

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

SELECTIVIDAD DE SULFONILUREAS EN SOJA STS

por

**Facundo LUSSICH RACHETTI
Rodrigo SUZACQ ACEVEDO**

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2013**

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. Grisel Fernández

Ing. Agr. Juana Villalba

Ing. Agr. Amalia Belgeri

Fecha: 20 de diciembre del 2013

Autor: -----

Facundo Lussich

Rodrigo Suzacq

AGRADECIMIENTOS

A Grisel Fernández y Lorena Scaglia por su apoyo, dedicación y compromiso brindado a lo largo de toda la tesis. A todos aquellos compañeros que nos brindaron ayuda incondicional en la realización de la misma. A Facultad de Agronomía y los departamentos de Proveduría, Biblioteca y Bedelías.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 MANEJO DE MALEZAS EN SOJA.....	3
2.2 HERBICIDAS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO.....	4
2.2.1 <u>Glifosato</u>	4
2.2.2 <u>Sulfonilureas</u>	5
2.2.2.1 Clorimuron.....	6
2.2.2.2 Clorsulfuron.....	7
2.2.2.3 Metsulfuron.....	8
2.2.2.4 Finesse.....	9
2.3 TOLERANCIA DE LA SOJA A LOS HERBICIDAS UTILIZADOS.....	10
2.3.1 <u>Glifosato</u>	10
2.3.2 <u>Clorimuron</u>	11
2.3.3 <u>Clorsulfuron</u>	13
2.3.4 <u>Metsulfuron</u>	14
2.4 SOJA STS.....	15
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	17
3.1 UBICACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DEL EXPERIMENTO.....	17
3.2 TRATAMIENTOS Y METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN.....	17
3.3 DETERMINACIONES.....	20
3.3.1 Determinaciones en estado vegetativo.....	20
3.3.2 Determinaciones en estado reproductivo.....	21
3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	22
3.5 CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE EL PERÍODO EXPERIMENTAL.....	25
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	26
4.1 SELECTIVIDAD DE LOS TRATAMIENTOS DE BARBECHO.....	26

4.1.1 <u>Variables vegetativas</u>	26
4.1.2 <u>Variables reproductivas</u>	32
4.1.3. Consideraciones generales en relación a los tratamientos de barbecho.....	34
4.2 SELECTIVIDAD DE LOS TRATAMIENTOS EN CULTIVO.....	36
4.2.1 <u>Variables vegetativas</u>	36
4.2.2 <u>Variables reproductivas</u>	53
5. <u>CONCLUSIONES</u>	58
6. <u>RESUMEN</u>	59
7. <u>SUMMARY</u>	60
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	61

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción de los tratamientos.....	19
2. Cuadrados medios de los errores para la variable rendimiento.....	22
3. Efecto de los tratamientos de barbecho sobre las alturas a campo.....	27
4. Efecto de los tratamientos de barbecho sobre las alturas medidas en laboratorio.....	28
5. Efecto del tratamiento de barbecho sobre el estado de desarrollo medido en laboratorio.....	30
6. Efecto del tratamiento de barbecho sobre el estado de desarrollo medido a campo.....	30
7. Efecto del tratamiento de barbecho sobre el porcentaje de cobertura.....	31
8. Efecto del tratamiento de barbecho sobre el porcentaje de síntomas.....	31
9. Efecto del tratamiento de barbecho en el número de granos por m ²	32
10. Efecto del tratamiento en cultivo sobre la altura a campo.....	37
11. Efecto del tratamiento en cultivo sobre la altura a laboratorio.....	39
12. Efecto del tratamiento en cultivo sobre el peso fresco.....	41
13. Efecto del tratamiento en cultivo sobre el peso seco.....	42
14. Efecto de los tratamientos en cultivo sobre el estado de desarrollo determinado en laboratorio.....	44
15. Efecto de los tratamientos en cultivo sobre el estado de desarrollo determinado en laboratorio.....	45
16. Efecto de los tratamientos en cultivo sobre el porcentaje de cobertura.....	46
17. Efecto de los tratamientos en cultivo sobre el porcentaje de síntomas.....	50
18. Efecto del tratamiento en cultivo sobre el número de vainas por planta.....	53
19. Efecto del tratamiento en cultivo sobre el número de granos por m ²	55
Figura No.	
1. Estructura química del clorimuron.....	7
2. Estructura química del clorsulfuron.....	8
3. Estructura química del metsulfuron.....	9
4. Croquis del experimento.....	24
5. Temperatura y precipitaciones históricas y del período según mes.....	25
6. Efecto del tratamiento de barbecho sobre la clorofila.....	29

7. Efecto del tratamiento de barbecho sobre el rendimiento.....	33
8. Interacción tratamiento de barbecho x tratamiento en cultivo para la variable altura 11 de enero medida en laboratorio.....	40
9. Efecto del tratamiento en cultivo sobre la clorofila A y B.....	43
10. Interacción tratamiento de barbecho x tratamiento en cultivo para la variable porcentaje de cobertura el 11 de enero.....	47
11. Interacción tratamiento de barbecho x tratamiento en cultivo para la variable porcentaje de cobertura el 20 de enero.....	48
12. Interacción tratamiento de barbecho x tratamiento en cultivo para la variable porcentaje de cobertura el 12 de marzo.....	49
13. Foto representando daño en parcela para los tratamientos 7, 4, 8 y 1.....	51
14. Foto con hojas con clorosis y necrosis debido a las sulfonilureas.....	52
15. Foto con nevaduras del envés con coloraciones violáceas.....	52
16. Efecto del tratamiento en cultivo sobre peso de mil granos.....	54
17. Efecto del tratamiento en cultivo sobre rendimiento en grano.....	56

1. INTRODUCCIÓN

El uso generalizado de la soja transgénica resistente a glifosato (soja RR) ha llevado a que la mayoría de productores y empresas agrícolas del país usaran este herbicida reiterada e indiscriminadamente como estrategia de manejo para el control de malezas tanto en barbecho como durante el cultivo de soja. Como consecuencia de este uso frecuente, y probablemente a desajustes en las dosis aplicadas, ha ocurrido un incremento en el número de especies tolerantes y surgen sospechas de resistencia a glifosato.

Esto motivó además que incrementaran los casos de fallas con las aplicaciones de este herbicida, lo que llevó a que, en primer término, se aumentara el número de aplicaciones acrecentando aún más la presión de selección sobre malezas.

Como alternativa más efectiva se empezó a utilizar otros herbicidas con diferentes mecanismos de acción con el fin de disminuir o complementar el uso de glifosato (Johnson et al., citados por Procópio et al., 2006). Una de las alternativas más frecuentes fue el uso de sulfonilureas tanto en el barbecho como en el cultivo debido a su amplio espectro de acción, gran residualidad, bajo precio y baja toxicidad para animales (Vanlieshout y Loux, citados por Procópio et al., 2006).

Sin embargo, la investigación ha mostrado que las aplicaciones de sulfonilureas en barbecho requieren un importante intervalo antes de la siembra, lo que hace esta práctica muy poco flexible y riesgosa. Por otra parte, se encontró diferencia varietal en cuanto a la tolerancia de la soja frente a las sulfonilureas que pueden ser utilizadas en el cultivo. Con el fin de subsanar estos problemas salieron al mercado las sojas STS (Sulfonylurea-Tolerant Soybean). Estas variedades podrían permitir menores intervalos aplicación-siembra y mejorar los problemas de susceptibilidad en cultivo. A su vez, debido a su residualidad, las aplicaciones en barbecho mantendrían el cultivo limpio durante un período considerable disminuyendo así el riesgo de pérdidas de rendimiento por efecto de interferencia de malezas.

En Uruguay, se disponibilizaron variedades STS a los productores sin una clara recomendación en relación al intervalo de tiempo seguro entre aplicación y siembra en el caso de aplicaciones de sulfonilureas en barbecho. En consideración del riesgo que pudiera tener el manejo errado de estos herbicidas en barbecho para soja, se entendió de interés realizar estudios pertinentes. El presente trabajo tuvo por objetivo determinar el efecto de la aplicación de un herbicida sulfonilurea en barbecho en distintos intervalos pre siembra, así como también de un herbicida sulfonilurea en pre emergencia y tres

herbicidas sulfonilureas en post emergencia de cultivo en el único cultivar de soja STS disponible en el país hasta el momento.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. MANEJO DE MALEZAS EN SOJA

Los efectos adversos de las malezas en cultivo son denominados interferencias. Los efectos de dicha interferencia son resultado de la competencia por nutrientes, agua, espacio y luz en el ambiente, o sino por la producción de compuestos químicos y/o alelopáticos que afectan el crecimiento (Ríos, 2006b).

Numerosos experimentos demuestran que la interferencia por malezas en soja puede causar un 50% o más de pérdidas de rendimiento ya sea por competencia con el cultivo por los factores mencionados anteriormente y/o por pérdidas que se generan en la cosecha (Cassarino, Astaziarán, Ceretta, Belgeri y Caulin, citados por Bozzo de Brum, 2010).

El nivel de las pérdidas de rendimiento y cosecha demuestra la necesidad del control de malezas en el cultivo. Al presente, en el país, la totalidad del área de soja se controla con métodos químicos a través del uso de herbicidas.

En el control químico resultan de suma importancia la consideración de los aspectos relacionados al momento, espectro y residualidad en el control de malezas (Dew, Hagood et al., O'Donovan et al., citados por Swanton et al., 2008).

El período crítico para el control de malezas se define como el intervalo de tiempo en el que se debe mantener el ambiente libre de malezas de tal manera de minimizar las pérdidas de rendimiento en el cultivo (Knezevic et al., citados por Swanton et al., 2008). Existe una relación directa entre el tiempo en el que el cultivo está enmalezado y las pérdidas de rendimiento, a mayor tiempo de interferencia mayores pérdidas de rendimiento (Swanton et al., 2008). Van Acker et al., citados por Swanton et al. (2008) situaron el período crítico de control de malezas desde V1 hasta V3 en sus experimentos en 1993 en sistema de laboreo convencional.

Por su parte, Chandler et al. (2001) realizaron experimentos en los que se mantuvo limpio el cultivo hasta V1, V2 o V3 en los cuales el rendimiento no disminuyó comparado con un testigo limpio. Sin embargo, cuando se controló hasta V3 tampoco quedaron semillas de las malezas en el suelo a diferencia del control hasta V1. En estos mismos experimentos, en el tratamiento en el que no se controló malezas durante todo el ciclo del cultivo, los rendimientos disminuyeron un 33% con respecto al testigo limpio. Todo esto demuestra que los momentos de control de malezas en soja deben realizarse

muy tempranamente, lo cual hace de los herbicidas de pre emergencia una muy buena opción. También, los controles tempranos muestran la importancia de tener residualidad en los tratamientos de herbicidas en soja, más aun considerando que la mayor parte del rendimiento se define en etapas tardías (R1-R3) cuando debe asegurarse que no exista competencia alguna por recursos.

Por otra parte, en consideración de los altos niveles de pérdida esperables por el efecto de la interferencia de malezas en soja resulta fácil comprender la necesidad de lograr controles de alta efectividad, para lo que será necesaria la utilización de tratamientos que aseguren, además del control de amplio espectro, el control de todas las especies presentes.

En consideración de lo mencionado, es claro que la utilización exclusiva de glifosato en el cultivo de soja, inclusive sin considerar los riesgos de la generación de resistencias, resulta poco apropiada. La utilización de glifosatos en combinación con herbicidas residuales en la pre emergencia y/o post emergencia temprano ha sido comprobada como alternativas ventajosas a la utilización de glifosato solo (Durán et al., 2007).

Entre los herbicidas que pueden ser combinados con el glifosato para manejos tempranos, residuales, y de amplio espectro ha sido propuesta la utilización de sulfonilureas en el barbecho cercano a la siembra y también en post emergencia temprana. Se detallan a continuación características tanto de glifosato como de los herbicidas del grupo de las sulfonilureas estudiadas en el presente trabajo.

2.2. HERBICIDAS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO

2.2.1. Glifosato

El glifosato es un herbicida perteneciente a la familia de las glicinas cuyo mecanismo de acción es la inhibición de la enzima EPSP sintetasa, afectando la síntesis de los aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina y triptófano; esenciales para la síntesis de proteínas y división celular de las plantas (Rodrigues et al., citados por Agostinetto et al., 2009).

Es un herbicida no selectivo de post-emergencia y de rápida translocación una vez absorbido por las hojas (Britt et al., 2003).

Debido a su modo de acción el glifosato es muy efectivo para la mayoría de las gramíneas anuales y perennes, así como para hojas anchas. Otras ventajas del glifosato es que es relativamente barato, y de extremadamente baja toxicidad para mamíferos,

aves y peces. De hecho, el glifosato al tocar el suelo se une rápidamente al mismo evitando que sea lixiviado y es biodegradado por bacterias presentes en el medio (Atkinson, Malik et al., citados por Delannay et al., 1995). Por lo tanto, si bien el glifosato posee la gran ventaja de ser de muy amplio espectro de acción, tiene como desventaja que al tocar el suelo se inactiva siendo entonces de nula residualidad.

El glifosato es formulado como sales IPA, amónicas, di amónicas, potásicas y dimetilamina y contiene en general adyuvantes. En general, el producto formulado es más tóxico que el ingrediente activo por sí solo (Britt et al., 2003).

Los sistemas de producción bajo siembra directa dependen exclusivamente de la aplicación de herbicidas (Martin y Wicks, citados por Corrigan et al., 2000).

Según Albrecht et al. (2012c), en Brasil la aparición de la soja transgénica resistente al Roundup (soja RR) incrementó fuertemente el número de aplicaciones de glifosato, sumando varias aplicaciones en cultivo a las realizadas en barbecho. De esta manera se aumentó la presión de selección por malezas tolerantes provocando un aumento en las dosis utilizadas para poder controlarlas. Los mismos autores sostienen que fue este aumento en las dosis, junto a aplicaciones de glifosato en estados fenológicos avanzados, lo que llevó también al aumento de casos de fitotoxicidad de este herbicida en soja. En un estudio llevado a cabo por Ríos et al. (2006a) se presentan datos de la utilización de glifosato promedio en chacras de soja es aproximadamente 10 L.ha^{-1} , el doble que en maíz y sorgo.

Este herbicida es utilizado en el cultivo de soja durante la etapa de barbecho y en cultivo, y al presente prácticamente en todas las situaciones en mezclas con herbicidas para ampliar espectro y/o otorgar residualidad al tratamiento.

2.2.2. Sulfonilureas

Las sulfonilureas son un grupo de herbicidas cuyo primer principio activo fue descubierto en 1980 (Parry, citado por FAO, 1993). Son un grupo de herbicidas que se caracterizan por ser de amplio espectro de acción en el control de malezas a muy bajas dosis (de 2 a 75 g.ha^{-1}), tener buena selectividad y baja toxicidad en mamíferos (Brown, 1990).

El mismo autor sostiene que estos herbicidas actúan inhibiendo la enzima acetolactato sintasa (ALS) bloqueando la biosíntesis de los aminoácidos valina, leucina e isoleucina. Esto provoca la rápida interrupción del crecimiento y división celular. Las sulfonilureas al ser inhibidores muy específicos de la ALS no presentan peligro de

toxicidad para animales, ya que estos no poseen el sitio de acción de la acetolactato sintasa. A su vez, estos herbicidas no se bio-acumulan en organismos que no sean el blanco de acción confirmando su bajo grado de toxicidad. En otra publicación, Mian et al. (1997) afirman que las sulfonilureas son una alternativa atractiva por su buena eficiencia como herbicida y baja toxicidad para mamíferos.

Según Brown (1990), las sulfonilureas se degradan en el suelo por una combinación de hidrólisis y degradación microbiana. La hidrólisis es más rápida en condiciones de acidez ($\text{pH} < 5$) permitiendo el uso del pH del suelo como predictor de la actividad residual. Los procesos químicos y microbianos combinados llevan a que las sulfonilureas tengan, comúnmente, una vida media de 1 a 6 semanas dependiendo del tipo de suelo, localidad y composición química. En suelos alcalinos donde la hidrólisis se ve reducida, entre el 1 y el 20% del herbicida aplicado puede persistir lo suficientemente como para dañar ciertos cultivos en la rotación.

Este grupo de herbicidas son potentes inhibidores del crecimiento de las raíces y crecimiento de brotes causando síntomas en la planta que incluyen enrojecimiento de nervaduras, clorosis de la hoja, muerte de ápices y necrosis. Experimentos mostraron que algunas sulfonilureas (clorsulfuron por ejemplo) detienen el crecimiento de las plantas una o dos horas después de la aplicación, antes de que los síntomas sean visibles (Brown, 1990).

En el país, el único herbicida del grupo de las sulfonilureas utilizado en cultivo es el clorimuron, que está recomendado sólo para la utilización en post emergencia. Con la introducción de variedades STS se abren espacios para la utilización de variadas sulfonilureas en las etapas de barbecho. Como se comentara anteriormente, la información relativa a cuales sulfonilureas y con qué anticipación a la siembra pueden ser utilizadas es deficiente.

2.2.2.1. Clorimuron

Pertenece al grupo de las sulfonilureas siendo un herbicida selectivo de post-emergencia para hojas anchas. Algunas de las malezas controladas son abrojo grande (*Xanthium canavilliesii*), albahaca silvestre (*Galinsoga parviflora*), amor seco (*Bidens pilosa*), Cicutu negra (*Ammi majus*), Chamico (*Datura ferox*), chinchilla (*Tagetes minuta*), enredadera (*Ipomoea spp.*), flor de santa lucía (*Commelina spp.*), girasol guacho (*Helianthus annuus*), lamiun (*Lamiun aplexicaule*), manzanilla (*Anthemis cotula*), mastuerzo (*Coronopus didymus*), mostacilla (*Rapistrum rugosum*), nabo

(*Brassica campestris*), rábano (*Raphanus raphanistrum*), verdolaga (*Portulaca oleracea*) y yuyo colorado (*Amaranthus quitensis*) (SATA, 2013).

Con respecto a la persistencia de este herbicida, Ledda et al., citados por Gabrielli et al. (2012) indican que debido a su duración no debe aplicarse en lotes en los que dentro de 9 meses se prevea la siembra de sorgo o girasol.

Por otra parte, la recomendación es de no aplicar en suelos pH iguales o mayores a 6,8 ya que se alarga mucho su residualidad (SATA, 2013).

El clorimuron aparece como una de las alternativas a utilizar en complemento al glifosato en el cultivo de soja ya que han aparecido ciertas malezas tolerantes a este último herbicida en los últimos años (Brown et al. 1987, Procópio 2007).

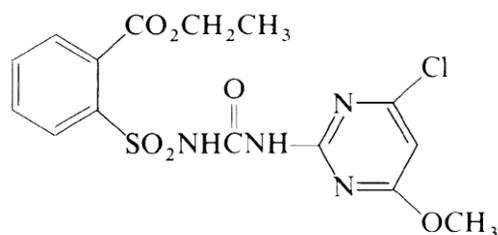


Figura No. 1. Estructura química del Clorimuron.

2.2.2.2. Clorsulfuron

El clorsulfuron es un herbicida perteneciente a la familia de las sulfonilureas, selectivo y de pre y post-emergencia.

Brown (1990) sostiene que el efecto de este herbicida, por impedir el funcionamiento de la ALS, es inhibir el crecimiento específico de un componente de la división celular. Ray, Rost, citados por Brown (1990) concluyeron que el clorsulfuron bloquea rápidamente el ciclo celular en la fase G1 y/o G2 sin tener efecto directo en el aparato mitótico.

Este herbicida controla malezas de hoja ancha, entre ellas: Abrojo grande (*Xanthium canavilliesii*), calabacilla (*Silene gallica*), capiquí (*Stellaria media*), cardo de castilla (*Cynara cardunculus*), cardo negro (*Cirsium vulgare*), cicuta negra (*Ammi majus*), chamico (*Datura ferox*), flor morada (*Echium plantagineum*), gamba rusa (*Alternanthera philoxeroides*), lengua de vaca (*Rumex crispus*), manzanilla (*Anthemis cotula*), margarita de piria (*Coleostephus myconis*), mastuerzo (*Coronopus didymus*), mostacilla

(*Rapistrum rugosum*), nabo (*Brassica campestris*), rábano (*Raphanus raphanistrum*), visnaga (*Ammi visnaga*) y yuyo colorado (*Amaranthus sp.*) (SATA, 2013).

Este herbicida es recomendado para cereales como trigo y cebada; y en ningún momento se menciona su uso para el cultivo de soja.

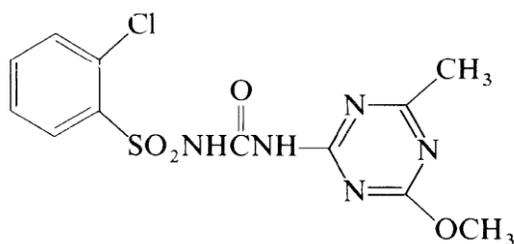


Figura No. 2. Estructura química del clorsulfuron.

2.2.2.3. Metsulfuron

El metsulfuron pertenece a la familia de las sulfonilureas, es selectivo de pre y post-emergencia.

Este herbicida es recomendado por sus fabricantes para uso en pre y post-emergencia de trigo y cebada y, como para el clorsulfuron, no se menciona su uso para soja.

Según el Instituto Nacional de Ecología de México, citado por SATA (2013), la vida media de este herbicida en los suelos varía de 14 a 180 días con un promedio de 30 días dependiendo de las condiciones ambientales. Christie y Cornwell, citados por Ritter et al. (1988), mencionan que la vida media del metsulfuron es entre una semana y un mes, reafirmando lo indicado por el Instituto Nacional de Ecología de México.

En el ambiente, el metsulfuron tiene bajos niveles de fotodescomposición y volatilización, y altos riesgos de lixiviación (Devlin et al., citados por Bazzigalupi et al., 2005).

La inactivación del metsulfuron se da más rápida, como para todas las sulfonilureas, en suelos con pH ácidos. Sin embargo, el pH del suelo no influye tanto en este herbicida como en la desactivación del clorsulfuron. A su vez, niveles crecientes de humedad de suelo y temperatura aceleraron la tasa de desaparición del herbicida (Doig et al., citados por Ritter et al., 1988). Esto es confirmado por diversos autores citados por Bazzigalupi et al. (2005).

El metsulfuron controla amor seco (*Bidens pilosa*), anagalis (*Anagallis arvensis*), calabacilla (*Silene gallica*), capiquí (*Stellaria media*), cardo de castilla (*Cynara cardunculus*), cardo negro (*Cirsium vulgare*), cardo pendiente (*Carduus nutans*), cerraja (*Sonchus oleraceus*), cicuta negra (*Ammi majus*), correhuela (*Convolvus arvensis*), enredadera anual (*Polygonum convolvulus*), flor morada (*Echium plantagineum*), gamba rusa (*Alternathera philoxeroides*), girasol guacho (*Helianthus annuus*), lengua de vaca (*Rumex crispus*), manzanila (*Anthemis cotula*), margarita de piria (*Coleostephus myconis*), mastuerzo (*Coronopus didymus*), mostacila (*Rapistrum rugosum*), nabo (*Brassica campestris*), rábano (*Raphanus raphanistrum*), sanguinaria (*Polygonum aviculare*), spergula (*Spergula arvensis*), verdolaga (*Portulaca oleracea*), visnaga (*Ammi visnaga*), yerba del bicho (*Polygonum punctatum*) y yuyo colorado (*Amaranthus quitensis*) (SATA, 2013).

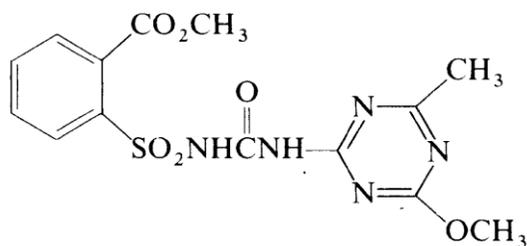


Figura No. 3: Estructura química del metsulfuron.

2.2.2.4. Finesse

Finesse es el nombre comercial de un herbicida mezcla de 62,5% de clorsulfuron y 12,5% de metsulfuron. El uso aconsejado es en pre y post-emergencia en trigo y sólo post-emergencia en cebada. En soja, se recomienda utilizar Finesse en barbechos largos.

Los fabricantes de dicho herbicida recomiendan que en el caso de sembrar un soja no STS deben transcurrir por lo menos 150 días con un mínimo de precipitaciones de 250mm y en suelos de pH<6. De no cumplirse estos requisitos, recomiendan la siembra de soja STS. Sin embargo, no se especifica si debe cumplirse algún intervalo pre-siembra, ni condiciones en las que se podría sembrar. En este trabajo se pretende en parte generar información sobre estos aspectos.

Finesse controla hojas anchas entre ellas: anagalis (*Anagallis arvensis*), calabacilla (*Silene gallica*), capiquí (*Stellaria media*), cardo de castilla (*Cynara cardunculus*), cardo

negro (*Cirsium vulgare*), cerraña (*Sonchus oleraceus*), cicuta negra (*Ammi majus*), flor morada (*Echium plantagineum*), gamba rusa (*Alternanthera philoxeroides*), girasol guacho (*Helianthus annuus*), lengua de vaca (*Rumex crispus*), manzanilla (*Anthemis cotula*), margarita de piria (*Coleostephus myconis*), mastuerzo (*Coronopus didymus*), mostacila (*Rapistrum rugosum*), nabo (*Brassica campestris*), rábano (*Raphanus raphanistrum*), sanguinaria (*Polygonum aviculare*), spergula (*Spergula arvensis*), visnaga (*Ammi visnaga*) y yuyo colorado (*Amaranthus quitensis*) (SATA, 2013).

2.3. TOLERANCIA DE LA SOJA A LOS HERBICIDAS UTILIZADOS

2.3.1. Glifosato

Numerosos autores han detectado que el glifosato causa fitotoxicidad en soja RR. Silva et al. (2012) citan a Reis et al. afirmando que dosis superiores a 2000 g e.a.ha⁻¹ generaron fitotoxicidad superior al 60% en el cultivo de soja produciendo síntomas de amarillamiento foliar que luego evolucionó a necrosis.

Varias son las teorías que explican el amarillamiento y necrosis de plantas tras aplicaciones de glifosato. Según Reddy et al., citados por Silva et al. (2012), los síntomas de clorosis en soja RR ocurren por el acumulo del primer metabolito fitotóxico del glifosato (AMPA). Otros autores atribuyen estos síntomas de fitotoxicidad a movilización de cationes bivalentes, como el manganeso o el hierro, lo que puede reducir la translocación de esos nutrientes en las plantas (Bott et al., Zobiole et al., citados por Silva et al., 2012).

Según otros autores, los síntomas que causa el glifosato en la soja se deben a su efecto deletéreo sobre el balance nutricional, generando efectos fitotóxicos por afectar la eficiencia del uso de agua, la fotosíntesis, la rizósfera, la acumulación de biomasa y la síntesis de aminoácidos y compuestos secundarios (Kremer et al., Neuman et al., Zablotowicz y Reddy, Zobiole et al., Albrecht y Ávila, citados por Albrecht et al., 2012c).

Por otra parte, Reddy y Zablatowing, citados por Agostinetto et al. (2003) indican que la soja puede sufrir daño ocasionado por el herbicida en determinadas condiciones y formulaciones del glifosato. Sin embargo, en el trabajo realizado por Agostinetto et al. (2003) se mostró que las diferentes formulaciones testeadas fueron selectivas en la soja RR en aplicaciones 20, 35 y 50 dps.

En el estudio llevado a cabo por Albrecht et al. (2012c) se constató que aplicaciones de altas dosis de glifosato en el período reproductivo de soja RR provoca daños. Tres fueron las variables modificadas por las distintas formulaciones: la altura, el número de vainas por planta y el peso de mil granos. En cuanto a la altura, se detectó que con sales potásicas las plantas fueron más afectadas. Por su parte, el número de vainas por planta disminuyó a medida que aumentó la dosis de cualquiera de las formulaciones de glifosato. A su vez, se detectó un aumento en peso de 1000 granos mayores en las formulaciones con sal IPA que compensa en cierta medida la pérdida de vainas. Otros estudios del mismo autor confirman lo mismo.

De esta misma manera, Osipe et al. (2012) realizaron un trabajo en dónde se aplicaba glifosato en diferentes épocas de post-emergencia (de V1 a V6) encontrando reducción del rendimiento de granos en todos los tratamientos en comparación con los que se limpió manualmente.

Por otra parte, Prócopio et al. (2006) afirman que no fueron observados síntomas de fitotoxicidad en las plantas de soja RR con aplicaciones de glifosato independientemente de las dosis utilizadas (480, 960 y 1440 e.a.ha⁻¹). Sin embargo, Foloni et al., citados por Prócopio et al. (2006) observaron un leve efecto de intoxicación en plantas de soja RR después de aplicaciones a distintas dosis de glifosato.

En sus trabajos, Delannay et al. (1995) encontraron que glifosato aplicado en dosis elevadas a soja RR provocó clorosis en las hojas superiores a los 5-7 días post-aplicación. Sin embargo, estos síntomas fueron disminuyendo en los siguientes 7 a 10 días, no pudiendo apreciarse ningún síntoma pasados los 10 días. También afirma que no se observó ningún otro síntoma como deformación de hojas o reducción de crecimiento.

La tolerancia al herbicida se divide en tolerancia vegetativa (sin daño en hoja ni reducción de crecimiento) y reproductiva (formación normal del polen y fertilidad del óvulo y formación de vainas) siendo la primera de ellas la más fácil de adquirir. En varias líneas de soja se obtuvo buena tolerancia vegetativa pero mostraron esterilidad de polen y reducción del número de vainas cuando se aplicó glifosato cerca de floración (Delannay et al., 1995). En cierta medida esto explica los resultados encontrados por Albrecht et al. (2012c) presentados anteriormente.

2.3.2. Clorimuron

Según Brown et al. (1989), Trezzi y Vidal, citados por Pinheiro (2009), la principal ruta metabólica (75%) del clorimuron en soja resulta de su conjugación con un

homoglutación. El restante 25% de la metabolización es la desesterificación de la molécula resultando en la producción de un ácido inactivo para la ALS. Por ende, la tolerancia de la soja al clorimuron resulta de la rápida metabolización de las plántulas, transformando el herbicida en metabolitos inactivos. Brown et al. (1989) afirman que la vida media del clorimuron en soja es de 1 a 3 horas mientras que en otras especies es más de 30 horas por su menor tasa de metabolización.

Sin embargo, ciertos autores han encontrado que en algunas condiciones el clorimuron puede hacer daño a la soja no STS. En los experimentos llevados a cabo por Newsom et al. (1992), aplicaciones de clorimuron de 80 g i.a.ha⁻¹ causaron reducción en altura (8 cm. o más) y rendimiento en suelos con excesiva humedad, pero sólo reducción en la altura en aquellos suelos con humedad media u óptima. En cambio, en suelos con baja humedad no ocurre ni disminución en altura ni disminución en rendimiento. Wehtje et al., citados por Newsom et al. (1992) indican que la presencia de sulfonilureas en los coloides del suelo está inversamente relacionada a la humedad del suelo. Así, suelos con mayor humedad presentan mayor cantidad de herbicida en la solución que aquellos con menor humedad. En los mismos ensayos, Newsom et al. (1992) no encontraron efecto del clorimuron en la emergencia de la soja, ni tampoco diferencia en la distancia entre nudos a distintos niveles de humedad en el suelo.

De la misma manera, Vidrine et al. (2002) llevaron a cabo experimentos en diversas zonas del estado de Louisiana y en diferentes años llegando a la conclusión de que el clorimuron mezclado con glifosato producía entre 6 y 30% de daños dependiendo del año y la localidad. Sin embargo, en ninguno de los casos se encontraron mermas en el rendimiento debido a que los daños ocurren tempranamente, dándole a la soja no STS suficiente tiempo para recomponerse y lograr buenos rendimientos. Los ensayos llevados a cabo por Mian et al. (1997) confirman lo anterior.

A nivel nacional, la tesis de Gabrielli et al. (2012) constatan que en aplicaciones tempranas (V2) de glifosato más clorimuron se redujo la altura de planta estimada 7 dpa. La misma estimación 41 días después mostró recuperación de la soja no STS y no afectó el número de granos por metro cuadrado.

Por otra parte, Vidrine et al. (2002) sostienen que el rendimiento no difiere entre aplicaciones de sólo glifosato, o glifosato mezclado con clorimuron. Por su parte, Lich et al. (1997) indican que los daños causados por clorimuron no difieren de los daños causados por clorimuron en mezcla con glifosato.

En otros ensayos, Procópio et al. (2006) sostienen que la mezcla de clorimuron y glifosato causó intoxicación en las plantas de soja RR pero a niveles aceptables. La combinación de 10 g.ha⁻¹ de clorimuron con 1440 g e.a.ha⁻¹ de glifosato fue la que promovió los mayores niveles de daño alcanzando niveles de 30%. Esto coincide con lo observado por Ellis y Griffin, citados por Procópio et al. (2006). Estos autores observaron un 13% de intoxicación en plantas de soja RR con aplicaciones de clorimuron de 6,7 g.ha⁻¹ más 1120 g.ha⁻¹ de glifosato.

Procópio et al. (2006) observaron que la soja RR se recuperó a los 25 días post-aplicación de clorimuron más glifosato, no obteniendo disminuciones en la altura, peso de parte aérea ni diferencias en rendimiento. Esto coincide con los datos encontrados por Mian et al. (1997), Vidrine et al. (2002) presentados anteriormente.

Según Adcock et al. (1991) el daño que causa el clorimuron en soja no STS es la reducción del uso de agua. Sin embargo, no encontró que esto afectara el peso seco ni el área foliar. En tratamientos 14, 21 y 28 días post-siembra se evidenciaron las mayores disminuciones en el uso del agua. Sin embargo, la soja se recuperó dos semanas después. En cambio, en el tratamiento de 35 dps los niveles de uso de agua fueron similares a los del testigo sin tratar.

Otros autores en cambio, encontraron que en aplicaciones en soja STS de glifosato más clorimuron en V5 no se encuentran diferencias en variables de implantación, altura de planta, número de vainas por planta, peso de mil granos ni rendimiento (Albrecht et al., 2012b).

Por otro lado, Krausz et al. (1992), en aplicaciones de pre-emergencia a dosis de 0,02 a 0,14 kg i.a.ha⁻¹ de clorimuron no halló reducción en la población, altura ni rendimiento en ninguno de los años en los que llevó a cabo el experimento. Esto último coincide con los experimentos de Curran y Knake, citados por Krausz et al. (1992), quienes aplicaron en pre-emergencia el doble de dosis recomendada por la etiqueta sin evidenciar bajas en el rendimiento. Esto es respaldado por los experimentos llevados a cabo por Corrigan et al. (2000).

2.3.3. Clorsulfuron

Es poca la información encontrada en la bibliografía con respecto a la acción del clorsulfuron en aplicaciones post-siembra de soja. Sin embargo, existe suficiente información sobre aplicaciones en barbecho.

Varios investigadores han observado daño en el cultivo a causa de residuos de clorsulfuron en el suelo (Ritter et al., 1988). Según estos autores, clorsulfuron aplicado a razón de 36 g.ha^{-1} de 3 a 8 meses antes de la siembra puede reducir el rendimiento en grano. De hecho, reportaron restos del herbicida a niveles fitotóxicos de 10 a 20 cm. de profundidad 168 días post-aplicación.

En los ensayos llevados a cabo por Ritter et al. (1988), se observaron reducciones en el rendimiento de la soja no STS del orden de 27 a 37% cuando se aplicaron dosis de 36 g.ha^{-1} . Sin embargo, en los tratamientos que se aplicó 9 g.ha^{-1} no hubo reducciones de rendimiento, siempre comparando con un testigo sin aplicación de clorsulfuron. Esto confirma los resultados de los ensayos de Crane et al., citados por Ritter et al. (1988) en los que dos meses antes de la siembra de soja se aplicaron diferentes dosis (de 18 a 280 g.ha^{-1}) dañando la soja y reduciendo su rendimiento, siendo mayores los daños a partir de 70 g.ha^{-1} .

Sin embargo Khodayari et al., citados por Ritter et al. (1988), llevaron a cabo estudios en los que aplicaciones de otoño y primavera en el trigo de 72 g.ha^{-1} de clorsulfuron no causaron daños en la soja siguiente.

Diversas fuentes estiman que la vida media del clorsulfuron es entre uno y dos meses dependiendo de las condiciones de suelo y clima (Levitt et al., citados por Ritter et al. 1988, Campion, citado por Arends et al. 1990).

Arends et al. (1990) indican que el intervalo seguro para situaciones en las que se aplicó clorsulfuron para control de malezas en cereales de invierno puede exceder un año dependiendo del suelo, clima y dosis utilizadas.

2.3.4. Metsulfuron

Según Anderson, citado por Arends et al. (1990), el metsulfuron se degrada en suelo a compuestos no fitotóxicos levemente más rápido que el clorsulfuron bajo las mismas condiciones. Arends et al. (1990) llevaron a cabo ensayos en los que aplicaciones de $4,2 \text{ g.ha}^{-1}$ y $8,4 \text{ g.ha}^{-1}$ de metsulfuron 6 meses antes de la siembra no afectaron el vigor de las plantas de soja no STS.

A su vez, Bedmar et al. (2004) llevaron a cabo un experimento en donde se probó la sensibilidad de diferentes cultivos a metsulfuron aplicado a diferentes dosis ($4,2$ y $8,4 \text{ g.ha}^{-1}$) durante el barbecho. Estos autores encontraron que el intervalo seguro para soja no STS en Argentina es entre 26 y 44 días post-aplicación.

Asimismo, Bazzigalupi et al. (2005) sostienen que en Argentina el intervalo seguro para soja no STS en sistemas de siembra directa después de aplicaciones de 3 a 4,2 mg i.a.ha⁻¹ de metsulfuron es de 30 a 40 días. Sin embargo, en condiciones de sequía el metsulfuron se degrada más lentamente y podrían precisarse más de 40 días. Este mismo autor midió el efecto del metsulfuron en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de varias especies cultivadas encontrando que el órgano más afectado son las raíces.

Estudios realizados por Bazzigalupi et al. (2005) evalúan la respuesta de las raíces a aplicaciones de metsulfuron en suelos con diferentes contenidos de humedad. Estos ensayos muestran que a menor humedad en suelo más se ven afectadas las raíces. Cuando el tiempo entre aplicación y siembra fue de 20 o 40 días, en suelos tanto a 45% como a 85% de capacidad de campo (CC) se registraron disminuciones en MS acumulada de raíces. Para estos mismos intervalos, la soja en suelos a 32% de CC fue la que más vio afectada sus raíces. Pero cuando se dejan 60 días de intervalo aplicación-siembra, en suelos a 85% CC ya no hay daños, y en suelos a 45 y 32% CC los daños son inferiores al 10%.

Aplicaciones de metsulfuron con glifosato (2,4 g e.a.ha⁻¹ y 960 g e.a.ha⁻¹ respectivamente) en V5 no generaron diferencias significativas en población, altura de planta y número de vainas. Sin embargo, hubo diferencias significativas en variables de rendimiento y peso de mil granos (Albrecht et al., 2012a).

2.4. SOJA STS

El surgimiento de la soja STS se debe a que se buscó una alternativa más eficiente para el control de la *Conyza sp.* que presenta elevada tolerancia a glifosato, y más actualmente es utilizada para poder complementar el control de otras malezas problemáticas en la soja con sulfonilureas (Portal Dia de Campo, citado por Albrecht et al., 2012b). Esta tolerancia a algunas sulfonilureas fue obtenida por técnicas convencionales de mejoramiento genético (selección dirigida). Los cultivares STS poseen un gen que aumenta la degradación de algunos herbicidas como clorimuron en la planta.

Dichos cultivares toleran dosis hasta cuatro veces superiores a las recomendadas para cultivares no tolerantes, sin presentar daños (COODETEC, Rosso y Vidal, citados por Albrecht et al., 2012b).

En estudios presentados por Albrecht et al. (2012b), se concluye que la soja RR STS se presentó altamente selectiva a aplicaciones de glifosato mezclado con clorimuron y glifosato mezclado con nicosulfuron. Sin embargo, al mezclar el glifosato con metsulfuron se encontraron daños significativos en el cultivo de soja.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DEL EXPERIMENTO

El experimento realizado se llevó a cabo en una chacra de la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni situada en el departamento de Paysandú – Uruguay (Latitud: 32°22'39"S, 58°03'42"W).

Los suelos correspondientes a dicha zona son Brunosoles Éútricos Típicos de la Unidad San Manuel sobre la Formación Fray Bentos según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay 1:1.000.000 (Altamirano et al., 1976). El trabajo de campo inició el 26 de setiembre de 2012, finalizando el 19 abril de 2013.

3.2. TRATAMIENTOS Y METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN

El experimento consistió en la evaluación del grado de tolerancia en un cultivar de soja STS. Se utilizó el cultivar Don Mario 6.2i por ser, por lo menos hasta la fecha, el único disponible en el país. La siembra se llevó a cabo el 21 de noviembre sobre un rastrojo de sorgo.

Se utilizó el método de siembra directa con una sembradora Semeato utilizando una distancia entre hileras de 50 cm. La densidad de siembra fue de 62 kg.ha⁻¹ considerando un 95% de germinación y un 80% de implantación, así como un PMG del cultivar 6.2i de 171g (18 semillas/metro lineal).

Previamente a la siembra se peletearon manualmente 32kg de semilla, suficientes para la media hectárea que abarca el cultivo.

El barbecho comenzó el 26 de setiembre (40 días pre-siembra) con la aplicación de glifosato en toda el área. A su vez, se separaron cuatro fracciones para medir el efecto del Finesse aplicado en distintos momentos antes de la siembra. Las fracciones corresponden a G+Finesse aplicado 0, 20 y 40 días antes de la siembra más un testigo con solo glifosato.

A su vez, dentro de cada fracción se probaron dos tratamientos pre-emergencia con clorimuron y ocho tratamientos post-emergencia con clorimuron, finesse, metsulfuron y un testigo al que se le aplicó solo glifosato. Cada herbicida fue aplicado en su dosis recomendada para barbecho y al doble junto con glifosato. Cada parcela medía 10m. de largo por 2m. de ancho y fue pulverizada utilizando una mochila de presión constante.

Para eliminar el efecto de las malezas en el cultivo se mantuvo limpia la chacra durante todo el ciclo del cultivo.

A continuación se presenta un cuadro con la descripción de cada uno de los tratamientos, incluyendo momento, dosis y productos utilizados junto a un croquis con la distribución espacial de cada tratamiento con sus repeticiones.

Cuadro No. 1. Descripción de los tratamientos

Fracción	Tratamiento	Producto	Dosis	Momento
Sin Finesse	T1	Clorimuron 75%	20 g p.c/ha	Pre-siembra
	T2	Clorimuron 75%	40 g p.c/ha	Pre-siembra
	T3	Metsulfuron	3,6g i.a./ha	V4
	T4	Metsulfuron	7,2g i.a./ha	V4
	T5	Clorimuron 75%	20 g p.c/ha	V4
	T6	Clorimuron 75%	40 g p.c/ha	V4
	T7	Finesse	15 g p.c/ha	V4
	T8	Finesse	30 g p.c/ha	V4
	T9	Glifosato	1080 e.a./ha	V4
	T10	Glifosato	2160 e.a./ha	V4
0 días 15g/ha Finesse	T1	Clorimuron 75%	20 g p.c/ha	Pre-siembra
	T2	Clorimuron 75%	40 g p.c/ha	Pre-siembra
	T3	Metsulfuron	3,6g i.a./ha	V4
	T4	Metsulfuron	7,2g i.a./ha	V4
	T5	Clorimuron 75%	20 g p.c/ha	V4
	T6	Clorimuron 75%	40 g p.c/ha	V4
	T7	Finesse	15 g p.c/ha	V4
	T8	Finesse	30 g p.c/ha	V4
	T9	Glifosato	1080 e.a./ha	V4
	T10	Glifosato	2160 e.a./ha	V4
20 días 15g/ha Finesse	T1	Clorimuron 75%	20 g p.c/ha	Pre-siembra
	T2	Clorimuron 75%	40 g p.c/ha	Pre-siembra
	T3	Metsulfuron	3,6g i.a./ha	V4
	T4	Metsulfuron	7,2g i.a./ha	V4
	T5	Clorimuron 75%	20 g p.c/ha	V4
	T6	Clorimuron 75%	40 g p.c/ha	V4
	T7	Finesse	15 g p.c/ha	V4
	T8	Finesse	30 g p.c/ha	V4
	T9	Glifosato	1080 e.a./ha	V4
	T10	Glifosato	2160 e.a./ha	V4
40 días 15g/ha Finesse	T1	Clorimuron 75%	20 g p.c/ha	Pre-siembra
	T2	Clorimuron 75%	40 g p.c/ha	Pre-siembra
	T3	Metsulfuron	3,6g i.a./ha	V4
	T4	Metsulfuron	7,2g i.a./ha	V4
	T5	Clorimuron 75%	20 g p.c/ha	V4
	T6	Clorimuron 75%	40 g p.c/ha	V4
	T7	Finesse	15 g p.c/ha	V4
	T8	Finesse	30 g p.c/ha	V4
	T9	Glifosato	1080 e.a./ha	V4
	T10	Glifosato	2160 e.a./ha	V4

*Cada fracción de 0, 20 y 40 días pre-siembra fue acompañada de glifosato en todo el experimento con dosis de 1440, 1248 y 1080 e.a.ha⁻¹ respectivamente.

**Los tratamientos T1 a T8 fueron acompañados con 1080 e.a.ha⁻¹ de glifosato

3.3 DETERMINACIONES

Todas las determinaciones fueron realizadas en los dos surcos centrales de cada parcela ya que se consideraron las mejor aplicadas y permite la eliminación de cualquier efecto de deriva de parcelas contiguas. Las aplicaciones de los tratamientos preemergencia y post emergencia se realizaron el 22 de noviembre y el 27 de diciembre respectivamente.

A continuación se presentan las determinaciones realizadas en estado vegetativo y reproductivo.

3.3.1. Determinaciones en estado vegetativo

-Implantación: a los 7 y a los 14 dps se estimó la implantación del cultivo a través del conteo del número de plantas en 0,5 metros con cinco repeticiones por parcela.

- Altura laboratorio: a los 20 y a los 35 dpa de los tratamientos preemergencia y a los 15 y 25 dpa de los tratamientos post emergencia se estimó altura a través de la medición de 5, 4, 3 y 3 plantas respectivamente desde los cotiledones hasta la inserción de la hoja más nueva.

- Altura a campo: a los 8, a los 15, a los 24 y a los 75 dpa de los tratamientos post emergencia se estimó altura a través de la medición de 3 plantas en la primera medición y 6 plantas en el resto desde el suelo hasta la última hoja que sobre sale el canopeo.

- Desarrollo en laboratorio: a los 20 y a los 35 dpa de los tratamientos preemergencia y a los 15 y 25 dpa de los tratamientos post emergencia se estimó desarrollo según escala de Fehr et al. (1971) en 5, 4, 3 y 3 plantas respectivamente.

- Desarrollo a campo: a los 15, a los 24 y a los 96 dpa de los tratamientos post emergencia se estimó desarrollo según escala de Fehr et al. (1971) en 6 plantas por parcela.

- Clorofila A y B: a los 11 dpa de los tratamientos post emergencia se estimó clorofila A y B en los tratamientos 1, 2, 5, 6, 7, 9 y 10 en tres de los bloques con tres repeticiones por parcela. En el resto de los tratamientos no se realizó medición de clorofila ya que estaban muy dañadas y no se quería arriesgar a perder más plantas. Por eso, se tomó la medición del tratamiento 7 en representación de los tratamientos más dañados. La medición de clorofila consistió en remover tres hojas por parcela (la segunda hoja de cada planta), o sea nueve folíolos. Para evitar pérdida de clorofila, las

hojas se cortaron lo más rápido posible y se guardaron en una bolsa oscura y se realizó de a un bloque por día. Se colocó en un vaso de Bohemia 1gr de cada muestra y se agregaron 20mL de acetona (concentración casi 100%). A continuación se envolvieron los vasos con papel de aluminio (para evitar degradación por acción de la luz de clorofila) y se dejó reposar una hora. De esta manera se logra que la hoja libere la clorofila y se extraiga el líquido que contiene la clorofila. Para ello, se utilizó un kitasato con una bomba de vacío y un embudo con un filtro. Se vertió la muestra por el filtro de papel hacia el kitasato con precaución de que no quede clorofila en el papel. Se vertió el contenido en un matraz de 50mL y se agregó acetona al 80% envolviéndolo nuevamente en papel de aluminio. Para realizar la medición, se calibró el espectrofotómetro para ondas de 633nm (clorofila B) y 645nm (clorofila A) y se taró con acetona pura. Finalmente se extrajo una submuestra de los 50mL y se mide la clorofila con el espectrofotómetro.

- Biomasa: a los 35 dpa de los tratamientos preemergencia y a los 15 y 25 dpa de los tratamientos post emergencia se estimó biomasa a través del peso fresco y seco de 3 plantas por parcela al azar.

- Largo de raíces: a los 20 y a los 35 dpa de los tratamientos preemergencia se estimó largo de raíces a través de la medición de 4 y 5 plantas por parcela al azar respectivamente.

- Número de nódulos: a los 20 dpa de los tratamientos preemergencia se estimó el número de nódulos a través del conteo de los mismos en las raíces de 5 plantas por parcela al azar.

- Entrenudos: a los 15 y a los 25 dpa de los tratamientos post emergencia se estimó distancia de entrenudos a través de la medición de entrenudos de 3 plantas por parcela al azar.

- Sintomatología de daño: a los 15 y 24 dpa de los tratamientos post emergencia se estimó el daño a través del porcentaje de síntomas en planta y en parcela.

- Cobertura: a los 8, a los 15, a los 24 y a los 75 dpa de los tratamientos post emergencia se estimó cobertura a través del porcentaje de cobertura en la parcela.

3.3.2 Determinaciones en estado reproductivo

- Rendimiento y sus componentes: al momento de cosecha se determinó el número de vainas por planta, número de granos por m² y el peso de mil granos. A partir de estos

datos se estimó un rendimiento por parcela que se llevó a kilogramos por hectárea. Para estimar estas variables se cosecharon cuatro metros lineales de cada parcela y se contó el número de vainas. Posteriormente se pesaron todos los granos y se estimó el peso de mil granos a partir del peso de cincuenta granos, con tres repeticiones por parcela. A partir de estos datos se halló el número de granos por metro cuadrado.

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El modelo experimental utilizado fue una serie de experimentos en el que cada tratamiento de barbecho (Finesse más glifosato 0, 20 y 40 días pre-siembra más un testigo con sólo glifosato) corresponde a un experimento. Dentro de cada experimento se realizó un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con cuatro bloques. La aleatorización consistió en los siguientes pasos: primero se aleatorizaron los cuatro experimentos y luego se aleatorizaron los diez tratamientos en cada uno de los dieciséis bloques.

Para poder realizar el modelo de serie de experimentos se hizo una prueba de homogeneidad de varianzas. Dicha prueba consiste en calcular el $F_{\text{máx}}$ para cada variable analizada y compararlo con un F de tabla en la cual se entra por número de tratamientos y grados de libertad. El $F_{\text{máx}}$ se calcula como el cociente entre el cuadrado medio del error más grande y el cuadrado medio del error más chico de los cuatro experimentos. A modo de ejemplo, a continuación se muestra el procedimiento en el caso de la variable rendimiento.

Se plantean las siguientes hipótesis:

H_0 : El efecto relativo de cada experimento es el mismo.

H_a : El efecto relativo de al menos un experimento es distinto.

Cuadro No. 2. Cuadrados medios de los errores para la variable rendimiento.

Tratamiento de barbecho	CME rendimiento
0	189.470
20	133.580
40	81.976
100	121.242
F_{max}: 2,3	

El F de tabla, entrando con 23 grados de libertad y diez tratamientos, es de 4,37 (con $\alpha=0,05$). Como $F_{\text{máx}} < F_{\text{tabla}}$ se acepta la hipótesis nula H_0 y podemos decir que hay homogeneidad de varianzas entre los distintos experimentos, por lo que se puede utilizar el modelo serie de experimentos.

Las variables relevadas fueron analizadas siguiendo el modelo de análisis de varianza en serie de experimento con bloques completos realizando contrastes de medias cuando necesario, según el test de Tukey (5%). Los análisis de las variables con distribución normal fueron realizados con el programa InfoStat. Las variables que consistían en porcentajes, cuya distribución no es normal, fueron analizadas siguiendo el modelo de análisis de varianza luego de realizar una transformación angular de los datos. La variable estado de desarrollo, tampoco con distribución normal, se analizó con el programa SAS siguiendo el modelo de regresión logística binaria. A continuación se presenta el modelo estadístico correspondiente a serie de experimentos y el croquis del experimento:

$$Y_{ijk} = \mu + H_i + F_j + (H \times F)_{ij} + \beta_k(F_j) + \varepsilon_{ijk} \text{ donde,}$$

- Y_{ijk} corresponde a la variable analizada en el i-ésimo tratamiento de herbicida, en la j-ésima fracción, en el k-ésimo bloque.
- μ : media general
- H_i : efecto del i-ésimo herbicida en cultivo.
- F_j : efecto de la j-ésima fracción
- $(H \times F)_{ij}$: interacción herbicida por fracción
- $\beta_k(F_j)$: efecto del bloque anidado en la fracción
- ε_{ijk} : error experimental

3.5 CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE EL PERÍODO EXPERIMENTAL

A continuación se presenta un gráfico en el que se muestran las precipitaciones y temperaturas medias históricas y las del período en el que se realizó el experimento.

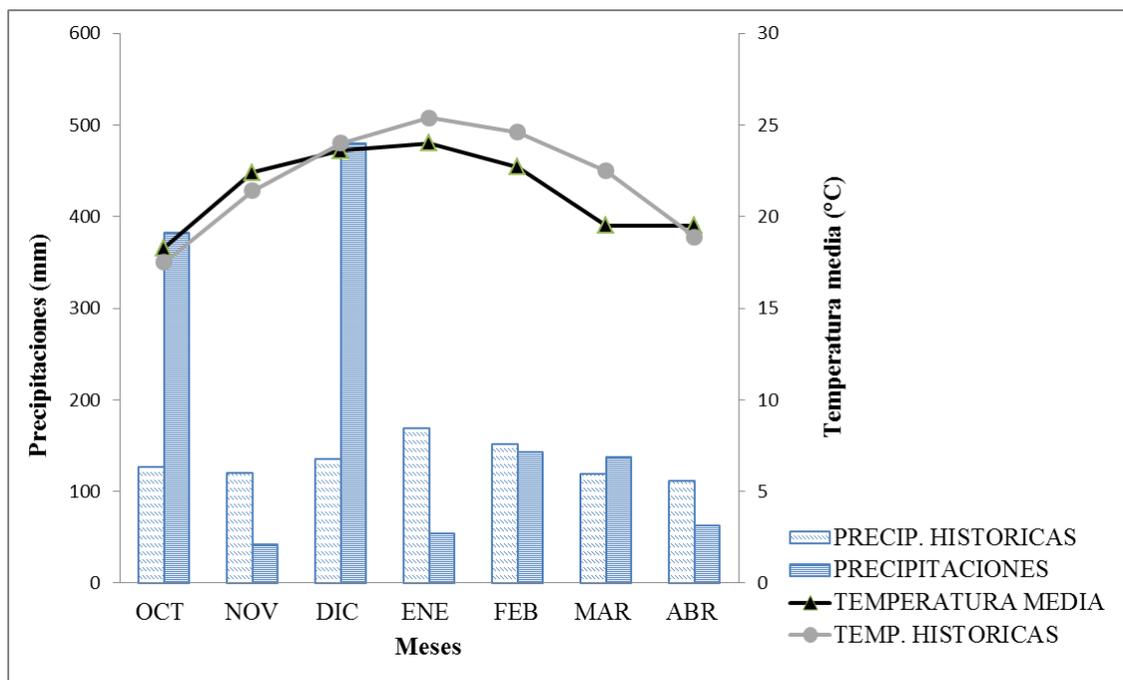


Figura No. 5. Temperatura y precipitaciones históricas y del período según mes.

Como se observa en el gráfico, las precipitaciones en octubre y diciembre superan ampliamente la media histórica lo que puede influir en el comportamiento de los herbicidas en el suelo, afectando la residualidad de los mismos. En cuanto a la temperatura, se observa que en el año que se realiza el experimento no hay grandes diferencias con lo que ocurre históricamente en la zona de octubre a diciembre. A su vez, de enero a abril se registraron temperaturas levemente menores a las que ocurren históricamente. Por lo tanto, se puede decir que la temperatura no afectó de manera importante los resultados del experimento.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan y discuten los resultados agrupados en dos grandes ítems asociados a la discusión de los resultados en selectividad para los tratamientos en barbecho y selectividad para los tratamientos en cultivo.

4.1. SELECTIVIDAD DE LOS TRATAMIENTOS DE BARBECHO

Los tratamientos de barbecho difirieron únicamente en el período transcurrido entre aplicación y siembra. Como se comentara en materiales y métodos, en todos los casos fue utilizado el mismo principio activo y a la misma dosis. Por lo tanto lo que se pasa a discutir es el efecto del intervalo aplicación-siembra.

Cabe aclarar que para el análisis de este efecto sólo se consideraron los tratamientos 9 y 10 en los que solo se aplicó glifosato durante el cultivo, por lo que no hay riesgos de introducir efectos de interacciones con otros herbicidas aplicados durante el cultivo.

También, para analizar el efecto de los tratamientos de Finesse en barbecho sobre las variables medidas, se eliminaron los datos del testigo en el que sólo se aplicó glifosato (sin Finesse). Esto se debe a que a ese tratamiento le tocó la peor zona de la chacra en la que el crecimiento vegetal se vio seriamente afectado. A su vez, esa área sufrió un ataque importante de liebres, sesgando aún más los datos hacia valores inferiores a lo que realmente hubieran sido. Lo que se pasa a discutir es entonces el efecto de aplicaciones de Finesse 40, 20 y 0 días pre siembra.

4.1.1. Variables vegetativas

No se detectó efecto significativo del intervalo aplicación-siembra de las variables largo de raíz, cantidad de nódulos, largo de entrenudos, peso fresco ni peso seco. Se encontraron efectos en el caso de altura, clorofila, estado de desarrollo, porcentaje de cobertura y porcentaje de síntomas. A continuación se presentan y discuten los resultados encontrados para estas variables.

Altura

Como se mencionó en el capítulo de determinaciones, la altura se midió de dos formas distintas: a campo y en laboratorio. En los cuadros siguientes se presentan los resultados obtenidos.

Cuadro No. 3. Efecto de los tratamientos de barbecho sobre las alturas a campo.

Tratamiento de barbecho	Altura 4/1 (cm.)		Altura 11/1 (cm.)		Altura 20/1 (cm.)		Altura 12/3 (cm.)	
40	35,4	A	52,7	A	60,5	A	77,1	A
0	34,9	A	52,6	A	58,6	AB	76,4	AB
20	29,6	B	47,8	A	57,1	B	73	B
D.M.S. (5%) Tukey	2,3		5,7		3,3		3,4	

Como se observa en el cuadro, y tal como era esperable, los menores efectos fueron observados en el tratamiento con la mayor anticipación a la siembra. Sin embargo, no resulta totalmente lo esperable cuando se analizan comparativamente los resultados para los tres tratamientos.

El tratamiento 0 días no resultó el tratamiento con el mayor efecto resultando inclusive similar estadísticamente al de 40 días en todas las determinaciones. El tratamiento con los mayores efectos a nivel de esta variable fue el tratamiento con anticipación intermedia a los 20 días pre siembra que resultó significativamente inferior al tratamiento 40 días pre siembra en todas las determinaciones a excepción del 11 de enero. Cabe mencionar que en esta fecha la soja se encontraba en un período de deficiencia hídrica con enlentecimiento del crecimiento lo que pudo haber enmascarado el efecto estudiado.

El tratamiento de 40 días pre siembra superó en un 16% el tratamiento 20 en la primera medición, disminuyendo sucesivamente esta diferencia a valores entorno al 5% para las últimas mediciones.

No es posible con las determinaciones realizadas en el presente estudio explicar el resultado inesperado para el tratamiento con anticipación de 0 días. Sin embargo, cabe mencionar que es frecuente encontrar inconsistencias en el caso de las sulfonilureas.

Como puede observarse en el cuadro siguiente (Cuadro 4), es importante destacar que la tendencia del efecto de los diferentes tratamientos de barbecho en la altura de planta se mantiene tanto para mediciones a campo como para mediciones en laboratorio.

Cuadro No. 4. Efecto de los tratamientos de barbecho sobre las alturas medidas en laboratorio.

Tratamiento de barbecho	Altura 12/12 (cm.)		Altura 27/12 (cm.)		Altura 11/1 (cm.)		Altura 21/1 (cm.)	
40	11	A	19	A	31,6	A	41,8	A
0	11	A	17,5	A	28,8	B	36,8	B
20	10,8	A	15,3	A	25,3	C	34,6	C
D.M.S. (5%) Tukey	3,4		5,3		2,7		2	

En estas determinaciones también se estimó menor efecto para 0 que para 20 días, aunque cabe destacar que tanto en la medición del 11 de enero como del 21 de enero, existen diferencias significativas entre 40 y 0 a diferencia de la determinación a campo.

En este caso, para las primeras dos mediciones no se registraron diferencias significativas aunque para la medición del 27/12 se nota que sigue la tendencia de las alturas medidas en laboratorio, así como las otras dos alturas medidas a campo.

Comparando los resultados del 11 y 20 de enero para las determinaciones de campo y laboratorio, podría interpretarse que la determinación realizada en el laboratorio resultó más sensible en la estimación del efecto que la realizada a campo. En tal sentido, importa aclarar que, tal como se detallara en materiales y métodos, mientras que la determinación a campo estimó la altura total de la canopia, la determinación en laboratorio realizada a nivel del tallo se restringió a la estimación de la elongación de los entrenudos la cual detectó mayores diferencias.

También merece comentar que, en el caso de esta determinación, no se encontraron diferencias en las primeras determinaciones del 12 y 27 de diciembre ya que en general los efectos de las sulfonilureas cuando no son graves se aprecian recién después de que la plántula se independiza de la semilla e inicia la síntesis de aminoácidos. A su vez, como siempre existe un pool de aminoácidos, el efecto no es inmediato.

Para las últimas dos mediciones, las diferencias encontradas son significativas para todos los tratamientos: 40 días pre siembra (dps) presenta los valores más altos de altura, 20 los peores y 0 valores intermedios. Entre 40 dps y 20 dps se encontraron valores entorno al 20% en reducción de altura. A su vez, entre 0 dps y 40 dps se encontraron reducciones entorno al 10%.

Clorofila

En el siguiente gráfico se presentan los resultados de la medición de clorofila A y B sólo para los tratamientos 0 y 20 días pre siembra porque por un error en la determinación nos vimos obligados a descartar el tratamiento de 40 días.

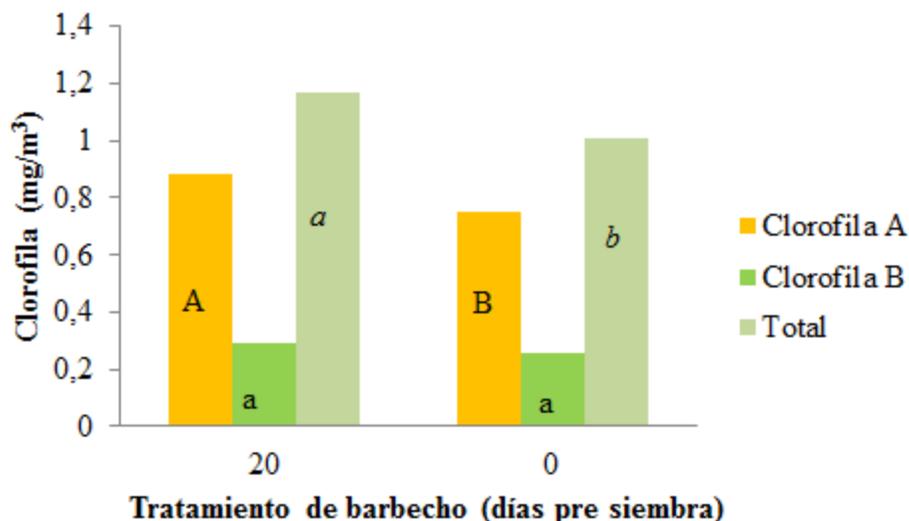


Figura No. 6. Efecto del tratamiento de barbecho sobre la clorofila A y B.

Como se observa, tanto el contenido de clorofila A como de clorofila total resultaron significativamente menores (15 y 14 % respectivamente) en el tratamiento de 0 días, mientras que para la clorofila B no hubieron diferencias significativas para los tratamientos de barbecho.

Los efectos encontrados en esta variable si resultan esperados a diferencia de lo que se discutiera en relación a altura.

Según la bibliografía consultada, el nivel de clorofila en hojas es un muy buen indicador de cuan estresada se encuentra la planta (Huang et al., 2012). Considerando los resultados de la figura 6 se interpreta que la disminución del intervalo aplicación-siembra resultó en un incremento en el nivel de estrés de las plantas.

Estado de desarrollo

Como se mencionara en materiales y métodos, el estado de desarrollo se estimó en distintas oportunidades a campo y en laboratorio.

Como se observa en los cuadros 5 y 6, el tratamiento de 20 días pre siembra parece haber sido el responsable del efecto detectado.

Esto sigue el mismo patrón de tendencias encontrado para otras variables, como el caso de altura, en la que también fue este tratamiento el más afectado.

Cuadro No. 5. Efecto del tratamiento de barbecho sobre el estado de desarrollo medido en laboratorio.

Tratamiento de barbecho	Estado de desarrollo 12 diciembre		Estado de desarrollo 27 diciembre		Estado de desarrollo 11 enero		Estado de desarrollo 21 enero	
	V1	A	V4	A	V6	AB	V7	A
40	V1	A	V4	A	V6	AB	V7	A
0	V1	A	V4	A	V6	A	V6-V7	AB
20	V1	A	V4	A	V5	B	V6	B

Cuadro No. 6. Efecto del tratamiento de barbecho sobre el estado de desarrollo medido a campo.

Tratamiento de barbecho	Estado de desarrollo 11 enero		Estado de desarrollo 20 enero		Estado de desarrollo 4 abril	
	V6	A	V8	A	R6	A
40	V6	A	V8	A	R6	A
0	V6	A	V7-V8	A	R6	A
20	V6	A	V6	B	R6	A

Como se observa en los cuadros, el efecto a nivel del desarrollo no fue muy marcado. Solamente en tres de las siete mediciones se encontraron diferencias significativas: el 11 y 21 de enero en laboratorio, y el 20 de enero a campo.

Es de remarcar que estas diferencias se aprecian solamente a mitad de ciclo, en enero, ya que ni en las primeras mediciones ni en las últimas hubo diferencias para esta variable.

Si bien no encontramos una explicación satisfactoria para estos resultados, cabe destacar la diferencia en relación a la altura.

En el caso de la altura en las estimaciones el mes de enero, que coincidieron con un periodo de deficiencias hídricas, no se encontró diferencias lo que se explicó por un enmascaramiento del efecto de la aplicación de herbicidas por parte de la falta de agua.

En este caso, por el contrario, este fue el único período en el que se encontraron diferencias.

Cobertura

El mayor porcentaje de cobertura fue estimado con 40 días pre siembra en todos los casos. En cuanto a los tratamientos con 20 y 0 días una vez más el tratamiento 20 días pre siembra mostró mayores efectos que 0 días (Cuadro 7).

Cuadro No. 7. Efecto del tratamiento de barbecho sobre el porcentaje de cobertura

Tratamiento de barbecho	%cobertura 4 enero		%cobertura 11 enero		%cobertura 20 enero		%cobertura 12 marzo	
40	81,5	A	84	A	89	A	97	A
0	75,5	B	84	A	87	B	93	B
20	72	B	78,5	B	82	C	91	C

Sintomatología de daño

Solo las estimaciones realizadas a nivel de planta mostraron efecto significativo y no se encontraron efectos generales a nivel de parcela.

Cabe aclarar que aun cuando se encontraran diferencias significativas para esta variable, los porcentajes de daño encontrados fueron muy bajos, del orden de 5% como máximo. Por otra parte, también importa destacar que se observó recuperación a nivel de esta variable, desapareciendo la sintomatología en la estimación realizada nueve días después (Cuadro 8).

Cuadro No. 8. Efecto del tratamiento de barbecho sobre el porcentaje de síntomas

Tratamiento de barbecho	%síntomas en planta 11 enero		%síntomas en planta 20 enero	
40	1	A	0	A
0	3	AB	0	A
20	5	B	0	A

Pese a la aparente pobreza de estos resultados, nos parece de alto interés profundizar en la discusión de esta variable siendo que se trata de una estimación muy fácil de realizar y por lo tanto de importante utilización práctica. No obstante,

consideramos que tendrá más valor diferir esta discusión para el final, después de haber discutido los efectos a nivel de rendimiento en grano.

4.1.2. Variables reproductivas

Del total de variables reproductivas determinadas, no se encontraron efectos significativo del tratamiento de barbecho en el caso de vainas por planta, peso de mil granos ni porcentaje de humedad, y si se encontraron para granos por metro cuadrado y rendimiento en kilogramos por hectárea. A continuación se presentan y discuten los resultados encontrados para estas variables.

Granos por metro cuadrado

En relación a esta variable importa destacar que, al igual que ocurriera en el caso de la estimación de clorofila, los resultados muestran una tendencia lógica. La aplicación de Finesse en barbecho el mismo día de la siembra disminuye el número de granos por metro cuadrado con respecto a la aplicación a los 40 días de la siembra. La aplicación a los 20 días muestra un comportamiento intermedio sin diferir de la aplicación a los 40 y a los 0 días pre siembra.

La disminución del número de granos por metro cuadrado en el tratamiento de 0 días pre siembra alcanzó un 10% con respecto a la aplicación a los 40 días de la siembra (Cuadro 9).

Cuadro No. 9. Efecto del tratamiento de barbecho en el número de granos por metro cuadrado.

Tratamiento de barbecho	Granos/m²	
40	60,4	A
20	57,8	AB
0	54,8	B
D.M.S. (5%) Tukey	5,6	

El que se hayan detectado efectos a nivel de esta variable es muy importante porque como se sabe, el número de granos por metro cuadrado es el principal componente del rendimiento final en grano.

Rendimiento

Como era lógico considerando los resultados obtenidos en el número de granos por metro cuadrado, también se encontraron significativos para los diferentes tratamientos en el rendimiento de la soja (Figura 7).

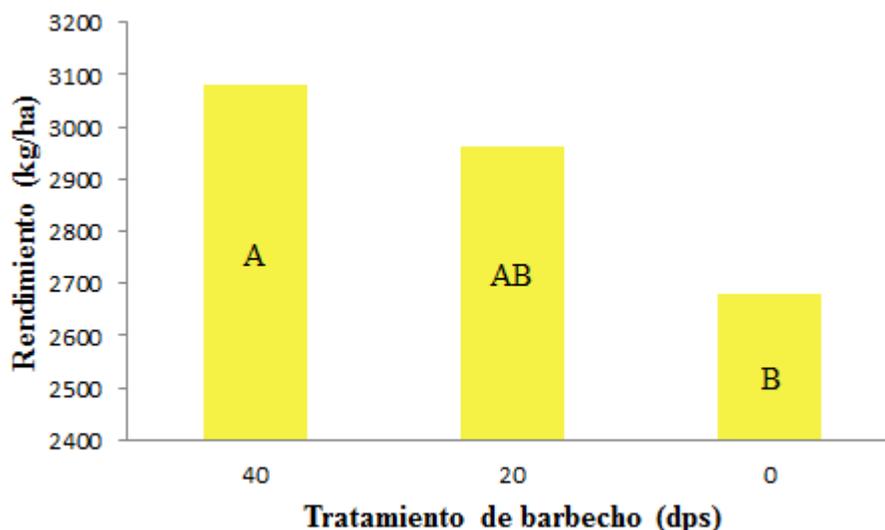


Figura No. 7. Efecto del tratamiento de barbecho sobre el rendimiento.

La aplicación del herbicida el mismo día de la siembra determinó una pérdida de rendimiento de aproximadamente 13% (400 kg/ha) con respecto a aplicar 40 días antes.

Estos resultados merecen dos comentarios adicionales. En primer término, en consideración al comportamiento intermedio encontrado a los 20 días, parece de interés continuar estudios en este tema incluyendo además tiempos intermedios fundamentalmente entre los 20 y los 40 días. Esto podría tener importantes implicancias prácticas.

En segundo término, y tal como surge de la revisión bibliográfica que se realizó, se cree realmente importante que se repita el experimento ya que el clima es otro factor que podría afectar fuertemente los resultados.

En relación al tema, es importante recordar que fue una primavera lluviosa por lo que se podría pensar que se favorecieron tanto los procesos de hidrólisis como la degradación microbiana del herbicida en el suelo. El período experimental durante el cual se realizó el presente estudio puede ser considerado como un período favorable para

la degradación del herbicida. Para el tratamiento de barbecho 40 días aplicación-siembra se acumularon un total de 670 mm hasta V1-V2, en el de 20 días aplicación-siembra 338 mm, y 282 mm para el tratamiento 0 días entre aplicación-siembra.

Por último, se podría realizar otra consideración de importancia. En la medida en que los resultados para el tratamiento sin Finesse, quien fuera el testigo sin sulfonilurea, no pudieron ser incluidos en el análisis se hace imposible saber si no se hubieran constatado efectos inclusive a los 40 días.

4.1.3. Consideraciones generales en relación a los tratamientos de barbecho

Considerando todas las variables estimadas, podría decirse que existió coincidencia entre los efectos detectados a partir de mediados de enero y el rendimiento final. En varias de las variables estimadas, en los estados vegetativos no se detectó efecto de tratamiento en las primeras determinaciones de diciembre y principios de enero.

El haberse detectado efectos en las estimaciones sobre fines de enero en adelante y su coincidencia con rendimiento parece lógico considerando la relación entre el rendimiento y el estado de la planta en los momentos críticos de definición de rendimiento alrededor de R1.

Sin embargo, parece destacable el hecho que no se hayan encontrado expresiones de efectos tempranamente. Inclusive, podría pensarse que el riesgo de pérdida de rendimiento sólo puede ser detectado a campo tardíamente.

En relación al mismo punto, referente a detección de efectos de fitotoxicidad de residuos de herbicidas en barbecho, la evaluación visual de daño resulta de particular importancia como se mencionara anteriormente. Al respecto, y considerando los resultados del presente estudio, creemos interesante destacar que, pese a haberse comprobado efectos a nivel del rendimiento de la soja, los síntomas de daño fueron sólo visualizados muy tempranamente a los 51 dps y se observó posterior recuperación.

También parece importante resaltar que se encontraron efectos en el rendimiento que alcanzaron los 400 kg de pérdida pese a haberse observado mínimos porcentajes de daño en el cultivo.

Inclusive más, importa mencionar que este mínimo a nivel de sintomatología solo fue detectado cuando se estimó al detalle a nivel de plantas. Esto estaría indicando que solo sería posible una predicción de daño a partir de una estimación de esta

naturaleza realizada muy tempranamente y a partir de una evaluación muy detallada. Alternativamente podría considerarse que la estimación de sintomatología de daño no es un buen indicador de los riesgos de pérdida de rendimiento por persistencia del herbicida aplicado en barbecho.

Otra consideración general de interés es la diferencia de los efectos de los tratamientos en las estimaciones vegetativas y reproductivas. A nivel de las variables reproductivas, las tendencias mostradas por los tratamientos parecen muy lógicas, siendo mínimos los efectos en el caso del tratamiento con la mayor anticipación a la siembra, de 40 días, y mayores cuando la anticipación fue de 0 días, aplicado el día de la siembra.

En el caso de las variables vegetativas, por el contrario, los mayores efectos depresores fueron encontrados para el tratamiento intermedio, de aplicación 20 días antes de la siembra, llegando inclusive a resultar similares los tratamientos de 0 y 40 días. Aun cuando no es posible manejar una explicación para estos resultados, importa mencionar que existen estudios realizados que encuentran tendencias similares. Pérez (2007), encuentra efectos depresores mayores en determinaciones iniciales de peso y longitud de raíz de soja para residuos de 8 gramos en comparación con la de 12 gramos de producto comercial de metsulfuron, aplicados 30 días antes de la siembra en comparación con aplicaciones 100 días pre siembra.

Es muy posible que estos resultados opuestamente contradictorios tengan relación con el complejo comportamiento que presentan las sulfonilureas en el suelo. Si bien se conocen los mecanismos involucrados en la degradación de este herbicida, y los factores que la afectan (Brown, 1990), también se conoce que parte de la dosis de metsulfuron y clorsulfuron aplicada en los suelos forma residuos no extractables en suelo que pueden ser liberados posteriormente aunque se desconoce claramente la cantidad liberada y los factores involucrados en la liberación de estos residuos (Barriuso et al., 2008).

Finalmente, los resultados obtenidos sostienen que el intervalo seguro para la siembra de un cultivar de soja STS luego de una aplicación de sulfonilurea en barbecho es de 40 días; aunque habría que confirmarlo comparándolo con un testigo sin aplicar sulfonilureas.

4.2. SELECTIVIDAD DE LOS TRATAMIENTOS EN CULTIVO

En este ítem se presentan y discuten los efectos de los tratamientos en cultivo estudiados y su posible interacción con los tratamientos de barbecho para todas las variables estimadas. Como se mencionara en materiales y métodos se utilizaron cuatro sulfonilureas a dosis simple y doble (tratamientos 1 a 8) y glifosato a dosis simple y doble como testigos (tratamientos 9 y 10 respectivamente).

4.2.1. Variables vegetativas

De las variables medidas, no se encontró efecto de los tratamientos en cultivo en largo de raíz, cantidad de nódulos ni largo de entrenudos, pero si se encontró efecto de los tratamientos en altura a campo, altura a laboratorio, peso fresco y seco, clorofila A y B, estado de desarrollo, porcentaje de cobertura y porcentaje de síntomas. Se estudió la interacción entre tratamiento de barbecho y tratamiento de cultivo cuando fue significativa.

Altura

Existió un importante efecto en la altura de planta determinándose una reducción del 46% y 50% entre el mejor y peor tratamiento en la primera y última medición respectivamente. Por otra parte, los resultados muestran claramente dos grandes grupos de respuesta, por un lado los tratamientos 7, 8, 3 y 4 que son los más afectados, y por el otro 1, 2, 5, 6, 9,10 menos afectados (Cuadro 10).

Cuadro No. 10. Efecto del tratamiento en cultivo sobre la altura a campo.

Tratamiento	Altura 4 Ene. (cm.)		Altura 11 Ene. (cm.)		Altura 20 Ene. (cm.)		Altura 12 Mar. (cm.)	
1	34,5	A	53	A	60,3	A	75	A
2	31,3	AB	50,4	A	58,4	A	76,7	A
9	33,6	AB	50,7	A	58,9	A	74,3	A
10	31,3	AB	50,2	A	57,3	A	73,6	A
5	31,1	B	52,7	A	59,4	A	72,8	A
6	31,2	AB	52,3	A	58,7	A	74,6	A
7	21,2	C	25,4	B	22,3	B	54,6	B
8	19,6	C	22,3	B	20,9	B	44,1	CD
3	18,5	C	21,7	B	19,8	B	48	BC
4	18,8	C	21,8	B	20,1	B	37,8	D
D.M.S. (5%) Tukey	3,3		5		3,6		7,4	

T1: G + clorimuron pre, T2: G + clorimuron pre dosis doble, T3 : G + metsulfuron post, T4 : G + metsulfuron post dosis doble, T5 : G + clorimuron post, T6 : G + clorimuron post dosis doble, T7 : G + Finesse post, T8 : G + Finesse post dosis doble, T9 : Glifosato (G), T10 : Glifosato dosis doble

El fuerte efecto estimado en los tratamientos 7, 8, 3 y 4 es lo esperado y confirma sin lugar a dudas los riesgos de la utilización de estas sulfonilureas en la etapa de cultivo.

En cuanto al segundo grupo, se observaron sólo diferencias en la primera estimación de altura, en la que el tratamiento 5 de clorimuron post emergente presentó menor altura que el tratamiento 1 de clorimuron en pre emergencia. Este resultado llama la atención siendo que el clorimuron se encuentra registrado para la post emergencia y no en pre emergencia, cuando se considera que pueden existir riesgos de daño.

Podría interpretarse que la tolerancia a sulfonilureas en esta variedad estuviera explicando la ausencia de efectos del clorimuron en pre emergencia aunque no explica el comportamiento de la altura en el tratamiento de clorimuron post emergente, que podría considerarse el resultado de algún error de tipo experimental.

Considerando el resto de los resultados de altura en donde todos los tratamientos tienen el mismo comportamiento, si bien los resultados obtenidos en este estudio no son concluyentes, el que aplicar glifosato sea lo mismo que aplicar clorimuron pre o post

emergente puede implicar que tratamientos con clorimuron es selectivo en soja STS. Si el ensayo hubiera incluido una soja no STS en la que se hubiera podido comprobar daños del clorimuron al menos en la doble dosis, esto se podría afirmar de manera concluyente.

Sin lugar a dudas viendo el comportamiento de los tratamientos en el segundo grupo, existieron importantes efectos de daño, y estos daños fueron más acentuados tal como puede observarse en la última estimación del 12 de marzo, en los tratamientos de las dobles dosis.

A su vez, en la primera medición dentro del segundo grupo se observa una diferencia entre los tratamientos 1 y 5, teniendo el resto de los tratamientos un comportamiento intermedio.

Posteriormente el tratamiento 5 se recupera no demostrando diferencias con el resto (1, 2, 6, 9 y 10). Por otro lado, dentro del grupo más afectado no hay diferencias entre los tratamientos en las etapas iniciales del cultivo pero hacia el final del ciclo los tratamientos 3 y 7 (dosis simples) logran una mayor recuperación que esos mismos tratamientos en dosis dobles (4 y 8).

Las alturas medidas en el laboratorio siguieron claramente la misma tendencia señalada para las alturas a campo (Cuadro 11).

Cuadro No. 11. Efecto del tratamiento en cultivo sobre la altura a laboratorio.

Tratamiento	Altura 12 Dic.		Altura 27 Dic.		Altura 11 Ene.		Altura 21 Ene.	
1	11,5	A	15	A	27,8	A	37,8	A
2	10,4	A	14,6	A	26,7	A	37,7	A
9	10,8	A	16	A	28,2	A	36,8	A
10					27,1	A	37	A
5					28,3	A	37,6	A
6					28,3	A	37,6	A
7					14,8	B	17,9	B
8					14	B	16,9	B
3					15,2	B	17,16	B
4					14,4	B	16,9	B
D.M.S. (5%) Tukey	1,2		2,4		3,4		5	

T1: G + clorimuron pre, T2: G + clorimuron pre dosis doble, T3 : G + metsulfuron post, T4 : G + metsulfuron post dosis doble, T5 : G + clorimuron post, T6 : G + clorimuron post dosis doble, T7 : G + Finesse post, T8 : G + Finesse post dosis doble, T9 : Glifosato (G), T10 : Glifosato dosis doble

Una vez más resultan válidos los comentarios realizados sobre los resultados de las alturas a campo en cuanto a que no hay diferencia entre aplicar glifosato o clorimuron en pre o post emergencia. Por lo tanto, la característica STS parecería brindar tolerancia al clorimuron.

También se observan dos grandes grupos, los tratamientos 7, 8, 3 y 4 siendo los más afectados por un lado y sin presentar diferencias entre sí, y los tratamientos 1, 2, 9, 10, 5 y 6 los menos afectados tampoco presentando diferencias entre sí. Entre estos dos grupos se pueden apreciar reducciones de altura de hasta aproximadamente un 50%.

Sin embargo, vale aclarar que hubiera sido conveniente realizar una última medición en Marzo para evaluar si, como se vio para altura a campo (Cuadro 10), se recuperan los tratamientos 3 y 7 correspondientes a dosis simples de Metsulfuron y Finesse respectivamente.

Para la variable altura, se encontró una interacción significativa con cambio de magnitud para la medición del 11 enero en laboratorio (Figura 8).

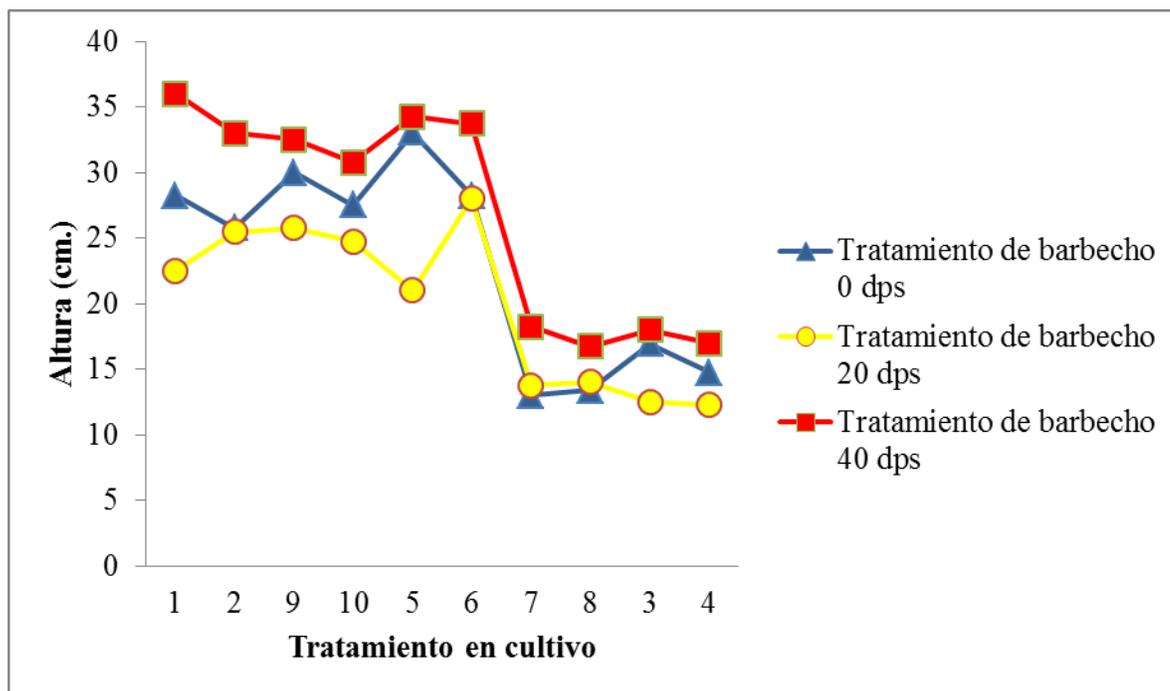


Figura No. 8. Interacción tratamiento de barbecho por tratamiento en cultivo para la variable altura 11 de enero medida en laboratorio.

T1: G + clorimuron pre, T2: G + clorimuron pre dosis doble, T3 : G + metsulfuron post, T4 : G + metsulfuron post dosis doble, T5 : G + clorimuron post, T6 : G + clorimuron post dosis doble, T7 : G + Finesse post, T8 : G + Finesse post dosis doble, T9 : Glifosato (G), T10 : Glifosato dosis doble

A partir del gráfico, se desprende que la interacción en este caso es debida a que en los tratamientos que no se vieron muy afectados por los herbicidas aplicados en cultivo es posible distinguir un efecto de los tratamientos de barbecho.

En cambio, la magnitud de ese efecto no se observa en los tratamientos muy afectados ya que hubo un efecto mayor en los tratamientos de cultivo que enmascara el efecto barbecho.

Biomasa

En siguientes cuadros (Cuadros 12 y 13) se presentan los resultados del efecto de los tratamientos en cultivo sobre la biomasa de las plantas de soja, determinada a través de peso fresco y peso seco.

Cuadro No. 12. Efecto del tratamiento en cultivo sobre el peso fresco

Tratamiento	Peso fresco 27 dic. (g.)		Peso fresco 11 ene. (g.)		Peso fresco 21 ene. (g.)	
1	45,8	A	111,4	A	159,7	A
2	52,6	A	93,2	A	144,3	A
9	52,8	A	92,5	A	150,6	A
10			110,6	A	146,7	A
5			96,8	A	140,4	A
6			105,6	A	140,8	A
7			29,4	B	48,6	B
8			28,7	B	40,7	B
3			25,1	B	35,7	B
4			24,5	B	33,6	B
D.M.S. (5%) Tukey	15,8		38,8		44,8	

T1: G + clorimuron pre, T2: G + clorimuron pre dosis doble, T3 : G + metsulfuron post,
 T4 : G + metsulfuron post dosis doble, T5 : G + clorimuron post, T6 : G + clorimuron
 post dosis doble, T7 : G + Finesse post, T8 : G + Finesse post dosis doble, T9 : Glifosato
 (G), T10 : Glifosato dosis doble

Cuadro No. 13. Efecto del tratamiento en cultivo sobre el peso seco

Tratamiento	Peso seco 27 dic. (g.)		Peso seco 11 ene. (g.)		Peso seco 21 ene. (g.)	
1	10,3	A	27	A	37,5	A
2	12	A	20,6	A	33,9	A
9	12,3	A	21,3	A	36,3	A
10			26,6	A	34,4	A
5			24,3	A	33	A
6			24,9	A	32,9	A
7			10,8	B	15,4	B
8			10,3	B	13,5	B
3			9,4	B	12,1	B
4			8,8	B	12,2	B
D.M.S. (5%) Tukey	3,9		9		10,9	

T1: G + clorimuron pre, T2: G + clorimuron pre dosis doble, T3 : G + metsulfuron post, T4 : G + metsulfuron post dosis doble, T5 : G + clorimuron post, T6 : G + clorimuron post dosis doble, T7 : G + Finesse post, T8 : G + Finesse post dosis doble, T9 : Glifosato (G), T10 : Glifosato dosis doble

Como era de esperarse, los tratamientos en los que la altura de planta fue más afectada (Cuadros 10 y 11) son los que a su vez presentan menores valores tanto de peso fresco como seco.

Una vez más es posible distinguir dos grandes grupos que difieren entre ellos pero no dentro de ellos y se corresponden con los mismos grupos descritos en las variables anteriores.

Las reducciones en peso fresco y peso seco son más marcadas que para altura, encontrándose pérdidas de hasta 78% y 67% respectivamente indicando que, al menos a nivel de este estudio, la biomasa mostró mayor sensibilidad que la altura en la detección de los efectos.

Clorofila

Los resultados para la determinación de clorofila total, A y B resultan concordantes con los que se obtuvieran tanto para la altura como para la biomasa.

Los tratamientos de clorimuron tanto en pre como post emergencia y los de glifosato no mostraron diferencias a nivel de esta variable afirmando nuevamente que los tratamientos con clorimuron son selectivos para la tecnología STS.

Resulta destacable que tampoco para la doble dosis de glifosato se encontraron cambios en los niveles de estrés en la planta de soja.

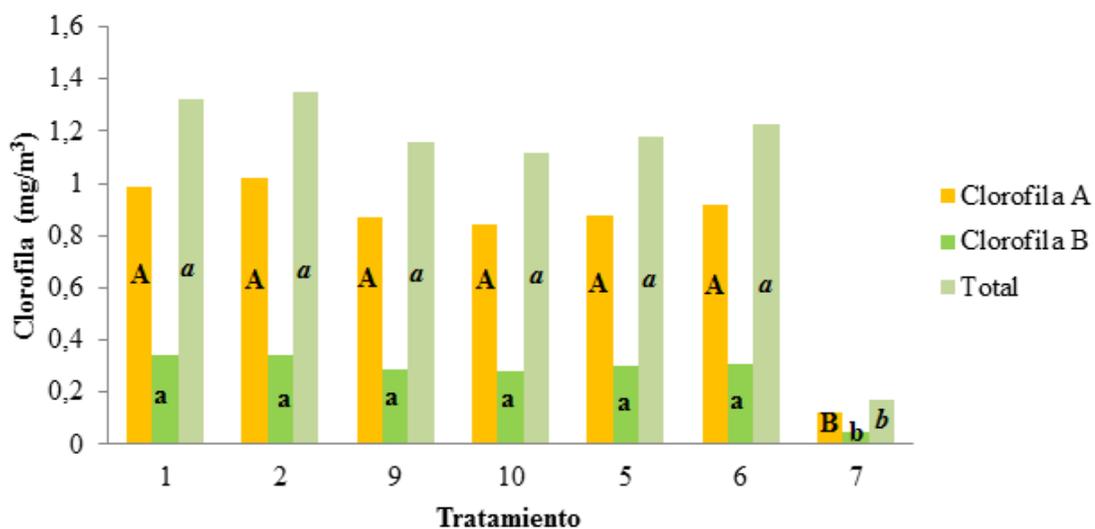


Figura No. 9. Efecto del tratamiento en cultivo sobre la clorofila A y B.

T1: G + clorimuron pre, T2: G + clorimuron pre dosis doble, T3 : G + metsulfuron post, T4 : G + metsulfuron post dosis doble, T5 : G + clorimuron post, T6 : G + clorimuron post dosis doble, T7 : G + Finesse post, T8 : G + Finesse post dosis doble, T9 : Glifosato (G), T10 : Glifosato dosis doble

Como se mencionara en el capítulo de determinaciones, para la variable clorofila no se tomaron muestras de las parcelas correspondientes a los tratamientos 8, 3 y 4 debido a que el método de determinación de clorofila es destructivo y estas parcelas estaban muy dañadas. Se tomó el tratamiento 7 de Finesse en dosis simple por ser uno de los más afectados.

Como se observa claramente en el gráfico, el efecto de los tratamientos en cultivo sigue la misma dirección que las variables ya analizadas. Es decir, los tratamientos 1, 2, 5 y 6 no difieren de los tratamientos en los que sólo se aplicó glifosato (tratamientos 9 y 10) mientras que el tratamiento 7 difiere significativamente, mostrando

que este tratamiento estresa las plantas en forma considerable. Tanto la clorofila A como la clorofila B se ven reducidas significativamente, en un 90% y 86% respectivamente.

Estado de desarrollo

Tanto para las mediciones en laboratorio como para las mediciones realizadas a campo ocurre lo mismo: se siguen distinguiendo dos grandes grupos, uno con los tratamientos más afectados (7, 8, 3 y 4) y el otro con los menos afectados (1, 2, 5, 6, 9 y 10).

Cuadro No. 14. Efecto de los tratamientos en cultivo sobre el estado de desarrollo determinado en laboratorio.

Tratamiento de cultivo	Estado de desarrollo 12 diciembre		Estado de desarrollo 27 diciembre		Estado de desarrollo 11 enero		Estado de desarrollo 21 enero	
1	V1	A	V4	A	V7	A	V8	A
2	V1	A	V4	A	V7	A	V7	A
9	V1	A	V4	A	V6	A	V8	A
10	V1	A	V4	A	V6-V7	A	V7	A
5					V6	A	V8	A
6					V6-V7	A	V8	A
7					V4	B	V4	B
8					V4	B	V4	B
3					V4	B	V4	B
4					V4	B	V4	B

T1: G + clorimuron pre, T2: G + clorimuron pre dosis doble, T3 : G + metsulfuron post, T4 : G + metsulfuron post dosis doble, T5 : G + clorimuron post, T6 : G + clorimuron post dosis doble, T7 : G + Finesse post, T8 : G + Finesse post dosis doble, T9 : Glifosato (G), T10 : Glifosato dosis doble

Cuadro No.15. Efecto de los tratamientos en cultivo sobre el estado de desarrollo determinado a campo.

Tratamiento de cultivo	Estado de desarrollo 11 enero		Estado de desarrollo 20 enero		Estado de desarrollo 4 abril	
1	V6-V7	A	V8	A	R7	A
2	V7	A	V8	A	R7	A
9	V7	A	V8-V9	A	R7	A
10	V7	A	V8	A	R7	A
5	V7	A	V8	A	R7	A
6	V7	A	V8	A	R7	A
7	V5	B	V5	B	R6	A
8	V5	B	V5	B	R5	A
3	V5	B	V5	B	R5	A
4	V5	B	V5	B	R5	A

T1: G + clorimuron pre, T2: G + clorimuron pre dosis doble, T3 : G + metsulfuron post, T4 : G + metsulfuron post dosis doble, T5 : G + clorimuron post, T6 : G + clorimuron post dosis doble, T7 : G + Finesse post, T8 : G + Finesse post dosis doble, T9 : Glifosato (G), T10 : Glifosato dosis doble

Como ocurrió para las otras variables medidas, los tratamientos con clorimuron, ya sea en pre o post emergencia, no difirieron en ningún momento con respecto a los tratamientos con glifosato. Esto reafirma la idea de que este tratamiento podría ser selectivo para la tecnología STS.

En cambio, para los tratamientos con Finesse o metsulfuron siempre se observan retrasos en el desarrollo del cultivo de por lo menos 1 o 2 puntos por debajo de los otros tratamientos en la escala de Fehr et al. (1971).

Es importante destacar que no se hallaron diferencias significativas para la medición del 4 de abril, hecho que no resulta lógico del punto de vista biológico ya que se evidencia claramente un atraso en el desarrollo en los tratamientos con Finesse o metsulfuron (R7 vs R5) y seguramente tengan relación con el análisis estadístico. La prueba de ello es que estos tratamientos se cosecharon dos semanas más tarde que el resto, lo que trae algunas consecuencias sobre la siembra del cultivo de invierno siguiente.

Cobertura

También en esta variable se observa igual tendencia que en las discutidas anteriormente, alcanzándose reducciones de hasta 67% y 74% de cobertura entre el tratamiento más y menos afectado en la primera y última medición respectivamente (Cuadro 16).

Cuadro No.16. Efecto de los tratamientos en cultivo sobre el porcentaje de cobertura

Tratamiento en cultivo	%cobertura 4 enero		%cobertura 11 enero		%cobertura 20 enero		%cobertura 12 marzo	
1	78,8	A	85,7	A	88,5	A	93,3	A
2	74	AB	85,6	A	87,5	A	93	A
9	76,3	AB	82,5	A	85,8	A	92,3	A
10	70,8	AB	80,6	A	84	A	92,5	A
5	66,8	B	81,2	A	84,3	A	89,5	A
6	67	B	83,2	A	86,3	A	93,6	A
7	30	C	30	B	30	B	68,8	B
8	27,3	C	22	B	21	B	34,3	CD
3	26,3	C	22,8	B	22,2	B	46,7	C
4	27,3	C	22,2	B	20,3	B	24	D

T1: G + clorimuron pre, T2: G + clorimuron pre dosis doble, T3 : G + metsulfuron post, T4 : G + metsulfuron post dosis doble, T5 : G + clorimuron post, T6 : G + clorimuron post dosis doble, T7 : G + Finesse post, T8 : G + Finesse post dosis doble, T9 : Glifosato (G), T10 : Glifosato dosis doble

El fuerte efecto estimado en los tratamientos 7, 8, 3 y 4 es lo esperado y confirma sin lugar a dudas los riesgos de la utilización de estas sulfonilureas en la etapa de cultivo.

Dentro del grupo más afectado no hay diferencias entre los tratamientos en las etapas iniciales del cultivo pero si hacia el final del ciclo cuando los tratamientos 3 y 7, de las dosis simples, logran una mayor recuperación que los mismos tratamientos en las dosis dobles (T4 y T8).

En cuanto al segundo grupo, sólo se observaron diferencias en la primera estimación de cobertura, en la que el tratamiento 5 y 6 de clorimuron post emergente presentaron menor cobertura que el tratamiento 1 de clorimuron en pre emergencia (reducción del 15%).

Posteriormente los tratamientos 5 y 6 se recuperan no demostrando diferencias con el resto (1, 2, 9, 10).

Como se viera anteriormente para la variable altura, estos resultados permiten afirmar que el tratamiento con clorimuron es selectivo para esta variedad. La afirmación podría realizarse con mayor confianza si en el estudio se hubiera incluido una variedad no STS en la que se hubiera comprobado algún efecto en la dosis simple o doble.

En esta variable además, se encontró interacción tratamiento de barbecho x tratamiento de cultivo en las tres últimas determinaciones (Figura 10, 11 y 12).

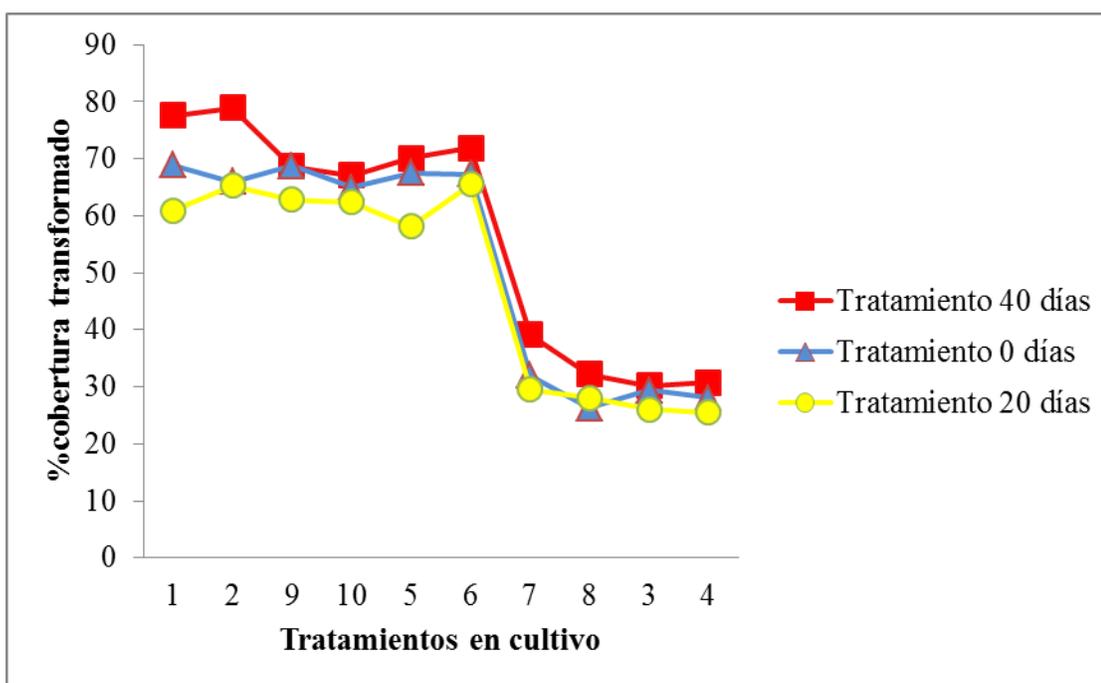


Figura No. 10. Interacción tratamiento de barbecho x tratamiento de cultivo para la variable % de cobertura medida el 11 de enero

T1: G + clorimuron pre, T2: G + clorimuron pre dosis doble, T3 : G + metsulfuron post, T4 : G + metsulfuron post dosis doble, T5 : G + clorimuron post, T6 : G + clorimuron post dosis doble, T7 : G + Finesse post, T8 : G + Finesse post dosis doble, T9 : Glifosato (G), T10 : Glifosato dosis doble

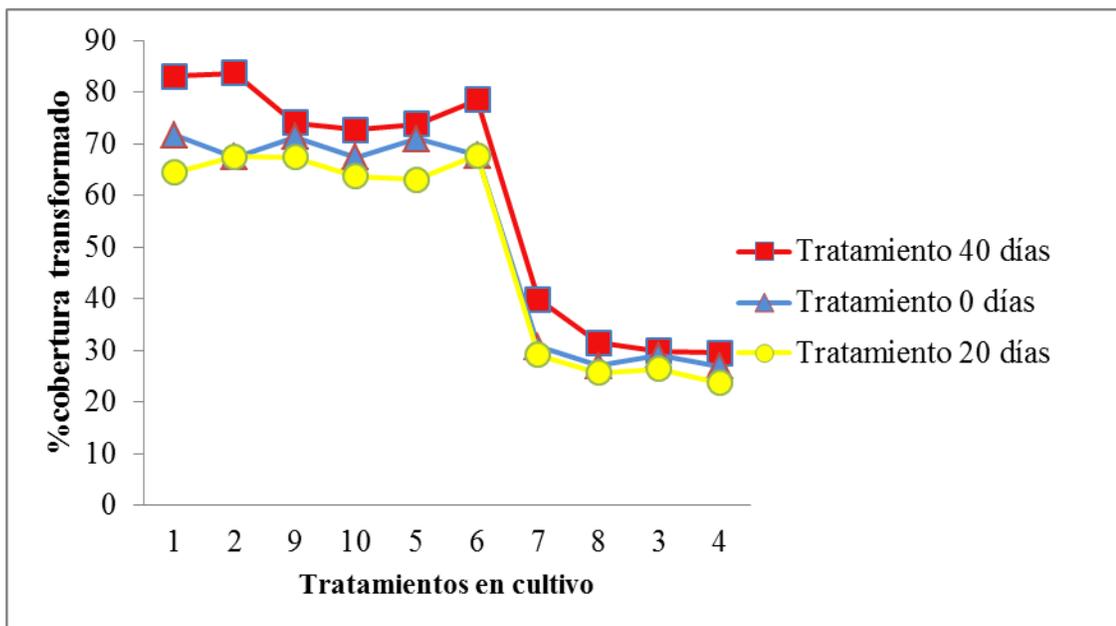


Figura No. 11. Interacción tratamiento de barbecho x tratamiento de cultivo para la variable % de cobertura medida el 20 de enero

T1: G + clorimuron pre, T2: G + clorimuron pre dosis doble, T3 : G + metsulfuron post,
 T4 : G + metsulfuron post dosis doble, T5 : G + clorimuron post, T6 : G + clorimuron
 post dosis doble, T7 : G + Finesse post, T8 : G + Finesse post dosis doble, T9 : Glifosato
 (G), T10 : Glifosato dosis doble

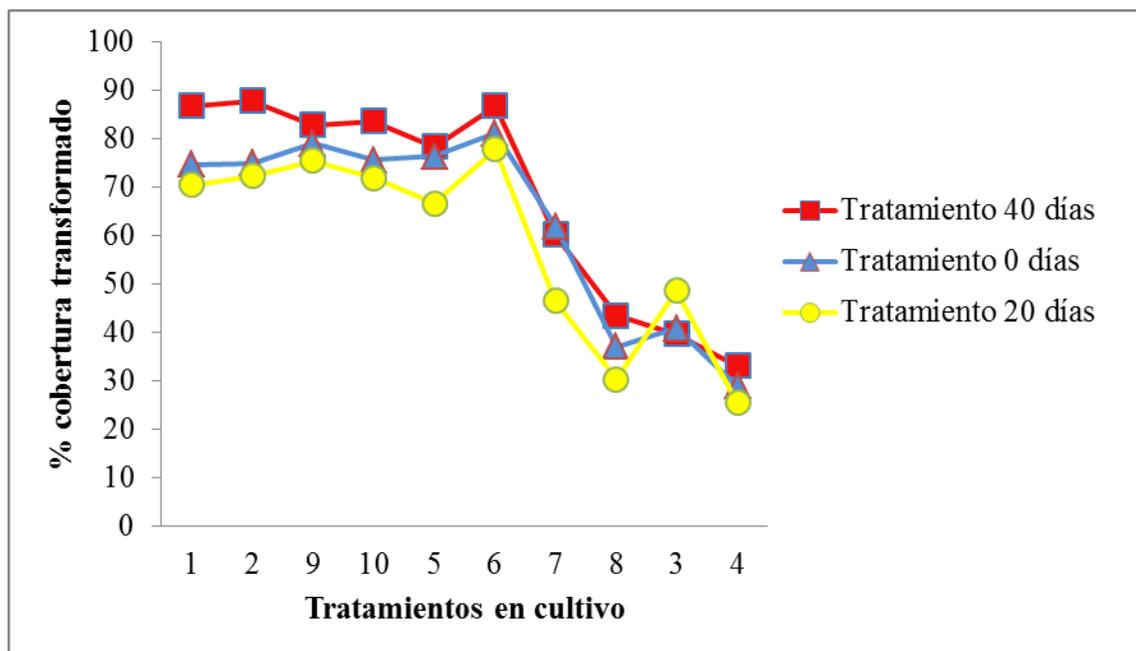


Figura No. 12. Interacción tratamiento de barbecho x tratamiento de cultivo para la variable % de cobertura medida el 12 de marzo

T1: G + clorimuron pre, T2: G + clorimuron pre dosis doble, T3 : G + metsulfuron post, T4 : G + metsulfuron post dosis doble, T5 : G + clorimuron post, T6 : G + clorimuron post dosis doble, T7 : G + Finesse post, T8 : G + Finesse post dosis doble, T9 : Glifosato (G), T10 : Glifosato dosis doble

Cabe aclarar que los valores de cobertura de los gráficos corresponden a valores transformados angularmente. De su análisis se desprende que la interacción es debida a que el efecto de los tratamientos de barbecho sólo se observó en los tratamientos 1, 2, 5, 6, 9 y 10.

Por el contrario, y tal como se observa en las figuras, en los tratamientos 7, 8, 3 y 4, el efecto de los tratamientos de barbecho se vio enmascarado por el fuerte efecto de los tratamientos de cultivo que seguramente impidieron la expresión del efecto del primero.

Cabe destacar también que el tratamiento 7 tuvo una recuperación importante para los tratamientos de 0 y 40 días (Figura 12) no ocurriendo lo mismo para el tratamiento de 20 días.

Los tratamientos 8, 3 y 4 no se comportan de la misma manera: el efecto del herbicida aplicado en cultivo es mayor al efecto del intervalo siembra-aplicación.

Sintomatología de daño

Para las dos formas de estimar daño se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en cultivo separándose claramente los dos grupos mencionados en varios de los ítems anteriores (Cuadro 17).

Cuadro No.17. Efecto de los tratamientos en cultivo sobre el porcentaje de síntomas

Tratamiento en cultivo	%síntomas en parcela 11 ene.		%síntomas en parcela 20 ene.		%síntomas en planta 11 ene.		%síntomas en planta 20 ene.	
1	0	A	0	A	2	A	0	A
2	0	A	0	A	3	A	0	A
9	0	A	0	A	3	A	0	A
10	0	A	0	A	4	A	0	A
5	0	A	0	A	4	A	0	A
6	0	A	0	A	4	A	0	A
7	100	B	100	B	57,5	B	55,6	B
8	100	B	100	B	64,6	B	63,3	B
3	100	B	100	B	64	B	62	B
4	100	B	100	B	65	B	64	B

T1: G + clorimuron pre, T2: G + clorimuron pre dosis doble, T3 : G + metsulfuron post, T4 : G + metsulfuron post dosis doble, T5 : G + clorimuron post, T6 : G + clorimuron post dosis doble, T7 : G + Finesse post, T8 : G + Finesse post dosis doble, T9 : Glifosato (G), T10 : Glifosato dosis doble

Los tratamientos con clorimuron ya sea en pre o post emergencia no difirieron significativamente de los tratamientos con solo glifosato.

Los tratamientos con Finesse o metsulfuron siempre presentaron daños ya sea en planta o en la parcela.

Igual que ya se comentara para la evaluación de la sintomatología de daño para los tratamientos de barbecho, también en este caso sólo se detectó alguna sintomatología cuando la estimación se realizó a nivel de planta y nunca en el caso de la evaluación general de parcela en los tratamientos de clorimuron y glifosato.

Lo contrario se observó en el caso de la evaluación de los tratamientos que mostraron importante fitotoxicidad. En este caso, aun cuando el 100% de la parcela resultó afectada, los daños a nivel de planta alcanzaban porcentajes de 55 y 65% respectivamente para Finesse y metsulfuron.

Tal como puede observarse en las fotos que siguen, los principales síntomas observados fueron clorosis, necrosis del ápice y coloraciones violáceas en las nervaduras en el envés de las hojas.



Figura No. 13. Daño en parcela para los tratamientos 7, 4, 8 y 1.



Figura No. 14. Hojas con clorosis y necrosis causadas por las sulfonilureas.



Figura No. 15. Nervaduras del envés con coloraciones violáceas

4.2.2. Variables reproductivas

Del total de variables reproductivas determinadas, se encontraron efecto del tratamiento en cultivo para todas excepto para porcentaje de humedad. A continuación se presentan y discuten los resultados encontrados para estas variables.

Vainas por planta

El cuadro 18 refleja lo esperado según los resultados obtenidos en las variables vegetativas, aquellos tratamientos que fueron más afectados en etapas vegetativas son los que a su vez resintieron más este componente del rendimiento.

Cuadro No. 18. Efecto del tratamiento en cultivo sobre el número de vainas por planta

Tratamiento en cultivo	Vainas/planta	
1	31,7	A
2	29,7	A
9	27,8	A
10	29,3	A
5	27,8	A
6	27,6	A
7	21,3	B
8	18,1	BC
3	15,1	CD
4	10,7	D
D.M.S. (5%) Tukey	5,3	

T1: G + clorimuron pre, T2: G + clorimuron pre dosis doble, T3 : G + metsulfuron post, T4 : G + metsulfuron post dosis doble, T5 : G + clorimuron post, T6 : G + clorimuron post dosis doble, T7 : G + Finesse post, T8 : G + Finesse post dosis doble, T9 : Glifosato (G), T10 : Glifosato dosis doble

En el cuadro 18 se observa como los tratamientos de clorimuron pre y post emergencia (tratamientos 1, 2, 5 y 6) son los que mayor número de vainas por planta tienen, sin diferir con aquellos en los que sólo se aplicó glifosato (tratamientos 9 y 10). En cambio, los tratamientos más afectados siguen siendo los 7, 8, 3 y 4.

Coincidentemente con lo anterior, las dobles dosis fueron más afectadas que las simples.

Sin embargo, para esta variable se encuentran diferencias significativas entre aplicar Metsulfuron (tratamientos 3 y 4) o Finesse (tratamientos 7 y 8), a favor de este último indicando que la soja STS presenta menor tolerancia al metsulfuron que al clorsulfuron.

Peso de mil granos (PMG)

En el caso de esta variable si bien siguen diferenciándose claramente los dos grupos de tratamientos no aparecen diferencias dentro de los grupos.

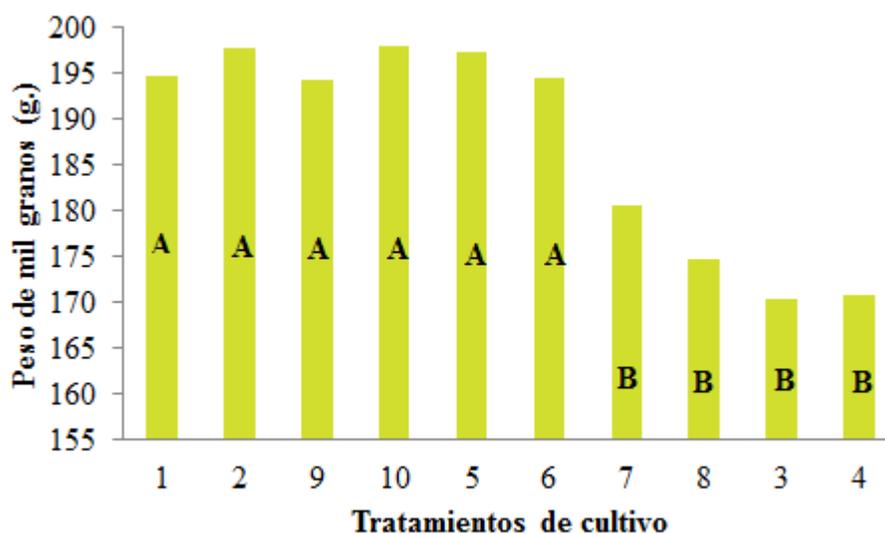


Figura No. 16. Efecto de los tratamientos en cultivo sobre el peso de mil granos.

T1: G + clorimuron pre, T2: G + clorimuron pre dosis doble, T3 : G + metsulfuron post, T4 : G + metsulfuron post dosis doble, T5 : G + clorimuron post, T6 : G + clorimuron post dosis doble, T7 : G + Finesse post, T8 : G + Finesse post dosis doble, T9 : Glifosato (G), T10 : Glifosato dosis doble

Como se observa en la gráfica, para peso de mil granos (PMG) no se encontraron diferencias significativas para los tratamientos de clorimuron en pre y post emergencia (tratamientos 1, 2, 5 y 6) comparados con los testigos en los que sólo se aplicó glifosato (tratamientos 9 y 10). En cambio, en los tratamientos en los que se aplicó metsulfuron o Finesse se notan disminuciones en el PMG entre 9% y 14% sin diferir entre sí.

Granos por metro cuadrado

En el siguiente cuadro (Cuadro 19) vuelven a encontrarse tendencias muy parecidas a las que mostró la variable vainas por planta e incluso se muestra una mayor sensibilidad que permite diferenciar dosis simples de dosis dobles en el caso del Finesse.

Cuadro No. 19. Efecto del tratamiento en cultivo sobre el número de granos por metro cuadrado

Tratamiento en cultivo	Granos/m ²	
1	62,8	A
2	59,63	A
9	57,31	A
10	59,63	A
5	59,09	A
6	54,69	A
7	27,81	B
8	18,53	C
3	15,01	CD
4	9,56	D
D.M.S. (5%) Tukey	8,2	

T1: G + clorimuron pre, T2: G + clorimuron pre dosis doble, T3 : G + metsulfuron post, T4 : G + metsulfuron post dosis doble, T5 : G + clorimuron post, T6 : G + clorimuron post dosis doble, T7 : G + Finesse post, T8 : G + Finesse post dosis doble, T9 : Glifosato (G), T10 : Glifosato dosis doble

Es tan clara la diferencia en la tolerancia entre Finesse y metsulfuron que la doble dosis de Finesse es igual a la dosis simple de metsulfuron.

Como era de esperarse a partir de todos los resultados presentados anteriormente, las aplicaciones de clorimuron, ya sea a dosis simple o doble (tratamientos 1, 2, 5 y 6), no difirieron significativamente con el testigo sólo glifosato (tratamientos 9 y 10).

Por otra parte, los tratamientos de metsulfuron, tanto a dosis simple y doble (tratamientos 3 y 4) fueron los más afectados, con un disminución de hasta 85% con respecto al mejor tratamiento. A su vez, existe un comportamiento intermedio del Finesse aplicado a dosis simple (tratamiento 7), en el que se observaron reducciones del 55% con respecto al mejor tratamiento.

Rendimiento (kg/ha)

Por último, en la siguiente gráfica se presentan los resultados del efecto de las aplicaciones de sulfonilureas en cultivo en el rendimiento en grano.

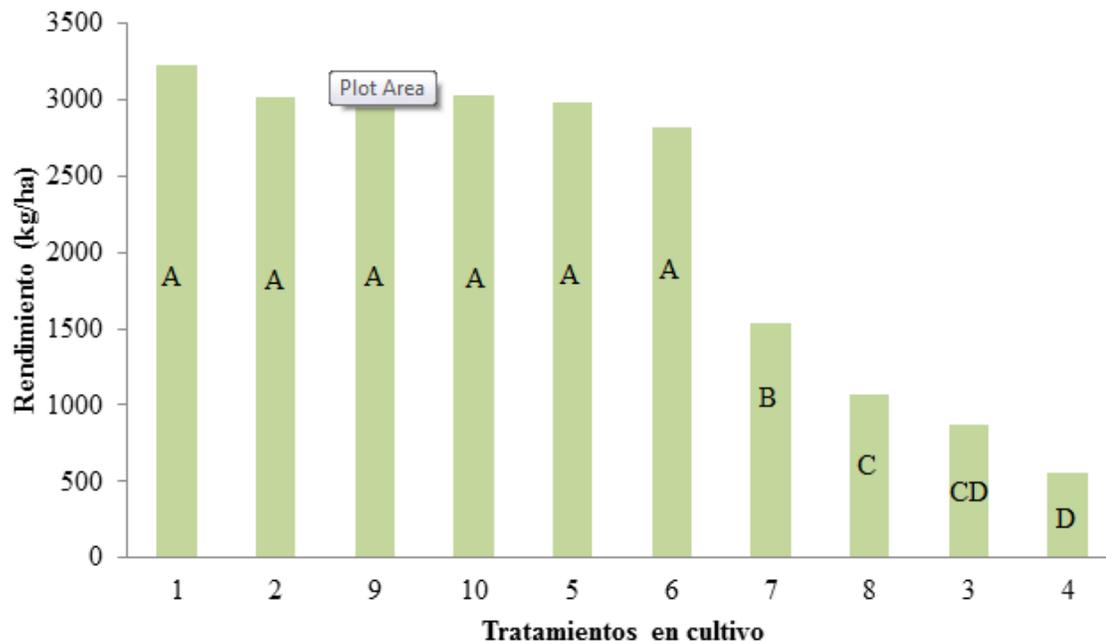


Figura No. 17. Efecto del tratamiento en cultivo sobre el rendimiento en grano.

T1: G + clorimuron pre, T2: G + clorimuron pre dosis doble, T3 : G + metsulfuron post, T4 : G + metsulfuron post dosis doble, T5 : G + clorimuron post, T6 : G + clorimuron post dosis doble, T7 : G + Finesse post, T8 : G + Finesse post dosis doble, T9 : Glifosato (G), T10 : Glifosato dosis doble

Es bien claro que el rendimiento acompaña exactamente el comportamiento descrito para la variable granos por metro cuadrado, lo cual es lógico ya que éste último es el principal componente del rendimiento en soja.

Resulta lógico pensar que aquellos tratamientos con sulfonilureas que menos afectaron el desarrollo vegetativo de la soja y tampoco afectaran los distintos componentes del rendimiento (clorimuron a dosis simple y doble en pre y post emergencia), no difieran de los testigos y sean los que obtienen mayor rendimiento, superiores a los 3.000 kg/ha. En visto a lo presentado, se podría asegurar que el clorimuron, inclusive en pre emergencia y doble dosis, resultó ser selectivo para el cultivar de soja STS Don Mario 6.2i.

Por otro lado, los tratamientos con metsulfuron fueron los que más afectaron el rendimiento con reducciones de hasta 83% (2.665 kg/ha) entre el tratamiento a dosis doble y el mejor de los tratamientos. Este resultado también era de esperarse debido a lo presentado en los cuadros y figuras anteriores.

Por su parte, el tratamiento de Finesse a dosis simple presentó un comportamiento intermedio con reducciones de aproximadamente 50% (1.685 kg/ha) con respecto al mejor tratamiento. Con esto se concluye que tanto Finesse como metsulfuron no son selectivos para el cultivar de soja STS Don Mario 6.2i.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo citado en la bibliografía. Albrecht et al. (2012a) reportaron que no existen diferencias significativas en rendimiento de soja en aplicaciones de clorimuron en V5. En cambio, sí encontraron reducciones de 42% de rendimiento con aplicaciones de metsulfuron.

5. CONCLUSIONES

Tanto los tratamientos de barbecho como los de cultivo afectaron diferencialmente el crecimiento, desarrollo y rendimiento final de la soja.

El rendimiento con Finesse aplicado a la siembra fue 400 kg/ha menor que cuando se aplicó 40 días antes de la siembra.

En el caso de los tratamientos de barbecho se encontró mayor relación entre los efectos en el rendimiento y las estimaciones vegetativas tardías que con las estimaciones de crecimiento y/o desarrollo tempranas y la sintomatología de daño.

En cuanto a los tratamientos en cultivo, todas las variables vegetativas, reproductivas y rendimiento final se vieron fuertemente afectadas por los tratamientos de Finesse y metsulfuron realizados en V4.

Los tratamientos con clorimuron tanto en pre como en post emergencia tuvieron un comportamiento similar a los tratamientos testigos con glifosato.

La estimación del estrés inducido por los tratamientos tanto de barbecho como de cultivo, realizado a partir de la determinación de clorofila A, B y total, mostró consistencia con las restantes variables detectando efecto de los tratamientos.

6. RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República. El experimento se instaló en el verano del 2013 (septiembre 2012 – abril 2013) con el objetivo de evaluar la tolerancia de un cultivar de soja STS (Don Mario 6.2i) a aplicaciones de sulfonilureas en barbecho, pre emergencia (clorimuron, dosis simple y doble) y post emergencia (clorimuron, Finesse y metsulfuron, dosis simples y dobles). Se realizó una serie de experimentos en la que cada tratamiento de barbecho (G+Finesse 0, 20 y 40 días pre-siembra y un testigo sólo glifosato) corresponde a un experimento. Dentro de cada experimento se realizó un diseño en bloques completos al azar con 4 bloques y 10 tratamientos correspondiendo a los tratamientos de pre emergencia y post emergencia mencionados. Las determinaciones consistieron en dos evaluaciones de implantación, seis determinaciones periódicas de altura de planta y largo de entrenudos, tres de biomasa, dos del largo de raíz y una del número de nódulos. Se realizaron además determinaciones periódicas de desarrollo y cobertura del cultivo a lo largo del ciclo, y de sintomatología de daño en las etapas tempranas. A los 11 dpa de los tratamientos post, se estimó clorofila en algunos tratamientos seleccionados. A la cosecha, se estimó rendimiento y sus componentes (no. de vainas/ planta, no. de granos/m², PMG y humedad) en cuatro metros lineales por parcela. Tanto los tratamientos de barbecho como los de cultivo afectaron diferencialmente el crecimiento, desarrollo y rendimiento final de la soja. El rendimiento con Finesse aplicado a la siembra fue 400 kg/ha menor que cuando se aplicó 40 días antes de la siembra. En el caso de los tratamientos de barbecho se encontró mayor relación entre los efectos en el rendimiento y las estimaciones vegetativas tardías que con las estimaciones de crecimiento y/o desarrollo tempranas y la sintomatología de daño. En cuanto a los tratamientos en cultivo, todas las variables vegetativas, reproductivas y rendimiento final se vieron fuertemente afectadas por los tratamientos de Finesse y metsulfuron realizados en V4. Los tratamientos con clorimuron tanto en pre como en post emergencia tuvieron un comportamiento similar a los tratamientos testigos con glifosato. La estimación del estrés inducido por los tratamientos tanto de barbecho como de cultivo, realizado a partir de la determinación de clorofila A, B y total, mostró consistencia con las restantes variables detectando efecto de los tratamientos.

Palabras clave: Soja; Selectividad; Metsulfuron; Clorimuron.

7. SUMMARY

This work was carried out in the experimental field of the Experimental Station “Dr. Mario A. Cassinoni” Faculty of Agronomy, University Oriental Republic of Uruguay. The experiment was conducted during the summer of 2013 (september 2012 - april 2013) with the purpose of evaluating the tolerance of the STS soybean cultivar Don Mario 6.2i (*Glycine max*) to pre sowing herbicide treatments (Finesse), pre emergence (simple and double dose of chlorimuron) and post emergence (simple and double dose of chlorimuron, methsulfuron and Finesse). The experimental design was a set of experiments in which each pre sowing treatment (Glyphosate+Finesse 0, 20 and 40 days pre sowing and an only glyphosate control treatment) corresponds to an experiment. In each experiment a randomized complete block design with four blocks was used and ten treatments corresponding to pre emergence and post emergence treatments previously mentioned. The determinations consisted in two implantation evaluations, six regular height and internodes length evaluations, three biomass evaluations, two root length evaluations and one on number of nodes. Also, determinations were made on the stage of development and coverage throughout the whole study, and determinations of damage symptomatology were made at early stages. Eleven days after application of post emergence treatments chlorophyll was estimated on selected treatments. To determinate grain yield and its components (pods number per plant, 1000 grain weight, grain number per square meter and grain humidity) four lineal meters were harvested per plot. Both pre sowing treatments and in-crop treatments had a differential effect on growth, development and final yield of soybean. Finesse when applied at sowing reduced yield 400 kg/ha in comparison with applications 40 days pre sowing. In the case of pre sowing treatments a greater relation was found between the effects in yield and later vegetative estimations than growth estimations and/or early development and damage symptomatology. In regards to in-crop treatments, all vegetative variables, reproductive variables and yield were severely affected by Finesse and methsulfuron treatments at V4 stage. Both pre emergence and post emergence chlorimuron treatments had a similar behaviour to the control treatment with glyphosate. The estimations of plant stress caused by both pre sowing and crop treatments, made from determinations of A, B and total chlorophyll, showed consistence with the rest of the variables detecting treatments effect.

Keywords: Soybean; Selectivity; Methsulfuron; Chlorimuron.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ADCOCK, T. E.; BANKS, P. A. 1991. Effects of chlorimuron on soybean (*Glycine max*) and sicklepod (*Cassia obtusifolia*) as influenced by application timing. *Weed Science*. 39: 139-142.
2. AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T.; GALON, L.; MORAES, P.V.D.; TIRONI, S.P. 2009. Respostas de cultivares de soja transgênica e controle de plantas daninhas em função de épocas de aplicação e formulações de glyphosate. *Planta Daninha*. 27 (4): 739-746.
3. ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; VICTORIA FILHO, R.; PLACIDO, H. F.; KRENCHINSKI, F. H.; KUNZ, V. L.; MIGLIAVACCA, R. A.; OLIVEIRA, S. M. 2012a. Aplicação de sulfoniluréias isoladas ou associadas com glyphosate sob soja contendo as tecnologias RR e STS. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas na era da Biotecnologia (28º., 2012, Campo Grande). Trabalhos apresentados. Campo Grande, MS, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. pp. 323-327.
4. ALBRECHT, L. P.; EVANGELISTA, A.; KUNZ, V. L.; ALBRECHT, A. J. P.; KRENCHINSKI, F. H.; PLACIDO, H. F.; SANTOS, W. G.; TESSELE, A. 2012b. Aplicações de chlorimuron-ethyl em soja contendo as tecnologias RR e STS. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas na era da Biotecnologia (28º., 2012, Campo Grande). Trabalhos apresentados. Campo Grande, MS, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. pp. 343-346.
5. ALBRECHT, A. J. P.; VICTORIA FILHO, R.; ALBRECHT, L. P.; MORAES, M. F.; KRENCHINSKI, F. H.; PLACIDO, H. F.; MIGLIAVACCA, R. A.; LORENZETTI, J.B. 2012c. Comportamento da soja RR submetida a diferentes formulações e doses de glyphosate no período reprodutivo. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas na era da Biotecnologia (28º., 2012, Campo Grande). Trabalhos apresentados. Campo Grande, MS, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. p. irr.
6. ALTAMIRANO, A.; DA SILVA, H.; DURÁN, A.; ECHEVERRÍA, A.; PANARIO, D.; PUENTES, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay a escala 1:1.000.000. Montevideo, MAP. DSF. t. 1, 96 p.
7. ARENDS, L.; PEGG, I. R. 1990. Thiensulfuron methyl with metsulfuron methyl – a new sulfonylurea herbicide for broad-leaved weed control in winter

cereals in New South Wales and Queensland. In: Australian Weeds Conference (9th., 1990, Adelaide, South Australia). Proceedings. Adelaide, s.e. pp. 60-64

8. BARRIUSO, E.; BENOIT, P.; DUBUS, I. G. 2008. Formation of pesticide nonextractable (bound) residues in soil; magnitude, controlling factors and reversibility. *Environmental Science and Technology*. 42: 1845-1854.
9. BAZZIGALUPI, O.; CEPEDA, S. 2005. Relations between soil moisture and the metsulfuron methyl effects on the seedling growth of soybean. Pergamino, INTA. 10 p.
10. BEDMAR, F.; AVENDAÑO, M.; MONTERUBBIANESI, G. 2004. Persistencia fitotóxica de metsulfuron aplicado a campo en presiembra de soja, girasol y maíz. Mar del Plata, Universidad Nacional de Mar del Plata Facultad de Ciencias Agrarias. 2 p.
11. BOZZO DE BRUM, M. A. 2010. Persistencia de glifosato y efecto de sucesivas aplicaciones en el cultivo de soja en agricultura continua en Siembra Directa sobre parámetros biológicos del suelo. Tesis de Magister en Ciencias Ambientales. Montevideo, Uruguay. Facultad de Ciencias. 124 p.
12. BRITT, C.; MOLE, A.; KIRKHAM, F.; TERRY, A. 2003. The herbicide handbook; guidance on the use of herbicides on nature conservation sites. Sheffield, English Nature in Association with FACT. 145 p.
13. BROWN, H. M.; NEIGHBORS, S. M. 1989. Soybean metabolism of Chlorimuron Ethyl; physiological basis for soybean selectivity. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 29:112-120.
14. _____. 1990. Mode of action, crop selectivity, and soil relations of the sulfonyleurea herbicides. *Pesticide Science*. 29: 263:281.
15. CHANDLER, K.; SHRESTHA, A.; SWANTON, C. J. 2001. Weed seed return as influenced by the critical weed-free period and row spacing of no-till glyphosate-resistant soybean. *Canadian Journal of Plant Science*. 81: 877-880.

16. CORRIGAN, K.; HARVEY, R. G. 2000. Glyphosate with and without residual herbicides in no-till glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*. 14: 569-577.
17. DELANNAY, X.; BAUMAN, T. T.; BEIGHLEY, D. H.; BUETTNER, M. J.; COBLE, H. D.; DEFELICE, M.S.; DERTING, C. W.; DIEDRICK, T. J.; GRIFFIN, J. L.; HAGOOD, E. S.; HANCOCK, F. G.; HART, S. E.; LAVALLEE, B. J.; LOUX, M. M.; LUESCHEN, W. E.; MATSON, K. W.; MOOTS, C. K.; MURDOCK, E.; NICKELL, A. D.; OWEN, M. D. K.; PASCHALJI, E. H.; PROCHASKA, L. M.; RAYMOND, P. J.; REYNOLDS, D. B.; RHODES, W. K.; ROETH, F. W.; SPRANKLE, P. L.; TAROCHIONE, L. J.; TINIUS, C. N.; WALKER, R. H.; WAX, L. M.; WEIGELT, H. D.; PADGETTE, S. R. 1995. Yield evaluation of a glyphosate-tolerant soybean line after treatment with glyphosate. *Crop Science*. 35: 1461-1467.
18. DURÁN, G.; HAEDO, D. 2007. Imazetapir en control de malezas en soja RR. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 33 p.
19. E.I. du Pont de Nemours. 2006a. Finesse WG. (en línea). Barcelona. 2 p. Consultado 11 abr. 2013. Disponible en http://www2.dupont.com/Crop_Protection/es_ES/assets/downloads/pdfs/Glean_Label_250806.pdf
20. _____. 2006b. Finesse® WG; ficha técnica. (en línea). s.l., DuPont Agrosoluciones. s.p. Consultado 11 abr. 2013. Disponible en http://www.agrosoluciones.dupont.com/esp/ficha_tecnica.php?producto=13
21. _____. 2006c. Residual broadleaf weed control in wheat and barley. (en línea). Northern Plains. 2 p. Consultado 11 abr. 2013. Disponible en http://www2.dupont.com/Production_Agriculture/en_US/assets/downloads/pdfs/K-14484.pdf
22. FAO. Manejo de malezas para países en desarrollo. (en línea). Roma. 1 p. Consultado 11 abr. 2013. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s0e.htm>

23. FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; BURMOOD, D. T.; PENNINGTON, J. S. 1971. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Science*. 11 (6): 929-931.
24. GABRIELLI, F.; KUCHARSKY, M.; RODRÍGUEZ, H. 2012. Estudio de la tolerancia de seis cultivares de soja a herbicidas de postemergencia. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 41 p.
25. HUANG, Y.; THOMSON, S. J.; MOLIN, W. T.; REDDY, K. N.; YAO, H. 2012. Early detection of soybean plant injury from glyphosate by measuring chlorophyll reflectance and fluorescence. *Journal of Agricultural Science*. 4 (5): 117-124.
26. KRAUSZ, R. F.; KAPUSTA, G.; KNAKE, E. L. 1992. Soybean (*Glycine max*) and rotational crop tolerance to Chlorimuron, Clomazone, Imazaquin, and Imazethapyrl. *Weed Technology*. 6: 77-80.
27. LICH, J. M.; RENNER, K. A.; PENNER, D. 1997. Interaction of glyphosate with postemergence soybean (*Glycine max*) herbicides. *Weed Science*. 45: 12-21.
28. MIAN, M. A. R.; SHIPE, E. R.; ALVERNAZ, J.; MUELLER, J. D.; ASHLEY, D. A.; BOERMA, H. R. 1997. QTLs associated with chlorimuron ethyl sensitivity in soybean: Effects on seed yield and related traits. *Theoretical and Applied Genetics*. 94: 971-974.
29. NEWSOM, L. J.; SHAW, D. R. 1992. Soybean (*Glycine max*) response to Chlorimuron and Imazaquin as influenced by soil moisture. *Weed Technology*. 6 (2): 389-395.
30. OSIPE, J. B.; OLIVEIRA, JR. R. S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D. F.; OLIVEIRA NETO, A. M.; BRAZ, G. B. P.; GEMELLI, A.; DAN, H. A. 2012. Glyphosate em pós-emergência na cultura da soja RR e a competição com plantas daninhas. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas na era da Biotecnologia (28º., 2012, Campo Grande). Trabalhos apresentados. Campo Grande, MS, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. pp. 199-203.

31. PAPIERNIK, S. K.; GRIEVE, C. M.; YATES, S. R.; LESCH, S. M. 2003. Phytotoxic effects of salinity, imazethapyr, and chlorimuron on selected weed species. *Weed Science*. 51: 610-617.
32. PÉREZ, M. 2006. Biotest de maíz, soja y girasol. *Tecnicorreo, Boletín Técnico para Profesionales*. 14 (34): 4-7.
33. PINHEIRO, M. J. 2009. Eficácia e seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência em soja convencional e transgênica. Tesis Doutor em Agronomia. São Paulo, Brasil. Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. 87 p.
34. PROCÓPIO, S.O.; MENEZES, C.C.E.; BETTA, L.; BETTA, M. 2006. Utilização de chlorimuron-ethyl e imazethapyr na cultura da soja roundup ready. *Planta Daninha*. 25 (2): 365-373.
35. RIOS, A.; GARCÍA, M. A.; BELGERI, A.; CAULIN, M. P.; MAILHOS, V.; SAN ROMAN, G. 2006a. Comunidades florísticas asociadas a los sistemas de siembra directa en Uruguay. (en línea). Montevideo, Hemisferio Sur. 163 p. Consultado 11 abr. 2013. Disponible en http://www.rapaluruaguay.org/glifosato/Viabilidad_Glifosato.pdf
36. _____. 2006b. Manejo de malezas (en línea). In: Seminario de Actualización Técnica Manejo de Malezas (2006, La Estanzuela). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 1-82 (Actividades de Difusión no. 465). Consultado 14 abr. 2013. Disponible en http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ad/ad_465.pdf
37. RITTER, R. L.; HARRIS, T.C.; KAUFMAN, L.M. 1988. Chlorsulfuron and Metsulfuron residues on double-cropped soybeans (*Glycine max*). *Weed Technology*. 2 (1): 49-52.
38. SATA. 2013. Guía para la protección y nutrición vegetal. (en línea). Montevideo. 1 p. Consultado 10 abr. 2013. Disponible en http://www.laguiasata.com/joomla/index.php?option=com_content&view=category&id=45&Itemid=128

39. SEBASTIAN, S. A.; FADER, G. M.; ULRICH, J. F.; FORNEY, D. R.; CHALEFF, R. S. 1989. Semidominant soybean mutation for resistance to sulfonylurea herbicides. *Crop Science*. 29:1403-1408.
40. SILVA, B. M.; AGOSTINETTO, D.; ULGUIM, A. DA R.; WESTENDORFF, N. DA R.; THÜRMER, L.; GEREMIA, D. 2012. Fitotoxicidade de glyphosate associado à fertilizante à base de manganês na cultura da soja. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas na era da Biotecnologia (28º., 2012, Campo Grande). Trabalhos apresentados. Campo Grande, MS, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. p. irr.
41. SWANTON, C. J.; MAHONEY, K. K.; CHANDLER, K.; GULDEN, R. H. 2008. Integrated weed management; knowledge-based weed management systems. *Weed Science*. 56: 168-172.
42. VIDRINE, P. R.; GRIFFIN, J. L.; BLOUIN, D. C. 2002. Evaluation of reduced rates of glyphosate and chlorimuron in glyphosate- resistant soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*. 16: 731-736.