

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DEL RASTROJO Y PRECIPITACIONES EN LA EFECTIVIDAD DE  
FLUMIOXAZIN EN EL CONTROL DE *Amaranthus spp.*

por

Tomás CICERI CARRAU  
Juan Francisco SANGUINETTI LUCE

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2021

Tesis aprobada por:

Director:

---

Ing. Agr. Dra. Juana Villalba

---

Ing Agr. Dra. Grisel Fernandez

---

Ing Agr. Mathias Collares

Fecha: 29 de abril de 2021

Autores:

---

Tomás Ciceri Carrau

---

Juan Francisco Sanguinetti Luce

## AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, agradecer a Dios por habernos guiado durante este camino, dándonos la fortaleza para seguir adelante. A nuestras familias, que fueron un apoyo incondicional para alcanzar este logro.

A nuestra tutora Ing. Agr. Dra. Juana Villalba y toda la Unidad de Malherbología que nos brindaron todo el apoyo y conocimiento para realizar este trabajo.

Por último, pero no menos importante, a nuestras novias y amigos que nos bancaron en toda la carrera.

¡Muchas gracias!

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	2
2.1 SIEMBRA DIRECTA.....	2
2.1.1 <u>Ventajas y desventajas de la siembra directa</u> .....	3
2.1.2 <u>Doble cultivo, coberturas y su efecto en el enmalezamiento</u> .....	4
2.1.3 <u>El rastreo y la interacción con el herbicida</u> .....	5
2.2 HERBICIDAS.....	6
2.2.1 <u>Uso de pre-emergentes</u> .....	6
2.2.2 <u>Flumioxazin</u> .....	6
2.3 PRECIPITACIONES EN EL URUGUAY.....	7
2.3.1 <u>Precipitación y su efecto en la interacción rastreo herbicida</u> .....	8
2.4 <i>Amaranthus spp.</i> .....	8
2.4.1 <u>Amaranthus en Uruguay</u> .....	9
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	10
3.1 LOCALIZACIÓN.....	10
3.2 TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	10
3.2.1 <u>Diseño experimental</u> .....	10
3.2.2 <u>Modelo estadístico</u> .....	10
3.3 METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN.....	11
3.4 DETERMINACIONES.....	11
3.5 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	12
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	13
4.1 EVALUACIÓN A LOS 5 DÍAS POST-APLICACIÓN.....	13

4.2 EVALUACIÓN A LOS 18 DÍAS POST-APLICACIÓN .....	17
4.3 EVALUACIÓN A LOS 48 DÍAS POST-APLICACIÓN .....	20
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	24
6. <u>RESUMEN</u> .....	25
7. <u>SUMMARY</u> .....	26
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	27
9. <u>ANEXOS</u> .....	31

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Fechas de los conteos realizados y los días post-aplicación (DPA) .....	12
2. Análisis de varianza para los factores y sus interacciones para 5 DPA, 18 DPA, 48 DPA con un nivel de significancia de 0.05.....	13
3. Valores de la media de emergencias para la interacción rastrojo * dosis de herbicida para DPA 5.....	15
4. Valores de la media de emergencias para la interacción rastrojo * dosis de herbicida para DPA 18.....	18
5. Valores de la media de emergencias para la interacción rastrojo * dosis de herbicida para DPA 48.....	21

### Figura No.

1. Interacción rastrojo * dosis de herbicida para DPA 5.....	14
2. Efecto rastrojo en la emergencia a los 5 DPA.....	16
3. Efecto dosis de herbicida en la emergencia a los 5 DPA.....	16
4. Efecto precipitación en la emergencia a los 5 DPA.....	17
5. Interacción rastrojo * dosis de herbicida en la emergencia a los 18 DPA.....	18
6. Efecto rastrojo en la emergencia a los 18 DPA.....	19
7. Efecto dosis de herbicida en la emergencia a los 18 DPA.....	20
8. Efecto precipitación en la emergencia a los 18 DPA.....	20
9. Interacción rastrojo * dosis de herbicida en la emergencia a los 48 DPA.....	21
10. Efecto rastrojo en la emergencia en la emergencia a los 5 DPA .....	22
11. Efecto dosis de herbicida en la emergencia a los 48 DPA.....	23
12. Efecto precipitación en la emergencia a los 48 DPA .....	23

## 1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay la superficie de cultivos de verano ha tenido una tendencia creciente en las últimas dos décadas, superando a los cultivos de invierno que antes eran predominantes. La superficie sembrada de soja para el período 18/19 fue de 965.839 ha, representando un 90% del total de los cultivos de verano (MGAP. DIEA, 2019). En este período, la adopción de la siembra directa sobre rastrojo ha sido muy importante por su efecto positivo en cuanto a la conservación de suelos, debido a que reduce la erosión en el barbecho. A su vez, se retiene mayor cantidad de agua en el perfil del suelo, siendo ésta una característica de suma importancia para los cultivos de verano y permite un constante reciclaje de nutrientes que se reincorporan a la materia orgánica del suelo.

Si bien el hecho de que el suelo esté cubierto de rastrojo es favorable, hoy en día también está regulado por la ley de implementación de planes de uso y manejo de suelos, lo que obliga a mantener en el invierno el suelo cubierto, con la implementación de coberturas vegetales, también llamados cultivos de servicio, porque además de generar condiciones para la disminución de la erosión, disminuyen las infestaciones de malezas, con menores infestaciones en la cobertura y en los cultivos siguientes. Pero han surgido propiedades emergentes, como es la disminución de la efectividad de los herbicidas pre-emergentes en el control de malezas. Esto consecuencia de la cantidad de rastrojo y la interferencia en la actividad de los preemergentes por el colchón de rastrojo generado por el cultivo anterior y el cultivo de servicio o cobertura, que actúan como aislante entre el herbicida y el suelo, que es desde donde las malezas absorben al herbicida. Es conocido el efecto de las precipitaciones para disminuir esa barrera física que realiza el rastrojo, ya que pueden actuar de vehículo transportando al preemergente hasta el suelo.

*Amaranthus palmeri* es una especie foránea, agresiva y muy invasora, que se ha detectado recientemente en Uruguay y posiblemente haya ingresado junto a semillas y/o maquinaria importada. Está causando importantes problemas en los cultivos de verano debido a la dificultad en su control por, su resistencia a herbicidas, además de su hibridación con otras especies del mismo género. Adicional a esto, en la postemergencia del cultivo de soja existe una única opción de control. Por ello, entre las medidas de manejo propuestas es importante su control previo a la siembra del cultivo con herbicidas preemergentes. Los que estarían expuestos, como fue mencionado, a las interacciones que ocasiona el rastrojo presente.

Estos antecedentes fundamentan este trabajo que tiene por finalidad aportar información sobre el efecto de los rastrojos y la interacción con los preemergentes en el control de *Amaranthus* spp. Por ello se plantea como objetivo del mismo, conocer los efectos de dos cantidades de rastrojo en la emergencia de *Amaranthus* spp. y en la efectividad de control del herbicida preemergente flumioxazin en esta especie.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 SIEMBRA DIRECTA

Según el Conservation Technology Information Center de los EEUU (CTIC), citado por García Préchac (1998), AUSID (2009) se define “No-Tillage”, o sea siembra directa o plantío directo, como el sistema de preparación de suelo y vegetación en la que el disturbio realizado en el suelo para la colocación de las semillas es mínimo, ubicándolas en una muy angosta cama de siembra o surco, que depende del uso de herbicidas para el control de las malezas. El suelo se deja intacto desde la cosecha hasta una nueva siembra, dejando los residuos del cultivo antecesor, cultivo de cobertura o de servicio, excepto para realizar barbechos químicos o fertilizaciones. Los elementos tecnológicos que caracterizan a la siembra directa son las maquinarias de siembra directa y los herbicidas utilizados como pre-emergentes y post emergentes.

Históricamente, la agricultura se basó en el laboreo del suelo para su implementación. De acuerdo a García Préchac (1992) esta es la principal causa de erosión y degradación del suelo. Shear, citado por García Préchac (1998), sostiene que la limitante a la conservación del suelo y el agua estaba en que debía encontrarse un sustituto al laboreo para el control de las malezas. La misma comenzó a ser levantada con el desarrollo de los herbicidas, con el descubrimiento del 2,4-D (Shear, citado por García Préchac, 1998).

De acuerdo a García Préchac (1998), hasta el presente se desarrollaron más variedad y mejores formulaciones de herbicidas, así como máquinas capaces de plantar en suelo no perturbado. En la década de los 80', los herbicidas con glifosato como principio activo disminuyeron su precio debido al vencimiento de la patente del Roundup. En interacción con la evidente insostenibilidad de la agricultura con laboreo convencional por la erosión y la degradación que generaban, se inició la etapa de mayor difusión y adopción de la siembra directa.

Por otra parte, ya en la segunda mitad de la década de los 80' se fue generando un nuevo concepto, cuya base era la incorporación de prácticas agronómicas conservacionistas en los sistemas de producción. Estas prácticas sencillas y de costo accesible, tenían como finalidad lograr una adecuada cobertura del suelo para amortiguar el impacto de la lluvia, reducir la longitud de la pendiente para disminuir la escorrentía y aumentar el contenido de materia orgánica de los suelos (AUSID, 2009).

En el Uruguay, al igual que en toda la región, actualmente se está dando un proceso de intensificación y expansión de la agricultura. En particular, el incremento del área agrícola ha sido sostenido durante años y tiene a la siembra directa como sistema de labranza predominante (AUSID, 2009).

### 2.1.1 Ventajas y desventajas de la siembra directa

La tecnología de siembra directa presenta ventajas y desventajas (García Préchac, 1998), algunas de las cuales se transcriben y se comentan a continuación:

- Drástica reducción de la erosión y degradación del suelo: la siembra directa como sistema, prácticamente elimina a la erosión como problema de manejo y conservación de suelos al reducirla entre 85% y 100% con relación a una situación de suelo recién sembrado con laboreo convencional. Los residuos del cultivo antecesor y el cultivo de cobertura o de servicio, evitan el golpeteo directo de las gotas de lluvia sobre el suelo, absorbiendo su energía cinética, disminuyendo el escurrimiento superficial, siendo un factor fundamental en la dinámica de agua en el suelo. El contenido de materia orgánica del suelo aumenta bajo siembra directa o se mantiene en suelos no degradados, generando así una importante actividad biológica.
- Mayor contenido de agua en el suelo: los residuos en la superficie del suelo reflejan una importante parte de la radiación incidente, lo que disminuye la radiación neta. A su vez, la capa de residuos tiene una baja conductividad térmica porque gran parte de su volumen es aire. Entonces, el movimiento de agua del suelo a la superficie para que luego se evapore es muy bajo. Por otro lado, los residuos ofrecen resistencia al escurrimiento superficial, dando más oportunidad a la infiltración. Esto es beneficioso para los cultivos de verano en secano que generalmente el agua es la mayor limitante del mismo.
- Menor costo: menor consumo de combustible y energía, parque de maquinaria, menores gastos de operación y mantenimiento de la maquinaria, y un mayor plazo de amortización. El número de pasadas sobre el terreno es menor, lo que extiende la vida útil del tractor y su plazo de amortización.
- Mayor oportunidad de siembra y cosecha: la resistencia mecánica de los horizontes superficiales del suelo es mayor bajo siembra directa. Esto significa mejores condiciones para la circulación de maquinaria, a su vez garantiza mejor suelo por tener más piso o más cantidad de días aptos para el ingreso de maquinaria.
- Posibilidad de utilización de suelos no aptos y áreas de desperdicio bajo laboreo convencional: la siembra directa permite plantar en las zonas de un predio no arables por riesgo de erosión o por problemas de drenaje no extremos.
- El control de las malezas depende del uso de herbicida: uno de los elementos tecnológicos de la siembra directa son los herbicidas y su descubrimiento se ubica en el origen de la misma, demostrando que el control de las malezas era la razón del laboreo, pudiéndose evitar de esta manera el laboreo de suelos innecesariamente, haciendo un uso responsable del recurso suelo con un correcto control químico.
- Menor disponibilidad de nitrógeno en el suelo: la tasa de mineralización de nitrógeno disminuye debido a que la materia orgánica se descompone más lento en

condiciones de más humedad, menores temperaturas, menor aireación y más ácido. A su vez, el nitrógeno tiende a permanecer más como  $\text{NH}_4^+$ , una forma más retenida en las posiciones de intercambio catiónico y menos susceptible a ser lixiviadas que el  $\text{NO}_3^-$ .

- Menor temperatura del suelo: se debe a las diferencias que genera el mulch de rastrojo, alterando dos grandes factores como la radiación neta (que es menor en siembra directa) y la mayor cantidad de agua en el suelo, que determina una menor temperatura máxima y mayor mínima en siembra directa. Estos factores retrasan la emergencia y crecimiento de los cultivos, que se ha solucionado corrigiendo la fecha de siembra.

- Compactación del suelo: a corto plazo el laboreo convencional provoca el efecto innegable de aflojar el suelo, pero, si esto es repetido a lo largo del tiempo, a mediano y largo plazo es la principal causa de degradación de su estructura y propiedades físicas. La siembra directa a largo plazo tiende a aumentar o mantener la materia orgánica, teniendo como consecuencia una mejor estructura y porosidad del suelo.

- Mayor probabilidad de ocurrencia de fitotoxicidades, enfermedades y plagas: también se puede dar una mayor probabilidad de ocurrencia de fitotoxicidad, enfermedades y plagas, ya que los residuos de los cultivos se descomponen más lentamente y en ellos pueden sobrevivir enfermedades y plagas que pueden interferir con los cultivos siguientes por alelopatía. Según García Préchac (1998), estos inconvenientes se solucionan con un correcto diseño de las rotaciones.

### 2.1.2 Doble cultivo, coberturas y su efecto en el enmalezamiento

Las especies que se establecen primero en un determinado ambiente, son las que antes desarrollan ventajas competitivas por los recursos del medio (agua, luz y nutrientes) y, por ende, son las que logran un desarrollo superior (Fischer y Miles, 1973).

Teasdale y Mohler (2000) sostienen que la supresión del crecimiento de malezas se da mediante la creación de una barrera física a dicho proceso, y también mediante el cambio de las condiciones micro-climáticas del suelo.

En sistemas de cero laboreo o siembra directa, a la emergencia del cultivo el porcentaje de la superficie cubierta con residuos del cultivo o pastura anterior es más del 85%, mientras que con laboreo convencional el porcentaje de suelo cubierto es de menos del 10% (AUSID, 2009).

Según Siri y Ernst (2012) el rendimiento de avena para cobertura en el Uruguay se ubica entre 3000 Kg MS/ha y 7000 Kg MS/ha dependiendo del efecto año, con valores promedios de 4500 Kg MS/ ha.

Reeves y Touchton (1991) definen a los cultivos cobertura como aquellos que crecen específicamente para mantener el suelo cubierto, protegiéndolo de la erosión, evitando la pérdida de nutrientes por lavado y escurrimiento y, en caso de ser leguminosa, incorporando nitrógeno (N) al sistema. Se diferencian de una pastura porque no son de

renta directa y crecen fuera de estación dentro de un sistema de siembra de cultivos anuales.

Frente a un sistema de producción que realiza un cultivo por año, este se encuentra con tiempos de barbecho excesivamente largos. En este período que el suelo se encuentra descubierto aumenta la probabilidad de tener pérdidas de suelo y nutrientes debido a la erosión. La utilización de cultivos cobertura durante este periodo, normalmente improductivo, permite mantener el suelo cubierto, reciclar nutrientes y produce un nuevo ingreso de rastrojo y raíces al sistema (Ernst, 2004).

### 2.1.3 El rastrojo y la interacción con el herbicida

Wall et al. (1991), Fernández et al. (2007), Murungu et al. (2010) sostienen, principalmente, que al mantener el suelo cubierto durante la estación invernal, las coberturas lo protegen físicamente de la radiación solar y la acción erosiva del viento y la lluvia.

Para controlar la emergencia de malezas, es deseable un alto nivel de rastrojo en superficie. Pero, debido a esto, se puede interceptar al herbicida y reducir su efectividad (Teasdale et al., 2003).

Según Locke y Bryson (1997), parte del herbicida aplicado queda retenido en el rastrojo y se vuelve menos bioactivo o puede activarse físicamente separado del suelo, lo que disminuye su efectividad.

El herbicida que es interceptado por el rastrojo puede ser perdido por medio de diferentes mecanismos: lavado por lluvia, biodegradación o volatilización (Locke y Bryson, 1997).

Por su parte, Weed et al. (1995) afirman que la principal causa de disipación de los herbicidas es debido al proceso de degradación biológica, pero también influyen otros procesos como escurrimiento, lixiviación, fotodegradación y la adsorción irreversible por minerales arcillosos o materia orgánica.

Spader y Vidal (2000) sostienen que los herbicidas pre-emergentes aplicados sobre rastrojo reducen notoriamente su acción debido a que quedan expuestos a la radiación solar, altas temperaturas y la adsorción por residuos vegetales.

Según Addiscott y Dexter (1994), la cantidad y el grado de descomposición del rastrojo, afectan la intensidad de la acción del herbicida. La mayor cantidad y grado de descomposición del mismo, puede prolongar el tiempo de permanencia de los herbicidas

en el suelo y aumentar la adsorción, reduciendo así la absorción por las raíces de las malezas.

## 2.2 HERBICIDAS

### 2.2.1 Uso de pre-emergentes

La dificultad para controlar las malezas al momento de la siembra de cultivo de verano y el efecto de la competencia inicial sobre el crecimiento y rendimiento final del cultivo, conlleva a la utilización de los herbicidas pre-emergentes, que puede retrasar la aparición de las malezas después de la emergencia del cultivo y así reducir la competencia.

De acuerdo a AIANBA (2006), la estrategia de aplicación de residuales en pre-emergencia, acompañado con un repaso de glifosato en post-emergencia, mostró ser una combinación eficaz para el manejo de malezas en maíz RR, evaluado a través del control de malezas y del rendimiento del cultivo

Según un estudio realizado por Montoya et al. (2015), el tratamiento en base a glifosato + flumioxazin, fue el tratamiento que presentó mayor control a los 90 días post-aplicación. En ese ensayo, la dosis de flumioxazin fue de 150 ml/ha, habiéndose encontrada escasa la dosis de 80 ml/ha en un ensayo anterior.

### 2.2.2 Flumioxazin

Acción foliar de contacto. Provoca una ruptura celular y rápida desecación de las malezas al emerger y entrar en contacto con la luz solar. Herbicida inhibidor de la enzima protoporfirinógeno-IX-oxidasa (inhibidores de Protox o PPO) que actúa en la oxidación de la protoporfina IX (precursora de la clorofila), selectivo de pre-emergencia. Perteneciente al grupo químico feniltalimida. Puede ser aplicado en pre-emergencia y post-emergencia temprana de las malezas.

De acuerdo a la University of Hertfordshire asesorado por Pesticide Property Data Base (UH. PPDB, 2019), las propiedades físico químicas de este herbicida son: una solubilidad de 0,786 mg l<sup>-1</sup> que se interpreta como baja, un coeficiente de adsorción de carbono (K<sub>oc</sub>) de 889 considerado como una leve o baja movilidad y además un coeficiente de retención en biota y materia orgánica conocido como coeficiente octanol/agua (K<sub>ow</sub>) de 2,55 el cual indica una baja translocación y movilidad en el rastrojo por lo que tiende a encontrarse retenido al mismo, por otra parte, el índice de potencial de lixiviación (GUS) que es bajo con un valor de 1,31.

La solubilidad en agua es una medida que determina la máxima concentración de soluto a disolverse en un litro de agua y, por lo general, tiene un rango de 1 a 100,000 mg/L. Los herbicidas muy solubles en agua se adsorben con baja afinidad a los suelos y,

por lo tanto, son fácilmente transportados del lugar de la aplicación por una fuerte lluvia, riego o escurrimiento, hasta los cuerpos de agua superficial y/o subterránea (SEMARNAT. INECC, 2015).

El coeficiente de adsorción es una medida de la tendencia de un compuesto orgánico a ser adsorbido (retenido) por los suelos o sedimentos. Un  $K_{oc}$  elevado indica que el plaguicida orgánico se fija con firmeza en la materia orgánica del suelo, por lo que poca cantidad del compuesto se mueve a las aguas superficiales o a los acuíferos (SEMARNAT. INECC, 2015).

El potencial de lixiviación es el parámetro más importante de evaluación del movimiento de una sustancia en el suelo. Los compuestos aplicados al suelo tienden a desplazarse con el agua y lixiviar a través del perfil (SEMARNAT. INECC, 2015).

En relación al uso de flumioxazin para el control de *Amaranthus* spp., Spaunhorst et al. (2014) encontraron que flumioxazin más chlorimuron aplicados en preemergencia seguidos de dicamba más glifosato o dicamba más glifosato más acetoclor brindaron mayor control de *Amaranthus* spp. que glifosato más fomesafen o glifosato solo aplicado en postemergencia.

De manera general, se puede observar que la aplicación con flumioxazin sobre el rastrojo de maíz o avena promueven buenos niveles de control de las malezas. También se ve una tendencia a la reducción a los niveles de control para algunas malezas, cuando el herbicida fue expuesto a períodos superiores a 30 días entre la aplicación y la ocurrencia de lluvias, comprobándose que hubo degradación del producto cuando fue sometido a largos periodos de exposición en la superficie del rastrojo sin ocurrencia de lluvias (Carbonari et al., 2009).

### 2.3 PRECIPITACIONES EN EL URUGUAY

A nivel de promedios climáticos mensuales (30 años), la precipitación se muestra relativamente homogénea a lo largo del año, aunque presenta una variabilidad interanual elevada, los valores medios de precipitación acumulada anual sobre el país se sitúan entre 1200 y 1600 milímetros (mm), con los menores valores situados al Suroeste (SW) y los máximos al Noreste (NE). El gradiente, por lo tanto, es incremental de SW a NE (Castaño et al., 2011).

Los valores promedio acumulados de la lluvia a nivel mensual varían entre 60 mm/mes y 140 mm/mes (Castaño et al., 2011), según la región y la época del año. Los valores mensuales de precipitación registrados en un año particular se pueden apartar considerablemente de los promedios, dada la gran variabilidad interanual.

Esta variabilidad se constata en todos los meses del año aproximadamente en la misma magnitud, registrándose en los años extremos valores mínimos inferiores a 20 mm/mes y máximos superiores en todos los meses a 250 mm/mes (Castaño et al., 2011)

### 2.3.1 Precipitación y su efecto en la interacción rastrojo herbicida

Los rastrojos interfieren en la cantidad de herbicida que alcanza al suelo debido a la adsorción. Para que este llegue al suelo y se active, dependerá de la ocurrencia de precipitaciones y de su solubilidad en agua (Schonwalder, 1996).

En un estudio de la dinámica de los herbicidas, el rastrojo afectó de manera significativa el control de las malezas cuando se aplicó herbicida en ausencia de lluvia simulada, siendo suficiente 20 mm de lluvia simulada para promover la lixiviación de los herbicidas al suelo, obteniendo excelentes niveles de control de las malezas (Campos Almeida, 2013). Pero se conoce que estas respuestas son muy dependientes de los herbicidas en cuestión.

En general, con 30 mm de lluvia, no más del 50% de la Atrazina interceptada es lavada del rastrojo al suelo, y la mayoría se lava con los primeros 10 mm (Johnson et al., 1989).

Contrario a esto, Rodrigues et al. (1997) destacan que en un trabajo realizado con trifluralina con dosis de 0, 1200, 2400, 3600, 4800 g/ha de ingrediente activo sobre rastrojo de *Avena strigosa* con un riego de 20 mm luego de la aplicación del herbicida, el producto no llegó al suelo. Esto para volúmenes de rastrojo de 6000 y 12000 Kg MS/ha. Es importante remarcar que este herbicida presenta una baja movilidad en suelo.

## 2.4 *Amaranthus spp.*

El género *Amaranthus* comprende unas ochenta especies nativas de las regiones tropicales hasta las templado-cálidas. *Amaranthus palmeri* conocida como “Yuyo Colorado Gigante o Bledo”, es una especie nativa de Estados Unidos de la zona de Texas, y Norte de México (Montoya et al., 2015).

Es una planta C4 que tolera altas temperaturas incluso superiores a los 40°C y sequías prolongadas, manteniendo una alta tasa de crecimiento diaria que supera los 5 cm. De acuerdo a Montoya et al. (2015), estas características hacen que la maleza sea una gran competidora. Por otra parte, Keeley et al. (1987) hacen referencia a la agresividad que presenta esta especie, de muy alta prolificidad llegando a producir entre 100.000 a 1.000.000 semillas/planta e inclusive hasta 1.800.000 semillas/planta según Smith et al.

(2011) y fácil diseminación de sus semillas de tamaño muy pequeño que fácilmente pueden ser transportadas por viento, animales y maquinaria.

En relación a las emergencias, Montoya et al. (2015) describen que para las zonas semiáridas de La Pampa y San Luis, Argentina las primeras emergencias se observaron hacia fines de septiembre, y hacia mediados de octubre se alcanzó el 100% y no se registraron nuevos flujos de emergencia, a su vez relacionan la ausencia de estos flujos con la falta de grandes eventos de precipitaciones.

#### 2.4.1 Amaranthus en Uruguay

Comienza a preocupar fuerte en Uruguay la mayor presencia de *Amaranthus palmeri*, maleza altamente invasora, resistente al glifosato y otros herbicidas, que viene causando daños económicos importantes en la agricultura de Estados Unidos, Australia y Sudamérica.

Si bien en Uruguay había presencia de *Amaranthus*, la especie palmeri llegó en la zafra 2011/12 a la agricultura de Argentina y rápidamente afectó a Uruguay, presuntamente a través de maquinaria agrícola usadas, importada desde Estados Unidos y sin limpiar (Antúnez, 2017).

En el Uruguay coexisten varias especies dentro del género *Amaranthus*, incluso en algunos casos híbridos interespecíficos.

*Amaranthus palmeri* se hibridiza con varias especies de *Amaranthus* por ejemplo *Amaranthus rudis*, añadiendo la posibilidad de resistencia por sinergia. La transferencia de los rasgos de resistencia entre estas diferentes especies de *Amaranthus* ya ha sido demostrada en el laboratorio por Wetzel et al., citados por Montoya et al. (2015).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZACIÓN

El trabajo se llevó a cabo en uno de los invernaderos de la UdelaR. Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”), en el departamento de Paysandú, Uruguay, kilómetro 363 de la ruta nacional No. 3.

#### 3.2 TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento forma parte de una línea de investigación de la Unidad de Malherbología, que investiga sobre la interacción entre rastrojos, pre-emergentes y precipitación.

Fue un experimento factorial 3x3x4 en el que los factores fueron; cantidad de rastrojo, dosis de herbicida y volumen de precipitación. La unidad experimental fue la maceta con 100 semillas sembradas.

Los niveles para cada factor fueron,

- Rastrojo (R): 0 Kg MS/ha; 3000 Kg MS/ha; 6000 Kg MS/ha.
- Herbicida (H): 0 ml/ha (sin herbicida), 75 ml/ha (media dosis), 150 ml/ha (dosis completa).
- Precipitación (P): 0 mm<sup>3</sup>; 20 mm<sup>3</sup>; 40 mm<sup>3</sup>; 80 mm<sup>3</sup>.

##### 3.2.1 Diseño experimental

El estudio se realizó en base a un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cinco repeticiones, siendo la unidad experimental macetas homogéneas.

##### 3.2.2 Modelo estadístico

- $Y = \mu + \tau_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$
- $Y = \mu + R_i + H_j + P_k + (RH)_{ij} + (RP)_{ik} + (HP)_{jk} + (RHP)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$
- $R_i$  = efecto rastrojo
- $H_j$  = efecto dosis herbicida
  - $P_k$  = efecto cantidad de precipitaciones

### 3.3 METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN

El experimento se llevó a cabo en macetas de 1 kg de suelo, de 12 cm de diámetro en la parte superior. El sustrato utilizado fue una mezcla de cinco partes de tierra y una de arena para evitar compactación. El 23/10/2019 se sembró en cada maceta 100 semillas de *Amaranthus spp.* El mismo día se colocó el rastrojo de avena en los tratamientos que correspondían a cada volumen de rastrojo, 3000 Kg MS/ha y 6000 Kg MS/ha.

Al día siguiente, se aplicó el pre-emergente según la dosis. Para la aplicación de los tratamientos se utilizó un equipo pulverizador costal de presión constante, presurizado con CO<sub>2</sub>, que consta de una barra de 4 boquillas a una distancia de 50 cm entre ellas, logrando un ancho operativo de 2 metros en el que se situaron las macetas al medio de la pasada. La aplicación se realizó a las 8:30 am con una temperatura estimada de 20°C y sin viento. Ese mismo día por la tarde se simularon las precipitaciones con aspersores. Mediante cálculos se estimó que para 20 mm<sup>3</sup> se necesitaba un tiempo de 20 minutos y 40 segundos; para 40 mm<sup>3</sup>, 41 minutos y 20 segundos; y, por último, para los 80 mm<sup>3</sup> fue 1 hora 22 minutos y 40 segundos.

Para no intervenir en la interacción entre el herbicida y la precipitación, el riego durante el período de evolución se hizo por tortuosidad desde las bandejas de las macetas.

### 3.4 DETERMINACIONES

Se contaron las emergencias de cotiledones o plántulas en cada unidad experimental, en las primeras cinco determinaciones, se decidió que los registros fueran más frecuentes en el que se contabilizó dos veces por semana, para así tener mayores registros en la emergencia temprana. Mientras que en las restantes cuatro se contabilizó cada semana y media.

Cuadro No. 1. Fechas de los conteos realizados y los días post-aplicación (DPA)

Conteo	Fecha	DPA
1	29/10/2019	5
2	01/11/2019	8
3	04/11/2019	11
4	07/11/2019	14
5	11/11/2019	18
6	14/11/2019	21
7	21/11/2019	28
8	02/12/2019	39
9	11/12/2019	48

### 3.5 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el software Infostat.

La variable analizada fue el conteo de plantas acumuladas de *Amaranthus spp* de un total de 100 semillas sembradas por unidad experimental.

Las fuentes de variación consideradas fueron: dosis de herbicida, rastrojo, precipitación y sus interacciones.

Por otro lado, se agrupó por efecto rastrojo y por efecto dosis de herbicida, para analizar la magnitud de cada uno en su interacción.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan y discuten los efectos de los factores y sus interacciones para el control de *Amaranthus spp.* Se eligieron tres fechas de referencia a estudiar, la primera a los 5 días post-aplicación debido a que por ser la primera fecha de conteo sirve como referencia o punto de partida. Se utiliza como segunda fecha de referencia los 18 DPA porque expresó un salto cuantitativo en las emergencias. Por último, se analiza a los 48 DPA debido a que por ser la última fecha de conteo de número de plantas acumuladas permite tener una visión de control en un cultivo instalado.

Cuadro No. 2. Análisis de varianza para los factores y sus interacciones para 5 DPA, 18 DPA, 48 DPA con un nivel de significancia de 0.05

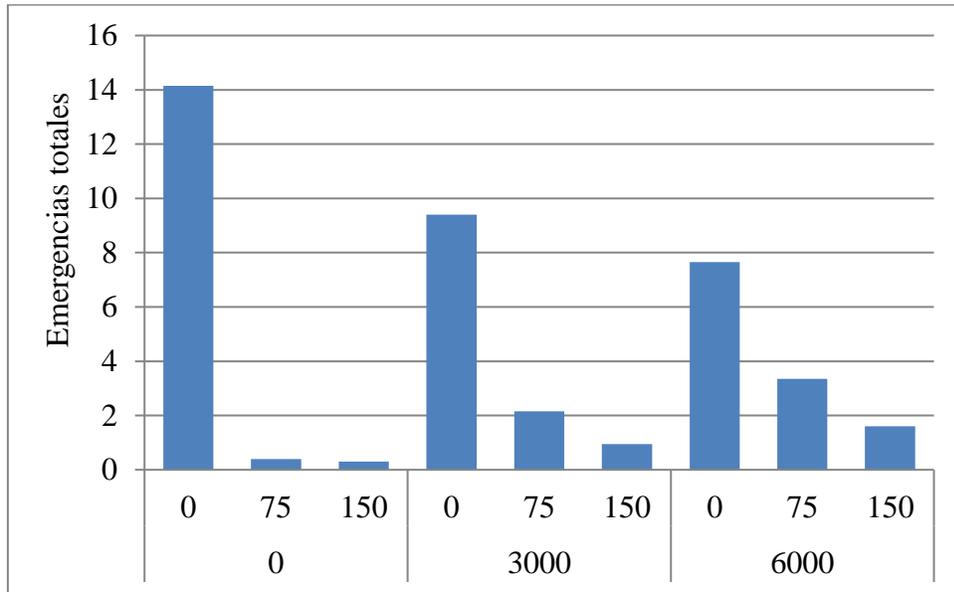
Variable	p- Valor		
	5 DPA	18 DPA	48 DPA
Rastrojo	0.3813	0.0001	0.0001
Dosis de herbicida	0.0001	0.0040	0.0001
Nivel de precipitación	0.2477	0.0001	0.4258
Rastrojo * dosis de herbicida	0.0001	0.0001	0.0258
Rastrojo * nivel de precipitación	0.7878	0.2505	0.8302
Dosis de herbicida * nivel de precipitación	0.1254	0.6336	0.2854
Rastrojo * dosis de herbicida * nivel de precipitación	0.6052	0.4514	0.6118

La interacción triple, tanto para las tres fechas de referencia como para todo el período analizado, no fueron significativas. Debido a esto se analizan las interacciones dobles y sus efectos principales. La interacción rastrojo \* dosis de herbicida es la única interacción doble que presentó efectos significativos, que a su vez se mantiene para las tres fechas.

Este efecto significativo puede estar explicado por la barrera física que genera el rastrojo entre el suelo y el herbicida, para que este controle las malezas. En base a esto se procede con el análisis de los datos que se aprecian en la figura No. 1.

##### 4.1 EVALUACIÓN A LOS 5 DÍAS POST-APLICACIÓN

Para esta primera fecha analizada, se observó una marcada diferencia entre aplicar y no aplicar herbicida. A su vez, las emergencias varían con el nivel de rastrojo presente en el suelo (figura No. 1). Para facilitar la comprensión de estos valores se presentan además los datos agrupados por cada factor y la significancia de la interacción (cuadro No. 3).



0= sin herbicida; 75= 75ml/ha (media dosis); 150= 150 ml/ha (dosis entera); 0= sin rastrojo; 3000= 3000 Kg MS rastrojo/ha; 6000= 6000 Kg MS rastrojo/ha.

Figura No. 1. Interacción rastrojo \* dosis de herbicida para DPA 5

Lo primero a comentar es que el rastrojo frenó las emergencias de *Amaranthus* spp., no habiendo diferencias entre cantidades de rastrojo. Se determinó diferencia significativa en el tratamiento sin herbicida y sin rastrojo con ambas cantidades de rastrojo; esto se explicaría por la cobertura que genera el rastrojo, limitando el pasaje de luz y determinándose una menor temperatura en el suelo, retrasando así las emergencias. Otro efecto comentado en la bibliografía es el alelopático, que aporta el rastrojo en descomposición sobre las emergencias de malezas, aunque no fue comprobado.

En los tratamientos sin rastrojo, la magnitud de la diferencia entre los tratamientos con y sin herbicida es mayor en comparación a los que sí tuvieron rastrojo. Este efecto pudo deberse a que el rastrojo se comporta como una barrera física que separa al herbicida del suelo. Esto explicaría que a mayor cantidad de rastrojo la barrera física es mayor, por lo que la eficiencia del herbicida disminuye, como es el caso de 6000 Kg MS/ha. Esto coincide con lo que sostienen Teasdale et al. (2003) sobre la reducción de efectividad del herbicida con altos niveles de rastrojo, que si bien altos niveles de rastrojo controlan la emergencia a su vez también funcionan como barrera entre el herbicida y el suelo disminuyendo su efectividad.

Sí se analizan los datos agrupados por las dosis de herbicida como se muestra en el cuadro No. 3, se puede decir que la dosis entera tuvo un control máximo sin importar el nivel de rastrojo. Esto mismo no se puede decir con dosis media, ya que, en este caso, el control fue escalonado y cada vez menor a medida que aumentaba el nivel de rastrojo.

Cuadro No. 3. Valores de la media de emergencias para la interacción rastrojo \* dosis de herbicida para DPA 5

Rastrojo\dosis de herbicida	0 ml/ha	75 ml/ha	150 ml/ha
0 Kg MS/ha	14,15Bb	0,4Aa	0,3Aa
3000 Kg MS/ha	9,4Ba	2,17Aab	0,95Aa
6000 Kg MS/ha	7,65Ba	3,35Ab	1,6Aa

Medias con diferente letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ ). Las letras mayúsculas comparan para cada nivel de rastrojo el efecto dosis herbicida y las letras minúsculas comparan dentro de cada dosis herbicida, el efecto rastrojo.

Comparando estas dos dosis, no se observó diferencia significativa en el control, las diferencias generadas para media dosis son provocadas por el efecto rastrojo, se puede interpretar que la adsorción que hace el rastrojo del herbicida, está limitada por la dosis. Para 6000 Kg MS/ha de avena por ha y media dosis, pudo haberse generado esa adsorción que afectara negativamente el control. En cambio, para la dosis entera, si bien podría existir una adsorción, esta no es suficiente para afectar el nivel de control de la maleza. Por lo que se puede concluir que existe una interacción entre el volumen del rastrojo y la dosis de herbicida aplicada.

Aun cuando el factor rastrojo no fue significativo a los 5 DPA ( $p$  valor = 0.3813), y ya se presentó la interacción rastrojo \* dosis de herbicida, se presenta en la figura No. 2, las medias de emergencias para cada cantidad de rastrojo.

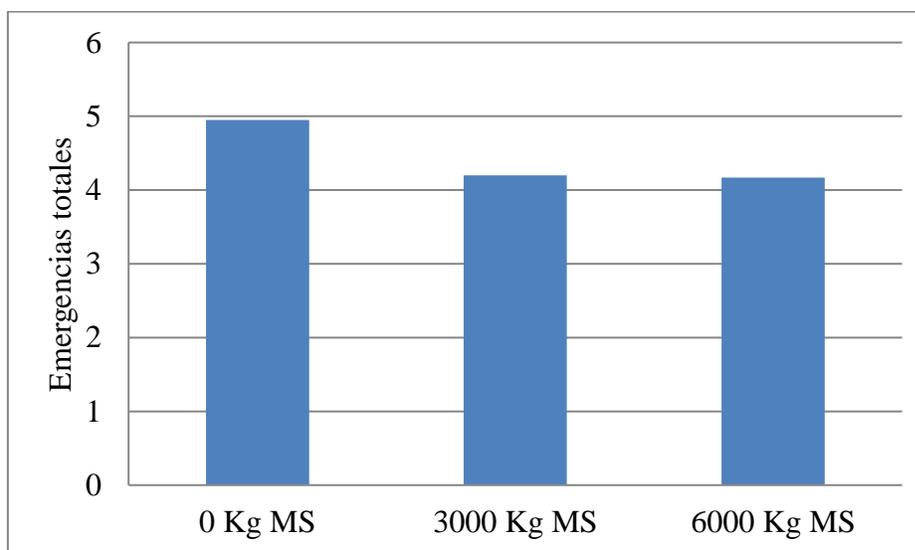


Figura No. 2. Efecto rastrojo en la emergencia a los 5 DPA

Los tratamientos con herbicida presentaron un buen control de la maleza, como era esperado según la información de la bibliografía.

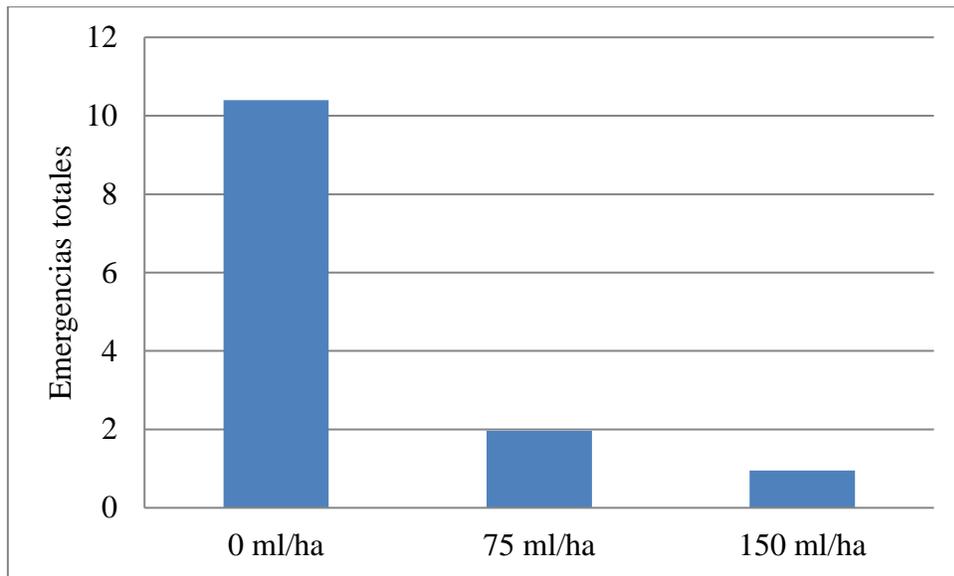
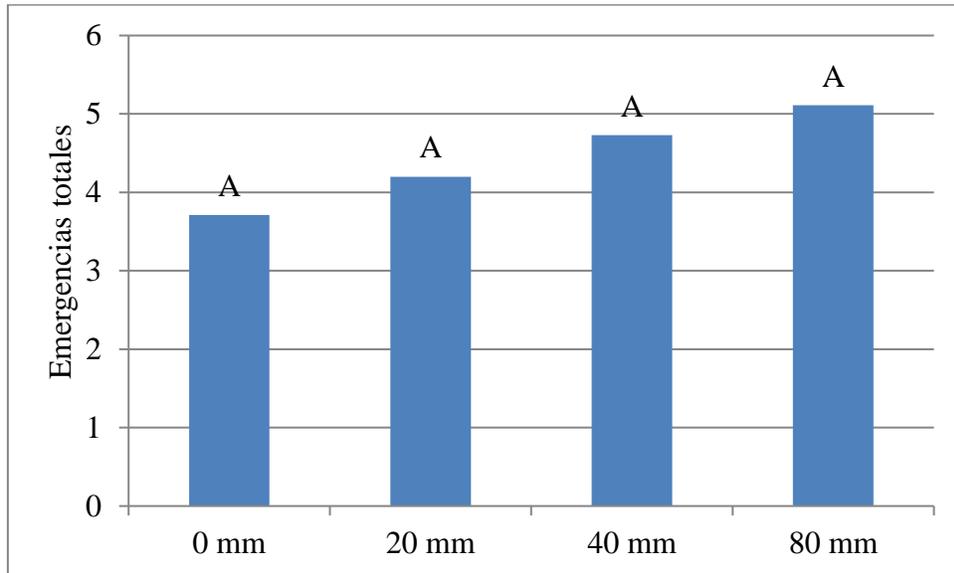


Figura No. 3. Efecto dosis de herbicida en la emergencia a los 5 DPA

En relación al efecto de las precipitaciones, lo primero a comentar es que no es significativa ( $p$  valor= 0.2477), y a su vez no presentó interacción con los otros factores de estudio. Esto es contrario a lo que mencionan otros autores como Montoya et al. (2015) quienes reportan que los mayores flujos de emergencia se relacionan con grandes eventos de precipitación.



Medias con igual letra no difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ ).

Figura No. 4. Factor precipitación en la emergencia a los 5 DPA

#### 4.2 EVALUACIÓN A LOS 18 DÍAS POST-APLICACIÓN

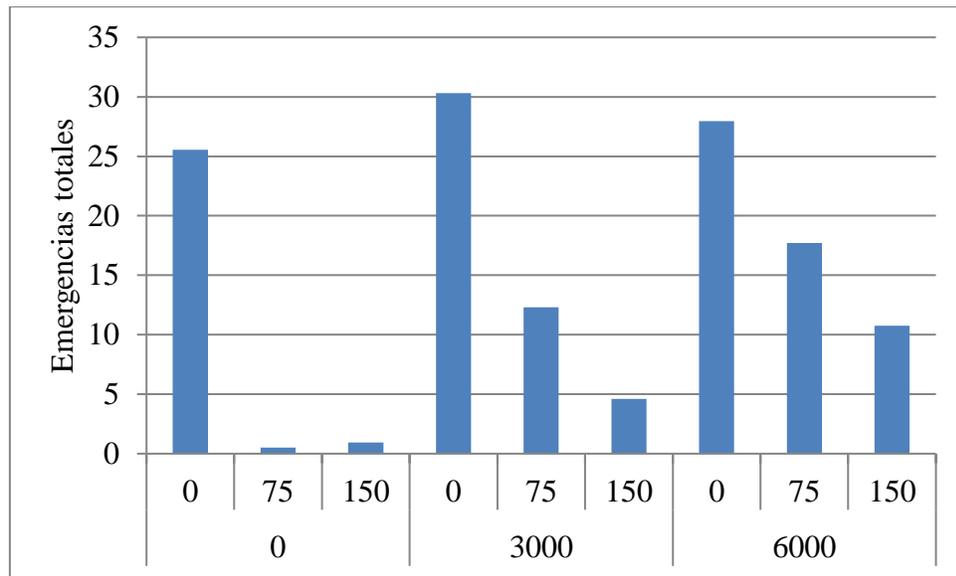
La fecha 11/11/19 se tomó como referencia, no solo por ser la determinación ubicada en la mitad del período de evaluación, sino también por ser la fecha en donde se visualizó un salto en las emergencias.

En esta segunda fecha de referencia, y al igual que en la primera fecha, se observó más marcada la magnitud de la diferencia entre aplicar y no aplicar herbicida. Esto se debe a un aumento numérico en la emergencia que puede estar relacionado con la temperatura ambiente y la del suelo, sabiendo que hay una alta relación de estos factores con la fisiología de esta semilla.

Para este caso, a diferencia de la primera fecha, el rastrojo no frenó la emergencia de *Amaranthus* spp. Para los tratamientos sin herbicida, el rastrojo no tuvo efecto.

Por otra parte, si se analiza para media dosis de herbicida, se marca fuertemente el escalonamiento del efecto rastrojo por su adsorción del herbicida, quedando más retenido a medida que aumenta el rastrojo. A diferencia de la fecha anterior, que solo se marcaba una leve tendencia en la dosis entera, hubo una diferencia significativa en el tratamiento con 6000 Kg MS/ha de rastrojo de avena, que puede deberse a una menor

cantidad de producto que llega al suelo, lo que disminuye su persistencia, por la baja concentración de flumioxazin en suelo.



0= sin herbicida; 75= 75ml/ha (media dosis); 150= 150 ml/ha (dosis entera); 0= sin rastrojo; 3000= 3000 Kg MS rastrojo/ha; 6000= 6000 Kg MS rastrojo/ha.

Figura No. 5. Interacción rastrojo \* dosis de herbicida en la emergencia a los 18 DPA

Analizándose las distintas dosis de herbicida agrupado por niveles de rastrojo, la tendencia para ambos casos fue la misma: a más herbicida, más control. Sin embargo, la magnitud de la diferencia fue distinta porque, cuanto menos rastrojo, el efecto del herbicida fue mayor.

Cuadro No. 4. Valores de la media de emergencias para la interacción rastrojo \* dosis de herbicida para DPA 18

Rastrojo\herbicida	0 ml/ha	75 ml/ha	150 ml/ha
0 Kg MS/ha	25,55Ba	0,5Aa	0,95Aa
3000 Kg MS/ha	30,3Ca	12,3Bb	4,6Aa
6000 Kg MS/ha	27,95Ca	17,7Bc	10,76Ab

Medias con diferente letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ ). Las letras mayúsculas comparan para cada nivel de rastrojo el efecto dosis herbicida y las letras minúsculas comparan dentro de cada dosis herbicida, el efecto rastrojo.

Pudo observarse que, el efecto rastrojo, por más que es significativo, no representa lo esperado porque se supone que a mayor rastrojo, mayor es el control sobre

la emergencia de la maleza. Esto para el promedio de los tratamientos, está explicado por la interacción con el herbicida.

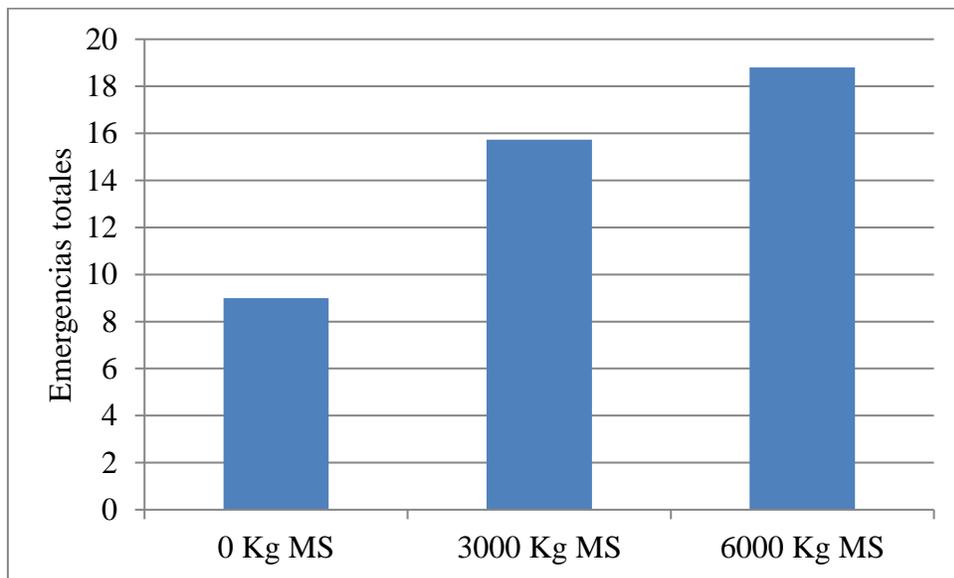


Figura No. 6. Efecto rastrojo en la emergencia a los 18 DPA

El efecto herbicida en DPA 18 es marcado y significativo para las tres dosis, habiendo una relación entre la dosis y el control: a mayor dosis, mayor control. Viéndose la importancia de aplicar la dosis correspondiente del producto según la etiqueta, es importante aclarar esto porque no se ve la diferencia en los primeros días post-aplicación, sino que ésta se denota en las semanas posteriores.

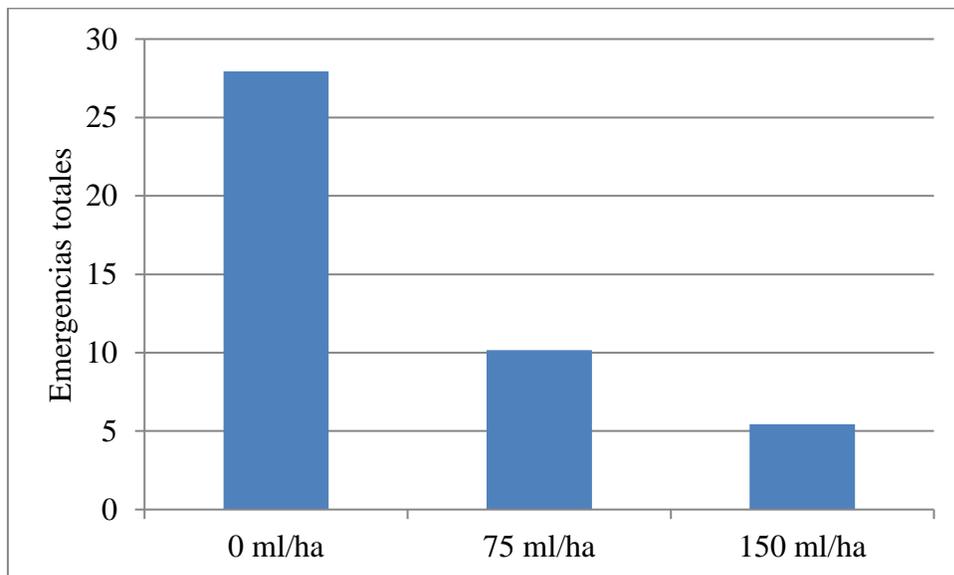
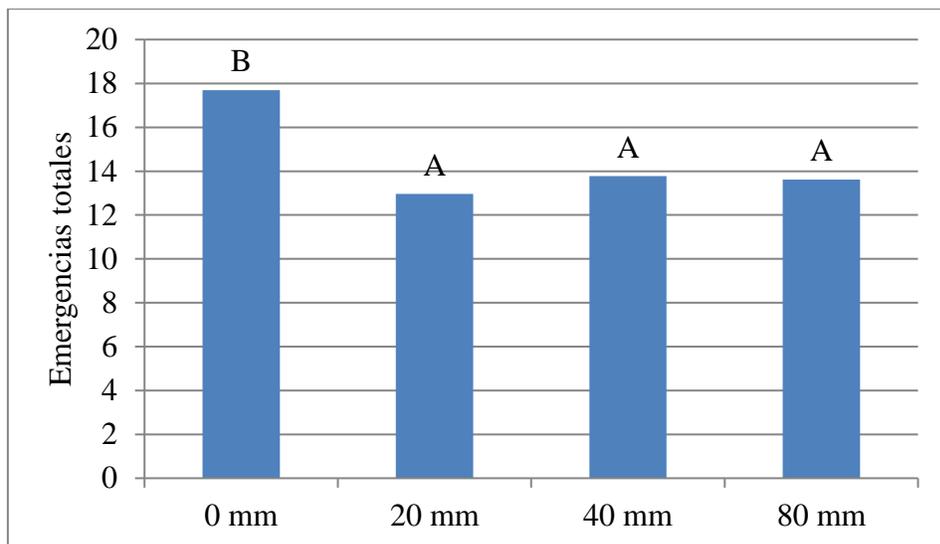


Figura No. 7. Efecto dosis de herbicida en la emergencia a los 18 DPA

En esta fecha cambia la tendencia a diferenciarse los tratamientos con y sin precipitación; se observa una diferencia significativa en DPA 18, que es donde se detalla un aumento marcado en las emergencias. En esta fecha particular, se visualizan diferencias significativas entre lluvia y sin lluvia, mientras que no hay diferencias entre cantidad de precipitaciones ocurrida, tampoco en este parámetro para evaluaciones de días previos y posteriores. Esto está dentro de lo esperado en relación al  $K_{oc}$  debido a que el herbicida tiene una gran afinidad con las partículas de carbono, por otra parte no se identifica una respuesta a los distintos volúmenes de precipitación en cuanto a solubilidad o  $K_{ow}$ , hay una misma respuesta a 20 mm que 80 mm.

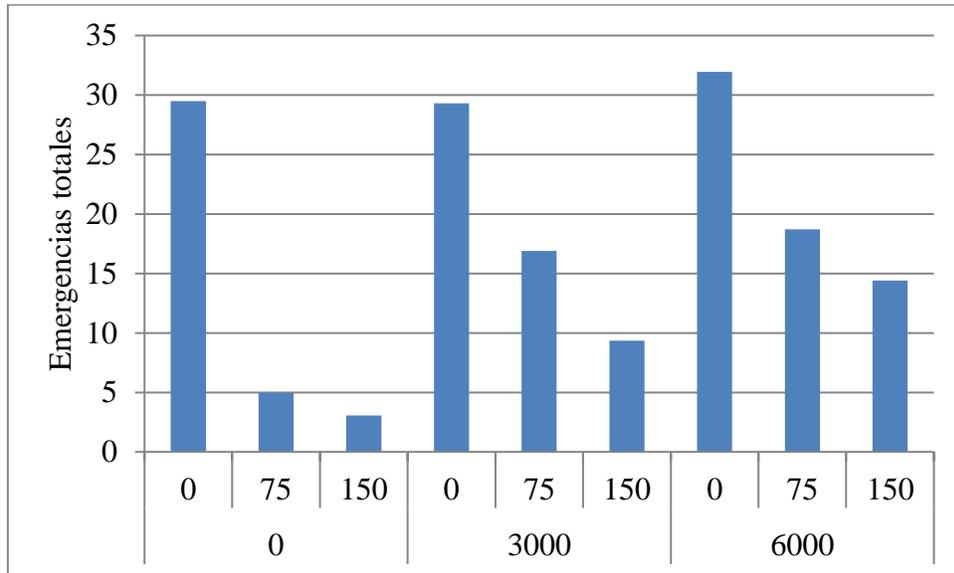


Medias con igual letra no difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ ).

Figura No. 8. Efecto precipitación en la emergencia a los 18 DPA

#### 4.3 EVALUACIÓN A LOS 48 DÍAS POST-APLICACIÓN

Para DPA 48 en relación a DPA 18 las tendencias se mantienen, reduciéndose la magnitud de las diferencias.



0= sin herbicida; 75= 75ml/ha (media dosis); 150= 150 ml/ha (dosis entera); 0= sin rastrojo; 3000= 3000 Kg MS rastrojo/ha; 6000= 6000 Kg MS rastrojo/ha.

Figura No. 9. Interacción rastrojo \* dosis de herbicida en la emergencia a los 48 DPA

Esta disminución de la magnitud de las diferencias se explica por la continua emergencia propia de la maleza en cuestión, lo cual podría explicarse por una reducción de la concentración del herbicida en el suelo por debajo del nivel de control. A su vez al no tener competencia de un cultivo en crecimiento, prolonga su flujo de emergencia, lo que genera una tendencia a emparejar los distintos tratamientos.

Cuadro No. 5. Valores de la media de emergencias para la interacción rastrojo \* dosis de herbicida para DPA 48

Rastrojo\herbicida	0 ml/ha	75 ml/ha	150 ml/ha
0 Kg MS/ha	29,5Ba	4,95Aa	3,05Aa
3000 Kg MS/ha	29,3Ca	16,9Bb	9,35Aab
6000 Kg MS/ha	31,95Ba	18,7Ab	14,4Ab

Medias con diferente letra difieren significativamente ( $p < 0,05$ ). Las letras mayúsculas comparan para cada nivel de rastrojo el efecto dosis herbicida y las letras minúsculas comparan dentro de cada dosis herbicida, el efecto rastrojo.

Para esta última fecha, el rastrojo tuvo una tendencia similar a lo ocurrido en DPA 18 (figura No. 6). En el nivel medio las emergencias aumentan, mientras que con el tratamiento de más rastrojo se mantienen.

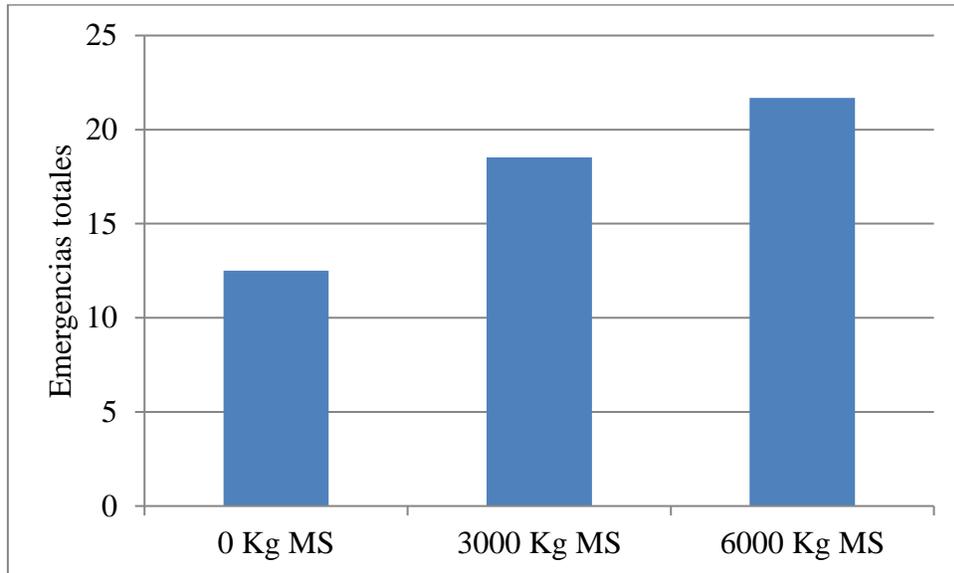


Figura No. 10. Efecto rastrojo en la emergencia en la emergencia a los 48 DPA

Si bien hay un aumento de emergencias desde DPA 18, este es similar para cada tratamiento, por lo que las diferencias en el efecto herbicida se mantienen. Visto que esta respuesta, se mantiene sostenida en el tiempo sin la presencia de un cultivo en crecimiento que compita con la maleza. Se podría pensar que si se evalúa esto a nivel de campo la respuesta sería más acentuada, no solo en número de plantas sino en el tamaño de las mismas.

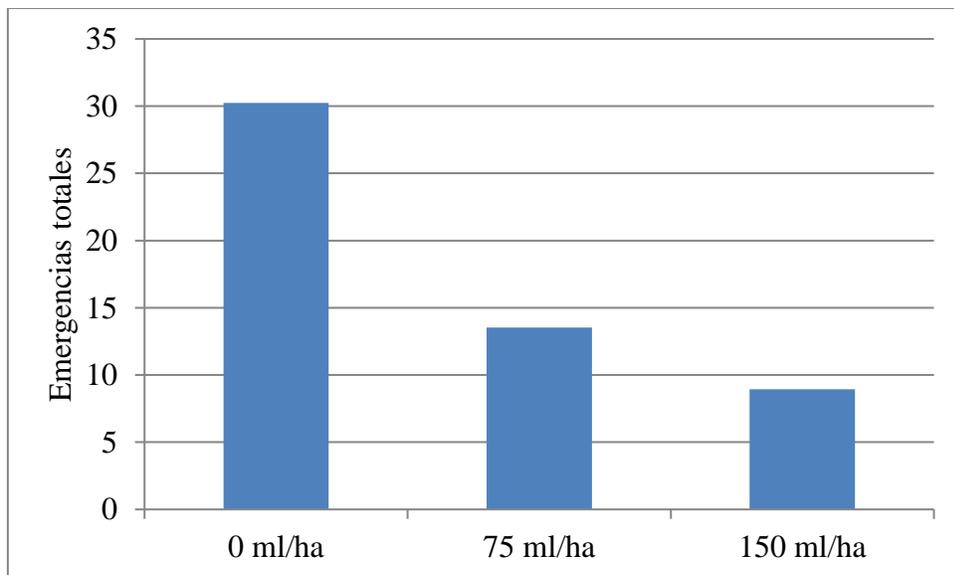
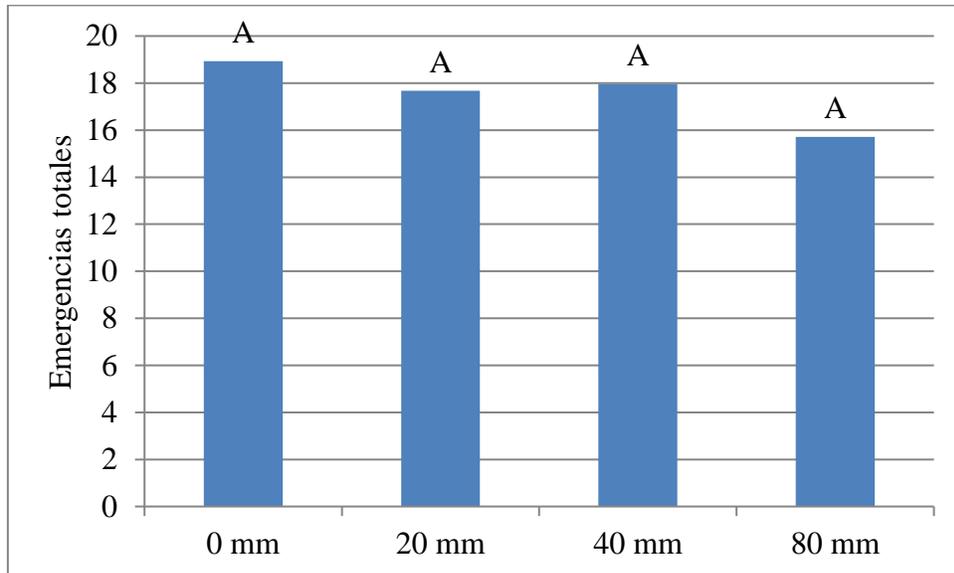


Figura No. 11. Efecto dosis de herbicida en la emergencia a los 48 DPA

A medida que pasa el tiempo con respecto a DPA 18, se pierde la diferencia significativa entre con y sin precipitación, lo que puede estar explicado por una disminución de acción del herbicida.



Medias con igual letra no difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ ).

Figura No. 12. Efecto precipitación en la emergencia a los 48 DPA

## 5. CONCLUSIONES

El factor de mayor efecto en el control de *Amaranthus spp.* fue el herbicida, siendo la efectividad dependiente de la aplicación de la dosis completa. En las condiciones experimentales del trabajo, el rastreo tuvo un efecto supresor de la maleza, solamente hasta los 5 DPA.

La única interacción doble significativa, fue la presencia de rastreo y la cantidad de herbicida. Los tratamientos de dosis completa, tuvieron un buen control y sostenido en el tiempo de evaluación, mientras que para media dosis, el nivel de control disminuyó en el tiempo.

La interacción del rastreo con el herbicida fue negativa debido a que, a mayor cantidad de rastreo, la efectividad del herbicida fue menor. Para la situación de 6000 Kg MS/ha la interacción fue negativa, teniendo como resultado una menor efectividad de control, no así para la situación de 3000 Kg MS/ha y dosis completa de herbicida, en la que se logran mejores resultados los cuales no se puede diferenciar significativamente de las situaciones de mayor control.

Por otro lado, se encontró que la precipitación no afectó el comportamiento del herbicida, no evidenciando interacción con la cantidad de rastreo. Esta variable no fue determinante en el control de *Amaranthus spp.* No se pudo comprobar que la precipitación lixivie el flumioxazin a través del rastreo para llegar al suelo y así, ser más efectivo.

## 6. RESUMEN

El trabajo experimental fue realizado en condiciones controladas, en uno de los invernaderos de UdelaR. Facultad de Agronomía. EEMAC, en el departamento de Paysandú, Uruguay. El objetivo del trabajo fue conocer los efectos de dos cantidades de rastrojo en la emergencia de *Amaranthus spp.* y en la efectividad de control del herbicida preemergente flumioxazin en esta especie. Los tratamientos fueron la combinación de tres factores que determinaron el factorial de cantidad de rastrojo (0, 3000 y 6000 kg/ha), cantidad de precipitaciones (20, 40, 60 y 80 mm) y dosis de herbicida (0, 75 y 150 mL/ha). El diseño fue completamente al azar con 5 repeticiones, donde cada repetición era una maceta donde fueron sembradas 100 semillas de la maleza y colocado la cantidad de rastrojo equivalente a la cantidad/ ha de cada tratamiento. Las precipitaciones fueron simuladas al día siguiente de la aplicación con riego a través de aspersores. Luego de generado el mismo, se mantuvo el mismo por capilaridad, regando cada maceta por debajo, sin mojar el rastrojo. Las evaluaciones de emergencia de *Amaranthus spp.* fueron realizadas hasta los 48 días post aplicación (dpa). Los resultados obtenidos determinaron que la mayor influencia en el control de esta maleza fue el flumioxazin, ya que el rastrojo interfirió negativamente en la interacción; es decir, a mayor nivel de rastrojo y una dosis de 75 ml/ha de herbicida se observó mayor número de emergencias. En cambio, al aplicarse 150 ml/ha se detectó un mayor control determinando que existe una interacción entre estos dos factores. En cuanto a la precipitación, no fue posible comprobar una interacción con los otros factores (o un efecto positivo en el control de las malezas) para los tratamientos en que el herbicida fue aplicado sobre el rastrojo.

Palabras clave: Rastrojo; Herbicida; Pre emergente; Flumioxazin; *Amaranthus*; Lluvia; Precipitación.

## 7. SUMMARY

The experimental work was carried out under controlled conditions in one of EEMAC's (Agronomy Faculty, UdelaR) greenhouses, located in the department of Paysandú, Uruguay. The objective of the project was to find out the effects of two quantities of stubble on the emergence of *Amaranthus spp.* and on the control efficacy of the pre-emergent herbicide flumioxazin in this species. The treatments were the combination of three factors that determined the factorial of the amount of stubble (0, 3000 and 6000 kg/ha), amount of rain (20, 40, 60 and 80 mm) and dose of herbicide (0, 75 and 150 mL/ha). The design was completely randomized with 5 repetitions, where each one was a pot with 100 weed seeds and the amount of stubble equivalent to the amount/ha of each treatment. Precipitation was simulated the day after application with sprinkler irrigation. After generating it, it was maintained by capillarity, watering each pot from below, without wetting the stubble. The emergency evaluations of *Amaranthus spp.* were carried out up to 48 days post application (dpa). The results determined that the greatest influence in the control of this weed was flumioxazin, since the stubble negatively interfered in the interaction; that is, at a higher level of stubble and a dose of 75 ml/ha of herbicide, a greater number of emergences was observed. On the other hand, when applying 150 ml/ha, a greater control was detected, proving that there is an interaction between these two factors. Regarding precipitation, it was not possible to verify an interaction with the other factors for the treatments in which the herbicide was applied over the stubble (nor a positive effect on weed control).

Key words: Stubble; Herbicide; Pre emergent; Flumioxazin; Amaranthus; Rain; Precipitation.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Addiscott, T. M.; Dexter, A. R. 1994. Tillage and crop residue management effects on losses of chemicals from soils. *Soil and Tillage Research* (Amsterdam). 30(1):125-168.
2. AIANBA (Asociación de Ingenieros Agrónomos del Norte de la Provincia de Buenos Aires, AR). 2006. Estrategia de manejo de malezas en maíz resistente a glifosato. (en línea). s.l., MAIZAR (Asociación Maíz Argentina). pp. 1-4. Consultado 13 dic. 2020. Disponible en <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=183>
3. Antúnez, P. 2017. Una nueva maleza resistente preocupa al sector agrícola. (en línea). *El País*, Montevideo, UY, feb. 23:s.p. Consultado abr. 2020. Disponible en <https://rurales.elpais.com.uy/agricultura/una-nueva-maleza-resistente-preocupa-al-sector-agricola>
4. AUSID (Asociación Uruguaya Pro Siembra Directa, UY). 2009. Guía de siembra directa. Montevideo. 10 p.
5. Campos Almeida, A. B. 2013. Dinâmica de herbicidas residuais na palha de cana-de-açúcar e correlação com a eficácia de manejo de plantas daninhas. Mestra em Ciências. Sao Paulo, Brasil. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 85 p.
6. Castaño, J. P.; Giménez, A.; Ceroni, M.; Furest, J.; Aunchayna, R.; Bidegain, M. 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980- 2009. Montevideo, INIA. 34 p. (Serie Técnica no. 193).
7. Carbonari, G. L.; Ciao, A.; Gimenes Cotrik Gomes; Velini, E. D. 2009. Efeitos de periodos sem a ocorrência de chuva do flumioxazin aplicado no solo e na palha de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Herbicidas*. 9(3):81-88.
8. Douglas, J.; Spaunhorst, D. J.; Sietfer-Higgins, S.; Keving, W.; Bradley, K. W. 2014. Glyphosate-Resistant Giant Ragweed (*Ambrosia trifida*) and Waterhemp (*Amaranthus rudis*) Management in Dicamba-Resistant Soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*. 28(1):131-141.
9. Ernst, O. 2004. Leguminosas como cultivos de cobertura. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. no. 21:s.p.

10. Fernández, R.; Quiroga, A.; Arena, F.; Antonini, C.; Saks, M. 2007. Contribución de los cultivos de cobertura y las napas freáticas a la conservación del agua, uso consuntivo y nutrición de los cultivos. INTA Anguil. Publicación Técnica no. 51. 59 p.
11. Fischer, R. A.; Miles, R. E. 1973. The role of spatial pattern in the competition between crop plants and weeds. A theoretical analysis. *Mathematical Biosciences Journal*. 18:335-350.
12. García Préchac, F. 1992. Propiedades físicas y erosión en rotaciones de cultivos y pasturas. *Revista INIA. Investigaciones Agronómicas*. 1(1):127-140.
13. \_\_\_\_\_. 1998. Fundamentos de la siembra directa y su utilización en Uruguay. In: Curso de Actualización sobre Siembra Directa (1998, Montevideo, Uruguay). Trabajos presentados. s.n.t. s.p.
14. Johnson, M. D.; Wyse, D. L.; Lueschen, W. E. 1989. The influence of herbicide formulation on weeds control in four tillage systems. *Weed Science*. 37(2):174-183.
15. Keeley, P. E.; Carter, C. H.; Thullen, R. J. 1987. Influence of planting date on growth of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*). *Weed Science*. 35(2):199-204.
16. Locke, M. A.; Bryson, C. T. 1997. Herbicide-soil interactions in reduced tillage and plant residue management systems. *Weed Science*. 45(2):307-320.
17. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2019. Encuesta agrícola invierno 2019. Montevideo. 2 p.
18. Montoya, J. C.; Garay, J. A.; Cervellini, J. M. 2015. Amarantáceas en la región semiárida central Argentina: La Pampa y San Luis. San Luis, INTA. 28 p. (Serie técnica no. 113).
19. Murungu, F.; Chiduzza, C.; Muchaonyerwa, P. 2010. Biomass accumulation, weed dynamics and nitrogen uptake by winter cover crops in a warm-temperate region of South Africa. *African Journal of Agricultural Research*. 5:1632-1642.
20. Reeves, D. W.; Touchton, J. T. 1991. Influence of fall tillage and cover crops on soil water and nitrogen use efficiency of corn grown on a Coastal Plain soil. In: International Conference Cover Crops for Clean Water (1991,

Jackson, TN). Proceedings. Ankeny, IA, Soil and Water Conservation Society. pp. 76-77.

21. Rodrigues, B. N.; Lima, J.; Fornarolli, D. A. 1997. Aplicação de trifluralin em préemergência, sobre diferentes quantidades de cobertura morta, no sistema de plantio direto. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas (1997, Caxambu, MG). Resumos. Viçosa, SBCPD. p. 365.
22. Schonwalder, D. H. 1996. Guía práctica para el control químico de malezas. Buenos Aires, INFORAGRO. 208 p.
23. SEMARNAT. INECC (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto de Ecología y Cambio Climático, MX). 2015. Características físico químicas de los plaguicidas y su transporte en el ambiente. (en línea). s.l. s.p. Consultado 8 ago. 2016. Disponible en [http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/plaguicidas/descargas/caracteristicas\\_fyq\\_plaguicidas.pdf](http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/plaguicidas/descargas/caracteristicas_fyq_plaguicidas.pdf)
24. Siri, G.; Ernst, O. 2012. Effect of legume or grass cover crops and nitrogen application rate on soil properties and corn productivity. *Agrociencia* (Uruguay). 16 (3):299-300.
25. Smith, K. L.; Doherty, R. C.; Bullington, J. A.; Meier, J. R.; Bagavathiannan, M. V. 2011. Seed production potential of Palmer amaranth in Arkansas. *Summaries of Arkansas Cotton Research. Research Series. no. 602:40-43.*
26. Spader, V.; Vidal, R. A. 2000. Eficácia de herbicidas graminicidas aplicados em pré-emergência no sistema de semeadura direta do milho. *Planta Daninha*. 18(2):373-380.
27. Teasdale, J. R.; Mohler, C. 2000. The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches. *Weed Science*. 48(3):385-392.
28. \_\_\_\_\_; Shelton, D. R.; Sadeghi, A. M.; Isensee, A. R. 2003. Influence of hairy vetch residue on atrazine and metolachlor soil solution concentration and weed emergence. *Weed Science*. 51(4):628-634.
29. UH (University of Hertfordshire, UK). 2019. PPDB: pesticides properties data base. (en línea). Hatfield. s.p. Consultado 21 ago. 2020. Disponible en <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/335.htm#none>

30. Wall, G. J.; Pringle, E. A.; Sheard, R. W. 1991. Intercropping red clover with silage corn for soil erosion control. *Canadian Journal of Soil Science*. 71(2):137-145.
31. Weed, D. A. J.; Kanward, R. S.; Stoltenberg, D. E.; Pfeiffer, R. I. 1995. Dissipation and distribution of herbicides in the soil profile. *Journal of Environmental Quality*. 24:68-79.

## 9. ANEXOS

Anexo 1. Las unidades experimentales previo a los tratamientos



Anexo 2. Parte de los ensayos posterior a la aplicación de herbicida, previo a la simulación de precipitación



Anexo 3. Simulación de precipitación mediante aspersores



Anexo 4. Simulación de 80 mm<sup>3</sup>

