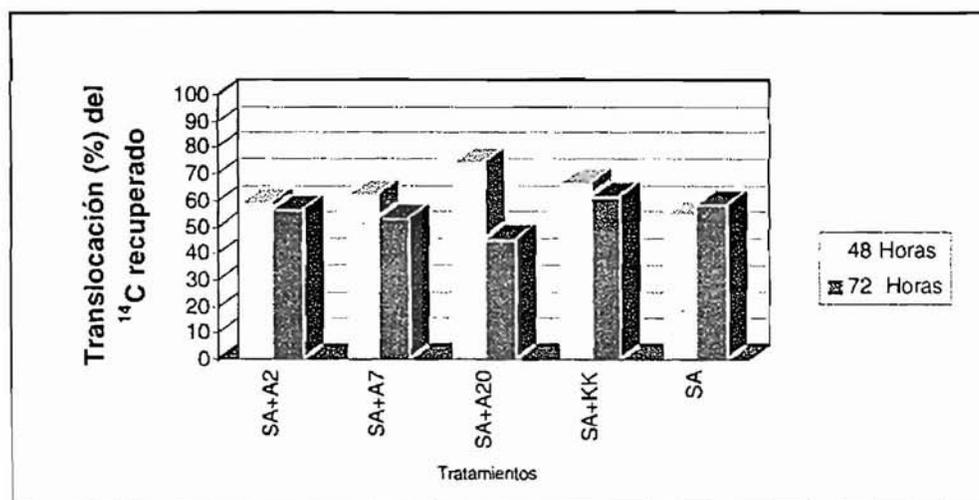


Figura 9. Translocación (%) del glifosato aplicado en mezcla con aditivos (Synperonic A<sub>2</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>20</sub>, Kemkol y sulfato de amonio), a las 48 y 72 H.D.A. en los dos experimentos.

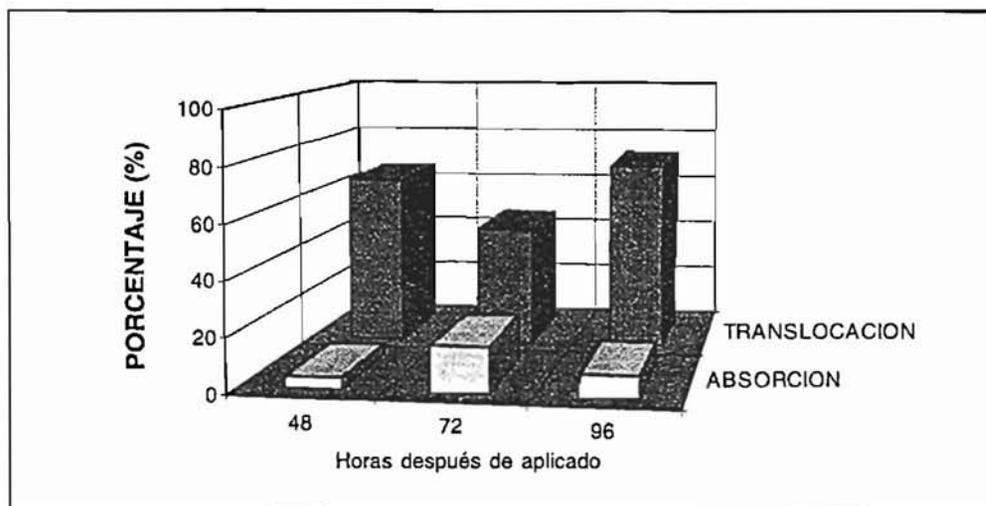


Figura 10. Absorción (%) y Translocación (%) del glifosato en el experimento 1 a las 48; 72 y 96 H.D.A..

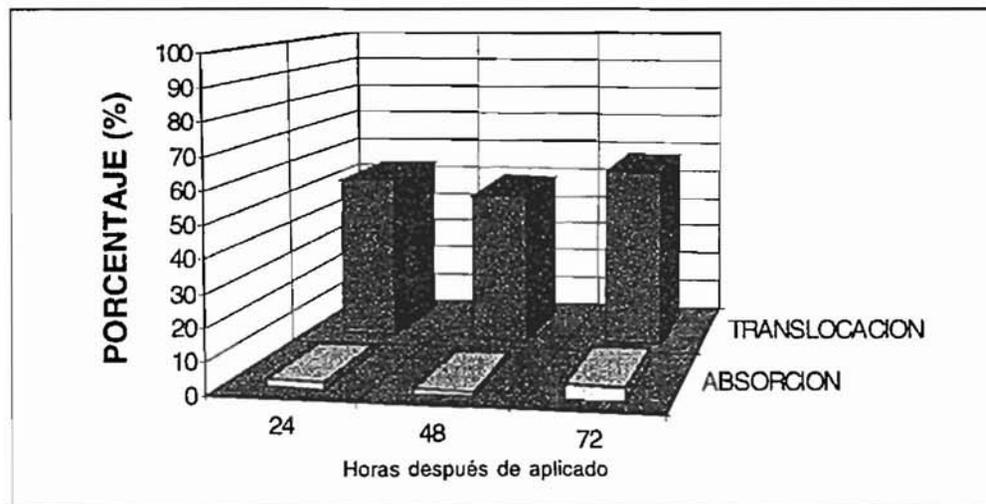


Figura 11. Absorción (%) y Translocación (%) del glifosato en el experimento 2 a las 24; 48 y 72 H.D.A..

pués de aplicado. La translocación presentó el mayor valor de 71,3 % a las 96 horas después de aplicado (Figura 10).

En el experimento dos, el comportamiento de glifosato presentó el mayor valor de absorción de 4,16 % a las 72 horas después de aplicado. La translocación presentó el mayor valor de 56,86 % a las 72 horas después de aplicado (Figura 11).

En los dos experimentos, el comportamiento del glifosato permite apreciar incremento en el porcentaje de absorción a partir de las 24 horas después de aplicado, hasta alcanzar el máximo valor a las 72 horas, para, luego, disminuir a las 96 horas después de aplicado. Esta tendencia coincide con los reportes de la literatura, donde se explican las fases del comportamiento del glifosato.

## DISCUSION

Los resultados obtenidos en este trabajo confirman el comportamiento del glifosato como producto que se absorbe por vía foliar en las plantas y se transloca hacia el sistema subterráneo (Caseley y Coupland, 1985).

La literatura reporta que el glifosato no sigue un patrón de absorción lineal, y este proceso varía y depende de las condiciones ambientales. Caseley y Coupland (1985) reportan la influencia de la temperatura como catalizador de las reacciones bioquímicas de las plantas, afectando su desarrollo y manifestándose, por ejemplo, en el desarrollo de la cutícula, áreas y morfología de las hojas. Igualmente, el aumento de la temperatura afecta la absorción y translocación del herbicida al incrementar la actividad metabólica (incrementos en las tasas de transpiración y subsecuente movimiento apoplástico). La eficiente translocación de asimilados es, también, esencial en el movimiento de herbicidas móviles por el floema, como el glifosato (Caseley y Coupland, 1985).

Caseley y Coupland (1985) reportan, igualmente, el efecto de la luz en el comportamiento del glifosato. Altas intensidades lumínicas causan mayor daño del glifosato que las bajas intensidades, por incrementar la acumulación del herbicida en las zonas no tratadas de las hojas (Schultz y Burnside, 1980). Sin embargo, se han encontrado niveles de daño mayores con bajas intensidades de luz, lo cual se ha relacionado con los cambios morfológicos en la naturaleza de las hojas, especialmente en el desarrollo de cutícula (Caseley y Coupland, 1985). Los presentes ensayos se desarrollaron bajo condiciones de invernadero buscando incrementar la temperatura y tener condiciones óptimas para el crecimiento de *Cyperus rotundus* L.

Caseley y Coupland (1985) analizaron el proceso de absorción del glifosato y determinaron una fase inicial rápida de gran absorción, seguida por una fase de absorción lenta; la duración de cada una de estas fases depende, entre otros factores de las condiciones en las cuales se desarrolla la planta. En el

presente trabajo, la fase rápida estaría comprendida durante las primeras 72 horas después de la aplicación y, por su parte, la fase lenta estuvo comprendida a partir de las 72 horas después de aplicado el producto.

La translocación del glifosato presentó, desde la primera evaluación (24 H.D.A.), con un valor aproximado del 55 %. Los valores de absorción a las 96 horas es de, aproximadamente, de 73 %. El proceso de translocación se presentó en el sentido de acumulación del producto en el sistema subterráneo, siendo los rizomas y tubérculos los sitios de mayor acumulación de carbohidratos e induciendo la translocación del glifosato hacia estos órganos de almacenamiento. Los valores de los tratamientos con o sin uso de adyuvantes no mostraron diferencias en la translocación del glifosato. Gaskin (1990), comenta que el aumento en la actividad del herbicida con el uso de adyuvantes está asociado con el mejoramiento de la penetración foliar.

El uso de adyuvantes mejoró la absorción del glifosato. Es, así como, a las 24 horas después de la aplicación, los tratamientos con uso de aditivos permitieron la penetración de 30,6 g de i.a. más del glifosato/ha que en el tratamiento sin el uso adicional de aditivos. El incremento, a las 48 horas, es de 43,8 g de i.a./ha más que el tratamiento sin el uso de aditivos (glifosato solo) y, a las 72 horas, este valor fue de 28 g de i.a./ha más con respecto al tratamiento sin el uso de aditivos. Este beneficio se vería reflejado en la calidad del control de las plantas y en la reducción del número de nuevos brotes producidos por las plantas tratadas.

Los aditivos que mejoraron la absorción del glifosato fueron sulfato de amonio y el grupo de surfactantes lipofílicos. La literatura permite apreciar diversidad de respuestas de interacción entre el glifosato y el grupo de los surfactantes Synperonic. Mahamad y Dzoikhifli (1995) dejan ver a los surfactantes hidrofílicos como la mejor interacción con el glifosato, incrementando significativamente el proceso de absorción. Swamy (1995), en trabajos desarrollados en India reporta, como mejor interacción la mezcla de glifosato con

el Synperonic A<sub>7</sub>, El mejoramiento de la actividad del glifosato al adicionar sulfato de amonio se reporta en la literatura desde la década del 70 (Wills *et al*, 1973a). Turner y Loader (1980) reportan la interacción entre el sulfato de amonio y diferentes tipos de surfactantes. Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que la mejor mezcla a las 48 horas fue la obtenida con glifosato, sulfato de amonio y Synperonic A<sub>2</sub> y, a las 72 horas, con la mezcla glifosato, sulfato de amonio y Synperonic A<sub>7</sub>. Estas respuestas de interacción entre aditivos (sulfato de amonio y surfactantes) comparten lo reportado en la literatura (Caseley y Coupland, 1985).

Aparentemente, el sulfato de amonio no afecta la translocación de manera directa, pero, en algunos trabajos, como el de Turner (1985), se reportan aumentos en el movimiento del <sup>14</sup>C marcado a partir del sitio de entrada, pero más por incrementos en la absorción del producto que por incrementos en la translocación del mismo.

El efecto del sulfato de amonio en el comportamiento de glifosato es sobre el proceso de absorción del producto, al actuar como humectador. Suwanketnikom (1995) encontró, en sus trabajos en Tailandia un ligero incremento en la respuesta de la absorción con el uso de la mezcla Synperonic A<sub>2</sub> con sulfato de amonio, pero la diferencia no alcanza niveles de significancia.

Los tratamientos que incluyeron aceite no mostraron beneficios respecto, por ejemplo, al sulfato de amonio. Uno de los inconvenientes del uso de este tipo de adyuvantes es la no formación de soluciones estables al momento de preparar y aplicar la mezcla de aspersión. Esta característica es un inconveniente que impide apreciar los beneficios de este grupo de aditivos (Turner, 1985). Sin embargo, se puede adicionar un surfactante de tipo emulsificante o usar un aceite agrícola emulsificador, con el fin de obtener una mezcla de aspersión más estable. La respuesta de esta interacción no permite aclarar si el efecto es debido al aceite por sí mismo o es debido al emulsificador (Turner, 1985). Mahamid y Dzolkhifli (1995) informan el incremento en los valores de absorción con el

uso de la mezcla aceite y Synperonic A<sub>2</sub>, A<sub>7</sub> y A<sub>20</sub>, a diferencia del proceso de translocación, el cual no se incrementó.

El comportamiento de los diferentes tratamientos depende de manera directa de la estructura anatómica de las hojas de *C. rotundus*. La lámina de las hojas del coquito tiene de 5 a 20 cm de longitud. Es de color verde oscuro y glabra. La anatomía de la superficie adaxial de las hojas esta conformada por filas paralelas de células epidermales cubiertas por una prominente cutícula cerosa que de manera directa interviene en el proceso de absorción del producto. Otra de las características de la superficie de la hoja es la poca presencia de estomas (Wills *et al*, 1987). La conformación de las ceras epicuticulares de la superficie de las hojas de *C. rotundus* es 82 % de compuestos no polares y 17 % de compuestos polares. La hidratación de la cutícula producida por el sulfato de amonio ayuda a la penetración del glifosato (Mcwhorter, 1985). Los surfactantes con características lipofílicas penetran más fácilmente las cutículas (Mcwhorter, 1985). La mezcla de estos dos tipos de aditivos permitió encontrar las mejores respuestas para este trabajo.

## CONCLUSIONES

De los resultados de este trabajo, se pueden obtener las siguientes conclusiones.

-El grupo de aditivos ( sulfato de amonio y los surfactantes lipofílicos Synperonic A<sub>2</sub> y Synperonic A<sub>7</sub> ) mejoraron la absorción del glifosato.

-La translocación no se incrementa con el uso de los diferentes adyuvantes.

-Los tratamientos que incluyeron aceite diesel no presentaron ventajas comparativas con respecto a los otros grupos de aditivos solos o en mezclas.

- Teniendo en cuenta la totalidad de los tratamientos y de las lecturas, la oscilación de absorción para los diferentes tratamientos estuvo entre el 1,5 y el 38 %.

-Mezclas con más de un aditivo no presentan incrementos en el comportamiento del glifosato.

## BIBLIOGRAFIA

**CASELEY, J. D. C. Y COUPLAND, D.** 1985. Environmental and Plant Factors affecting Glyphosate uptake, movement and activity. pp. 92-124 *In* : The Herbicide Glyphosate. E. Grossbard y D. Atkinson (Eds.). Butterworths.

**GASKIN, R.** 1990. Effects of Physico Chemical properties of some Polyethylene Surfactans on the uptake of Foliage-applied Glyphosate. Project report for the Msc Degree in Crop Protection Awarded in 1990 by University of Bristol.

**HOLLOWAY, P. J. Y STOCK, D.** 1990. *In* Industrial applications of surfactans II (Ed.) D.R. Karsa Special Publications No 77, Royal Society of Chemistry, Cambridge, pp 303-337.

**MCWHORTER, C. G.** 1985. The Physiological effects of Adjuvants on Plants. *In*: Weed Physiology, Vol II Herbicide Physiology, S.O. Duke (Ed.) pp 141-158. CRC PRESS Inc., Boca Raton:

**MOHAMAD, R. Y DZOLKHIFLI, O.** 1995. Influence of surfactants on the Penetration and translocation of glyphosate in *C. rotundus* L. FAO/IAEA Research coordination meeting on "the use of isotopic tracers in studies on herbicide performance on grasses and sedges" Bangkok, Thailand.

**SCHULTZ, M. E. Y BURSIDE, O.C.** 1980. Absorption, translocation and metabolism of 2,4-D and glyphosate in hemp doybane (*Apocynum cannabinum*), *Weed Science* 28: 13-20.

**SUWANKETNIKOM, R.** 1995. The effect of adjuvants on glyphosate activity in purple nutsedge. O/IAEA Research coordination meeting on "the use of isotopic tracers in studies on herbicide performance on grasses and sedges" Bangkok, Thailand.

**SWAMY, P. M.** 1995. Studies on the performance of <sup>14</sup>C glyphosate (N-phosphonomethyl glycine) in the control of graminaceous weeds in rice fields. O/IAEA Research coordination meeting on "the use of isotopic tracers in studies on herbicide performance on grasses and sedges" Bangkok, Thailand.

**TURNER, D.J. Y LOADER, M. P. C.** 1980. Effect of ammonium sulphate and other additives on the phytotoxicity of glyphosate to *Agropyron repens* (L.) Beauv., *Weed Research* 20: 139-146

**TURNER, D. J.** 1985. Effects on Glyphosate Performance of Formulation, Additives and Mixing with other Herbicide. pp. 221-240 *In*: The Herbicide Glyphosate. E. Grossbard y D. Atkinson, (Ed.). Butterworths.

**WILLS, G. D.** 1978. Factors affecting the toxicity and translocation of glyphosate on cotton (*Gossypium hirsutum*). *Weed Science* 26: 509-513.