

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Manejo de *Amaranthus spp.* en praderas de *Festuca arundinacea* y  
*Trifolium pratense*

por

Juan Ignacio ARMAS ZENI

José Antonio FERNÁNDEZ BONINO

Trabajo Final de Grado presentado como  
uno de los requisitos para obtener el título de  
Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO

URUGUAY

2022

PAGINA DE APROBACION

Trabajo Final de Grado aprobado por:

Director:

-----

Tiago Edu Kaspary

-----

Milton Alejandro Garcia Latasa

-----

Juana Villalba Fariña

Fecha: 12/08/2022

Estudiante:

Juan Ignacio Armas Zeni

-----

José Antonio Fernández Bonino

## AGRADECIMIENTOS

A nuestros familiares y amigos, que sin su apoyo incondicional todo esto no hubiese sido posible.

A la Facultad de Agronomía, por darnos la oportunidad de estudiar esta profesión que tanto anhelamos.

Al Ing. Agr. PhD. Tiago Edu Kaspary y también al Ing. Agr. PhD. Alejandro Garcia por brindarnos la oportunidad de realizar la tesis de grado con el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).

Tabla de contenido

PAGINA DE APROBACION	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	vi
1. INTRODUCCIÓN	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 GÉNERO AMARANTHUS	6
2.1.1 <i>Amaranthus hybridus</i>	7
2.1.2 <i>Amaranthus palmeri</i>	8
2.1.3 <i>Amaranthus tuberculatus</i>	10
2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES FORRAJERAS	11
2.2.1 <i>Festuca arundinacea</i>	11
2.2.1.1 Cultivar TATUM	13
2.2.2 <i>Trifolium pratense</i>	13
2.2.2.1 Cultivar ESTANZUELA 116	15
2.3 CLASIFICACION Y DESCRIPCION DE HERBICIDAS UTILIZADOS PARA MANEJAR <i>Amaranthus spp.</i>	15
2.3.1 Grupo 2 - Inhibidores de la acetolactato sintetasa - "ALS"	16
2.3.2 Grupo 5 - Inhibidores del Fotosistema II	17
2.3.3 Grupo 12 - Inhibidores de la fitoeno saturasa	17
2.3.4 Grupo 9 - Inhibidores de la EPSP sintetasa	18
2.3.5 Grupo 15 - Inhibidores de síntesis de ácidos grasos de cadena larga	18
2.3.6 Grupo 4: Auxinas sintéticas	19
2.4 HERBICIDAS UTILIZADOS.	19
3. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1 FITOTOXICIDAD DE HERBICIDAS PRE Y POST EMERGENTES UTILIZADOS PARA CONTROL DE <i>Amaranthus</i> SOBRE FESTUCA Y TRÉBOL ROJO.	23
3.1.1 Manejo de los experimentos a campo.	24

3.1.1.1 <i>Festuca arundinacea</i>	25
3.1.1.2 <i>Trifolium pratense</i>	26
3.2 EXPERIMENTOS EN INVERNÁCULO	27
3.2.1 Diseño experimental	27
3.2.1.1 Experimento con preemergentes:	29
3.2.1.2 Experimento con postemergentes:	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1 FITOTOXICIDAD DE HERBICIDAS PRE Y POST EMERGENTES UTILIZADOS PARA CONTROL DE <i>Amaranthus spp.</i> SOBRE FESTUCA Y TRÉBOL ROJO	31
4.1.1 <i>Festuca arundinacea</i>	31
4.1.2 <i>Trifolium pratense</i>	34
4.2 MANEJO DE <i>Amaranthus spp.</i> CON HERBICIDAS PRE Y POSTEMERGENTES	37
4.2.1 Control de <i>Amaranthus hybridus</i> , <i>A. palmeri</i> y <i>A. tuberculatus</i> con herbicidas preemergentes	37
4.2.2 Control de <i>Amaranthus hybridus</i> , <i>A. palmeri</i> y <i>A. tuberculatus</i> con herbicidas postemergentes	40
5. CONCLUSIONES	44
6. RESUMEN	45
7. SUMMARY	46
8. BIBLIOGRAFÍA	47
9. ANEXOS	52

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro no. 1. Características generales de los productos utilizados.....	21
Cuadro no. 2: tratamientos pre y post emergentes aplicados en festuca. ....	25
Cuadro no. 3: tratamientos pre y post emergentes aplicados en trébol rojo. ....	26
Cuadro no. 4: Tratamientos preemergentes utilizados en invernáculo para el control de Amaranthus spp.....	28
Cuadro no. 5: Tratamientos postemergentes utilizados en invernáculo para el control de Amaranthus spp.....	28
Cuadro no. 6: Fitotoxicidad (%), NDVI y Masa seca (KG ha <sup>-1</sup> ) de festuca en función de los tratamientos herbicidas utilizados, Soriano – UY, 2020. ....	32
Cuadro no. 7: Fitotoxicidad (%), NDVI y Masa seca (KG ha <sup>-1</sup> ) de trébol rojo en función de los tratamientos herbicidas utilizados, Soriano – UY, 2020. ....	35
Cuadro no. 8: Número de plantas de Amaranthus spp. emergidas 21 días después de la aplicación de los tratamientos preemergentes (DAT), INIA La Estanzuela, 2021. ....	38
Cuadro no. 9: Materia Seca (mg) de Amaranthus spp., 21 días después de la aplicación de los tratamientos (DAT) preemergentes, INIA La Estanzuela, 2021. ....	39
Cuadro no. 10: Control (%) de Amaranthus spp. con herbicidas postemergentes a los 21 días después de la aplicación de los tratamientos (DAT), INIA La Estanzuela, 2021. ...	41
Cuadro no. 11: Materia seca (mg) de Amaranthus spp. con herbicidas postemergentes a los 21 días después de la aplicación de los tratamientos (DAT), INIA La Estanzuela, 2021. ....	43
Figura 1: A-Plántula, B- planta C y D- inflorescencia de Amaranthus hybridus. ....	8
Figura 2: A-Plántula, B-planta, C- inflorescencia masculina y D- inflorescencia femenina de Amaranthus palmeri. ....	9
Figura 3: A-Plántula, B-planta, C- inflorescencia masculina y D- inflorescencia femenina de Amaranthus tuberculatus. ....	11
Figura 4: Registro pluviométrico del establecimiento del periodo en el que se realizó el ensayo.....	24

## 1. INTRODUCCIÓN

La agricultura Uruguaya en los últimos años ha sufrido una serie de cambios, pasando por una intensificación y poco uso de rotaciones con praderas de larga duración. Este proceso está basado en la siembra directa y uso del control químico de malezas, que realizado de manera incorrecta a lo largo de los años elevó la compactación y erosión de los suelos, además de la selección de malezas resistentes a herbicidas.

En este escenario el uso de praderas en rotación con cultivos agrícolas volvió a ser una importante alternativa para manejar los problemas relacionados a la agricultura continua, especialmente lo que se refiere al manejo de malezas. Entre las principales malezas problemas presentes en Uruguay es destacada la presencia en campos agrícolas de plantas del género *Amaranthus*, comúnmente conocido como yuyos colorados. Este género está compuesto por más de ochenta especies en tanto en Uruguay son reportados apenas tres como las más problemáticas: *Amaranthus hybridus*, *A. palmeri* y *A. tuberculatus*, siendo el primero autóctono del país y las demás ingresadas a través de la importación de maquinaria contaminada.

Debido a su gran capacidad invasiva y competencia con otras especies, tanto en cultivos extensivos como pasturas, los yuyos colorados son una gran amenaza al sistema productivo actual. En este escenario la utilización de praderas en rotaciones con cultivos agrícolas puede ser una importante alternativa para manejar estas malezas. De este modo, especies como *Festuca arundinacea* y *Trifolium pratense* son opciones largamente utilizadas en la formación de pasturas de largo período.

La *Festuca arundinacea* es una gramínea nativa de Europa y el norte de África. Se caracteriza por ser utilizada para la alimentación del ganado de forma extensiva como forrajera, en climas templados. En cuanto que el *Trifolium pratense* es una leguminosa nativa del noreste de África, oeste de Asia y Europa, la cual se utiliza como la festuca para la alimentación del ganado de manera extensiva. Sin embargo, ambas presentan muy

buena adaptabilidad a las condiciones climáticas de Uruguay, tornándose excelentes opciones forrajeras.

La presencia de *Amaranthus* spp. es frecuentemente relatada en praderas compuestas por festuca o tréboles. Entretanto, la información sobre el manejo de esta maleza en estas condiciones y del impacto en la producción de las praderas es escaso o inexistente. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la eficacia y selectividad de herbicidas utilizados en el control de *Amaranthus* spp. que infestan *Festuca arundinacea* y *Trifolium pratense*, a través de ensayos a campo e invernáculo.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La agricultura uruguaya a lo largo del tiempo ha evolucionado a partir de una serie de cambios, pasando por periodos de agricultura continua con laboreo, sistema de siembra directa con doble cultivos y sistemas de integración agrícolas-ganaderos. El laboreo fue utilizado masivamente en el periodo 1940-1955, afectando la calidad del suelo, generando erosión, pérdida de fertilidad y deterioro de las propiedades físicas del suelo (García et al., 2021). En los años 1970-1980 se incorporó la rotación con pasturas perennes lo cual trajo consigo una fuerte reducción del área sembrada, especialmente con trigo, de más de un millón de hectáreas a menos de setecientas mil hectáreas, además el número de productores pasó de más de veinte mil a menos de tres mil con una regionalización muy marcada en el litoral suroeste del país (García et al., 2021). Este esquema productivo permitió reducir las pérdidas por erosión y recomponer la calidad del suelo pérdida en la etapa anterior. A partir de esto se logró duplicar los rendimientos, como por ejemplo el trigo que pasó de 1000 kg/ha a 2500 kg/ha (Ernst y Siri-Prieto, 2011).

En el periodo posterior, años 1990-2002, la agricultura se caracterizó por el ascenso de la siembra directa sin laboreo, que sumado a la liberación del primer cultivar de soja transgénica en 1996, reducción abrupta del precio del glifosato a partir de 2000 y buenos precios internacionales de la soja contribuyeron a que este cultivo comenzará a tomar vuelo en el país y su producción aumentará (García et al., 2021). La agricultura se intensificó y extendió sostenidamente hacia el litoral oeste y el esquema agrícola ganadero en rotación con pasturas se convirtió en algo meramente agrícola conquistando zonas ganaderas con potencial agrícola (Ernst y Siri-Prieto, 2011).

La utilización del sistema de siembra directa generó un cambio en la dinámica de la población de malezas debido a modificaciones en las condiciones del ambiente: luz, temperatura, humedad del suelo, etc. De esta forma, ha cambiado la frecuencia y especies de malezas predominantes en los campos agrícolas. Sin embargo, sumado a eso la utilización de cultivos transgénicos y la utilización del control químico como única

herramienta para el manejo de estas especies culminó en la selección de poblaciones resistentes a herbicidas. En este contexto, a partir de 2008 se ha reportado a nivel de campo los primeros casos de raigrás con sospechas de resistencia (García et al., 2021).

Por otro lado, desde 2011 se comenzaron a registrar problemas de fallas de control en las especies de carniceras (*Conyza bonariensis* y *C. sumatrensis*), capín (*Echinochloa crus-galli* y *E. colona*) y rábanos (*Raphanus* spp.) a partir de la utilización de glifosato e inhibidores de la enzima ALS – Acetolactato sintetasa (Rios et al., 2013). Desde el 2015 las poblaciones de yuyos colorados (*Amaranthus* spp.) han sido reiteradamente reportadas como de difícil control a partir de la utilización de glifosato e inhibidores de la ALS (García et al., 2021). Por lo tanto, los sistemas productivos uruguayos se ven enfrentados actualmente a diversos desafíos a lo que involucra el manejo de las malezas y sostenibilidad ambiental, social y económica.

Los yuyos colorados (*Amaranthus* spp.) vienen ganando protagonismos por su gran capacidad de infestar cultivos y pasturas, especialmente por los numerosos casos de resistencia reportados a nivel mundial a diferentes modos de acción herbicidas (Heap, 1993-2022). Este escenario causa creciente preocupación por generar inconvenientes tanto a nivel productivo como ambiental. Entre los cuales se mencionan, la disminución de opciones de control químico, pérdidas en la producción por interferencia de las malezas que no se logran controlar, pérdidas en la biodiversidad, aumentos de dosis y frecuencias de aplicación de herbicidas.

En Argentina y Brasil vecinos agrícolas de Uruguay, son muchos los casos de resistencia a herbicidas reportados para el género *Amaranthus*, destacándose las especies *Amaranthus hybridus* y *A. palmeri* con resistencia simple y múltiple a glifosato e inhibidores de la ALS (Heap, 1993-2022). A su vez en Uruguay, para el género *Amaranthus* recientemente fueron reportados los primeros casos de resistencia a glifosato y diclosulam (Kaspary et al. 2020, Kaspary et al. 2021). Estos relatos corroboran con la ocurrencia ya confirmada de biotipos resistentes a herbicidas dentro de esos géneros en Argentina y Brasil, con los cuales es existente el riesgo de dispersión y contaminación de semillas de malezas de un país a otro (Gaines et al., 2021). Para el caso del Uruguay tres

especies de *Amaranthus* componen el complejo de malezas conocidas como yuyos colorados: *Amaranthus hybridus*, *A. palmeri* y *A. tuberculatus*. De estas apenas la primera especie es autóctona del país, en cuanto que las otras dos llegaron como contaminantes en maquinarias importadas, especialmente de los Estados Unidos (Gaines et al., 2021). Es muy probable que las especies importadas ya ingresaron seleccionadas y resistentes a herbicidas, ya que en dicho país existen poblaciones de *Amaranthus* resistentes a siete mecanismos de acción herbicida diferentes (Gaines et al. 2021, Heap 1993-2022).

En este contexto, praderas con festuca (*Festuca arundinacea*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*) sembradas en campos que rotan cultivos y pasturas, son afectadas por la presencia de yuyos colorados y ameritan un manejo eficiente. Sin embargo, las opciones de control químico son poco probadas en cuanto a selectividad a las praderas y capacidad de manejo de los yuyos colorados presentes.

## 2.1 GÉNERO AMARANTHUS

El género *Amaranthus* está compuesto por más de ochenta especies nativas de las regiones tropicales hasta templado cálido alrededor del mundo (Covas, 1999). Presenta diversos usos, desde ornamentales, medicinales (infusiones) o hasta como verduras en ciertos países como el Congo (Oke, 1983). Sin embargo, muchas de estas especies no son utilizadas por el hombre y, cuando infestan cultivos o pasturas son consideradas malezas de gran importancia.

Este género contiene algunas de las malezas más importantes en la actualidad por su vasta capacidad competitiva y reducción del potencial productivo de los cultivos, elevada producción y diseminación de semillas, además de ser de difícil control una vez que presentan muchos casos de resistencia a herbicidas (Heap, 1993-2022). Por lo tanto, su manejo constituye una de las actividades más importantes en los sistemas donde ocurren, por el impacto que tienen estas especies sobre la producción de diferentes cultivos y pasturas. Actualmente se destacan como las principales malezas problemas a nivel mundial *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus palmeri* y *Amaranthus tuberculatus*, las

mismas especies ya reportadas en nuestro país (Sauer 1995, Kaspary et al. 2020, Heap 1993-2022). Sin embargo, a nivel de campo por la coexistencia de más de una especie de dicho género se hace muy difícil su identificación, especialmente en etapas tempranas de su desarrollo.

### 2.1.1 *Amaranthus hybridus*

Es una especie anual de origen sudamericano perteneciente a la familia Amarantáceas autóctona de Uruguay, monóica que se reproduce por semillas, llegando a cantidades de 200 hasta 600 mil semillas por planta. Es de rápido crecimiento y muy competitiva por agua, luz y nutrientes. Florece y fructifica desde mediados de la primavera hasta el otoño, además tiene la capacidad de florecer desde los 10 cm hasta más de 2m de altura.

Las plantas de esta especie presentan un tallo con rayas longitudinales rojizas, muy frecuentemente ramificado. Las hojas se caracterizan por ser simples, y se presentan en forma alternada helicoidal, posee laminas foliares lanceoladas a ovadas-rombicas, de 1 a 7 cm de ancho y 3 a 15 cm de largo de color algo rojizo y venosas en el envés (Lloret, 2016). Los peciolos tienen hasta 10 cm de largo. Las inflorescencias se presentan en forma de panoja terminal y/o axilar de color verde o violáceo (Figura 1), pueden tener hasta 35 cm y están compuestas por gran cantidad de flores completas, que presentan estambres y pistilo. Las semillas son lenticulares negras y brillosas de 1,5 mm de diámetro. Las plántulas son de porte arrosado, con cotiledones lanceolados a elípticos u oblongos (Lloret, 2016). Presenta resistencia a herbicidas inhibidores de la ALS, fotosistema II y glifosato (Heap, 1993-2022).



Figura 1: A-Plántula, B- planta C y D- inflorescencia de *Amaranthus hybridus*.

### 2.1.2 *Amaranthus palmeri*

Es una especie originaria de América del norte, especialmente de zonas áridas del norte de México y sur de Estados Unidos (EEUU), la introducción a Uruguay ocurrió por maquinaria contaminada e importada de EEUU (García et al., 2021). Es anual, C4, dioica (plantas con inflorescencias femeninas y plantas con inflorescencia masculinas – Figura

2) por lo que la polinización cruzada es obligatoria, favoreciendo el acúmulo de variabilidad genética posible de ser seleccionada a la de resistencia para herbicidas y su dispersión a nuevos campos anteriormente no infestados. En la fase de plántula *Amaranthus palmeri* presenta mucrón (espina) en la punta de la hoja, también se diferencia por tener coloración rojiza en el envés de la hoja, ausencia de pelos en el tallo y las hojas verdaderas presentan el largo del pecíolo superior con respecto al largo de la lámina (Montoya et al., 2015).

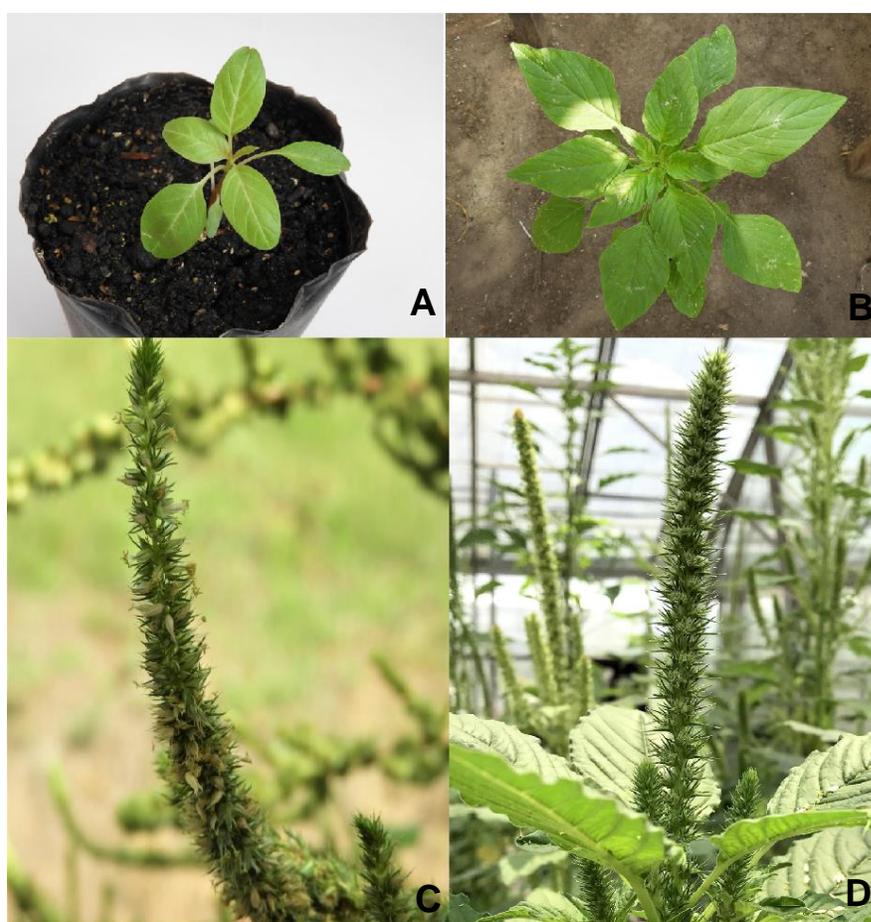


Figura 2: A-Plántula, B-planta, C- inflorescencia masculina y D- inflorescencia femenina de *Amaranthus palmeri*.

La tasa de crecimiento de *A. palmeri* puede ser de 4 hasta 8 cm por día y producir más de 600.000 semillas por planta, además esta especie se caracteriza por ser muy

tolerante al estrés ambiental (Andrade Junior et al. 2015, Papa y Tuesca 2017). En cuanto a la germinación, esta empieza cuando las temperaturas promedio se encuentran superior a 16.6 °C, pudiendo ser completada en 24 horas en casos de condiciones de temperaturas elevadas, próximas a los 30 °C (Steckel et al., 2004). Sin embargo, por tratarse de semillas muy pequeñas, su germinación es favorecida si estas se encuentran en posición relativamente superficial en el perfil del suelo (Keeley et al., 1987). Actualmente, ya se ha reportado resistencia a nivel mundial para ocho diferentes mecanismos de acción herbicidas, incluyendo inhibidores de la ALS y EPSPS, siendo estos mecanismos de acción para los cuales ya se ha reportado resistencia en *Amaranthus* en Uruguay (Kaspary et al. 2020, Kaspary et al. 2021, Heap 1993-2022)

### 2.1.3 *Amaranthus tuberculatus*

Esta también es una especie originaria de América del norte e introducida involuntariamente a Uruguay por maquinaria contaminada importada de dichos países de igual manera que *A. palmeri* (García et al., 2021). Es anual, C4, dioica por lo que la polinización cruzada (plantas femeninas y masculinas, Figura 3) es obligatoria y favorece el acumulo de variabilidad genética posible de ser seleccionada para la de resistencia a herbicidas y su dispersión. Puede alcanzar una tasa de crecimiento diaria de 5 cm, llegar a crecer hasta 3 m de altura y tener raíces de hasta 70 cm de profundidad. Puede ocupar un área radial por planta de 2 m, llegando a producir entre 35.000 y 1.200.000 semillas durante la estación de crecimiento, además tiene gran capacidad de competencia con cultivos de verano y así mismo con pasturas (Tranel et al., 2010).

En nuestro país ya se han relatado poblaciones de *A. tuberculatus* con resistencia a herbicidas inhibidores de la ALS y EPSPS (Kaspary et al. 2020, Kaspary et al. 2021). En nivel mundial se ha reportado resistencia a herbicidas con diferentes modos de acción tanto individuales como combinados (Lorentz et al., 2014). Dentro de estos, encontramos: inhibidores de ALS; inhibidores del fotosistema II; inhibidores de la protoporfirinógeno oxidasa (PPO) y el glifosato. Además, algunos reportaron casos de resistencia a herbicidas

inhibidores de la PSII y ALS en conjunto, PPO y ALS y a los tres mecanismos de acción. Fue la primera maleza en el mundo que desarrolló resistencia a los inhibidores de la PPO y 4-hidroxifenilpiruvato dioxigenasa (HPPD) (Tranel et al., 2010).



Figura 3: A-Plántula, B-planta, C- inflorescencia masculina y D- inflorescencia femenina de *Amaranthus tuberculatus*.

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES FORRAJERAS

### 2.2.1 *Festuca arundinacea*

La festuca es una de las gramíneas perennes más utilizadas en la conformación de pasturas sembradas en la región (Formoso, 2010). Es una especie C3 inercial de hábito

de crecimiento cespitoso a rizomatoso y se adapta a un amplio rango de suelos, tolerando suelos ácidos o alcalinos. Presenta mejor desempeño en suelos de textura pesada (Carámbula, 2002). Esta pradera no se ve tan afectada por las heladas, además presenta moderada resistencia a las sequías y se desempeña mejor en suelos húmedos (García, 2003).

Esta especie presenta un establecimiento lento el cual mejora con siembras en línea, esto se debe a una baja movilización de las reservas de la semilla y por lo tanto un lento crecimiento radicular, lo cual la hace muy vulnerable en la etapa de plántula (García 2003, Carámbula 2002). Por otra parte, puede tener duración como pastura de muchos años si se maneja de manera adecuada principalmente en el primer año en el cual la producción es relativamente baja y se puede ver afectada por la competencia con malezas (Langer, 1981). Por esto se debe optimizar el cuidado en el primer año ya que además no presenta resiembra natural o posibilidad de acumular gran cantidad de reservas por lo que se debería promover un buen desarrollo radicular desde fines de otoño principio de invierno (Carámbula, 2002).

En cuanto a la producción, (Langer, 1981) afirma que presenta un crecimiento primaveral muy bueno, así mismo según (García, 2003) tiene gran precocidad otoñal y un buen rebrote a fines del invierno con una floración temprana en la primavera. Por otro lado, esta especie es una gran demandante de nitrógeno, este puede ser aportado por leguminosas en siembras asociadas en pradera en la cual su porte relativamente erecto le permite una buena relación en este tipo de sistemas o mediante una fertilización nitrogenada. Cuando el nivel de nitrógeno en suelo es menor al requerido se observa un menor crecimiento, lento rebrote, una coloración amarillenta y termina siendo menos apetecible para el consumo animal (Langer, 1981). Su forraje, se caracteriza por tener muy buen aporte en calidad cuando tiene menos de 10 cm, luego esta comienza a disminuir y puede ser destinada para la producción de henos o ensilaje (Langer, 1981).

El manejo de esta especie en pastoreos rotativos con una entrada de 10-15 cm (no más), para así aprovechar al máximo el aporte en calidad y favorecer la longevidad

(Carámbula, 2002) se describe con pastoreos frecuentes e intensos en primavera para poder evitar la encañazón (Ayala et al., 2010) y pastoreos más laxos en verano evitando la disminución de producción posterior y favoreciendo la persistencia (García, 2003).

Los cultivares de festuca se agrupan en dos grandes grupos: continentales y mediterráneos. Los primeros tienen la capacidad de producir biomasa en todas las estaciones del año, presentan hojas más anchas y hábito de crecimiento intermedio. Los mediterráneos, por su parte, presentan latencia estival y mayor potencial de producción de biomasa otoño-invernal, además de hojas más finas y un hábito de crecimiento más erecto (Ayala et al., 2010). A nivel mundial las más utilizadas son las continentales por asegurar producción a lo largo de todo el año, pero en zonas donde las precipitaciones escasean en verano se recomiendan las mediterráneas. Estas a su vez por su hábito más erecto y su latencia estival son peores competidoras con malezas en verano, pero por otro lado se adaptan más a mezclas con leguminosas (Ayala et al., 2010) lo que las hace más atractivas para sistemas donde se utilizan praderas mixtas.

#### 2.2.1.1 Cultivar TATUM

El cultivar TATUM es una variedad sintética que fue originada en Uruguay por cruzamientos y seleccionada por precocidad y sanidad foliar, presenta alta producción en invierno y primavera, sin latencia. Es un cultivar muy precoz, de muy rápida implantación que combina persistencia con calidad de pastura además de tener muy buena palatabilidad. Se adapta muy bien a todas las condiciones de producción de Uruguay y por su hábito erecto es ideal para pasturas perennes que incluyen leguminosas (IPB Semillas, s.f.).

#### 2.2.2 *Trifolium pratense*

El trébol rojo (*Trifolium pratense*) es una especie bienal de ciclo invernal, con crecimiento erecto a partir de una corona y de tipo productivo fino (Rosengurtt, 1979).

Ayala et al. (2010) por otra parte mencionan que es una especie perenne de vida corta. Langer (1981) agrega que posee un crecimiento aéreo muy ramificado, el cual proviene de la corona situada por encima del suelo.

Dentro de las leguminosas perennes que tradicionalmente se cultivan en el país ha tomado mucha importancia por ser de fácil acceso a la semilla y por adaptarse correctamente a suelos medianamente fértiles, de texturas medias a pesadas con buen drenaje y profundos, también tolera muy bien la humedad en el invierno y respondiendo de buena manera al riego en verano (Carámbula, 2002). Además, se caracteriza por resistir a suelos ligeramente ácidos y pesados donde la alfalfa no produce bien. Esto es más evidente en los tambos donde el *Trifolium pratense* ha tomado gran importancia como componente leguminosa de las praderas. También presentan una excelente respuesta a la fertilización con fósforo (Ayala et al., 2010).

Debido a su gran producción de forraje en el primer año y buena tolerancia a la sombra es recomendada la siembra asociada con especies de rápido crecimiento y ciclo corto como por ejemplo cebadilla y achicoria (Carámbula 2002, Ayala et al. 2010). Otro factor que se debe tener en cuenta es el alto riesgo de meteorismo por lo cual es fundamental un buen manejo de pastoreo, así como también siembras en mezcla con gramíneas, por ejemplo, *Lolium multiflorum* cuando el destino es netamente para pastoreo. Se recomiendan pastoreos intensos, pero no frecuentes debido a que alta frecuencia determina mayor senescencia de las hojas, pudiendo ser por agotamiento y baja acumulación de reservas en las raíces y posterior muerte de la planta (Langer 1981, Carámbula 2002).

La persistencia de esta especie en mezclas forrajeras según (Langer, 1981) no superaría los 3 a 4 años, esto se debe principalmente a la susceptibilidad de esta especie a "la enfermedad del trébol" causada por *Heterodera trifoliorum* y *Sclerotinia trifoliorum* (Langer, 1981). Según Ayala et al. (2010) el trébol rojo en Uruguay es muy susceptible a podredumbres radiculares, siendo caracterizada la especie como susceptible a enfermedades de raíz y corona (Carámbula, 2002).

En Uruguay se evalúan tres tipos de cultivares de *Trifolium pratense* que se diferencian en latencia invernal y fecha de floración. Existen sin latencia, los más utilizados en el país, por presentar muy buen desarrollo en invierno, los cuales además presentan una floración temprana o de “doble corte” por tener al menos dos secuencias de crecimiento y elongación de tallo en el año. Los de latencia intermedia, los cuales no presentan floración temprana ni tardía, tienen un reposo invernal corto y una floración intermedia. Por último, los que sí tienen latencia, la cual puede ir de abril a septiembre que no producen en invierno y son de floración tardía o “un solo corte” por tener un solo flujo de crecimiento (Ayala et al., 2010).

#### 2.2.2.1 Cultivar ESTANZUELA 116

El cultivar Estanzuela 116 proviene de una selección sobre materiales introducidos de Nueva Zelanda. Es un cultivar diploide, de porte erecto a semierecto, de floración temprana, bianual, sin latencia invernal (Ayala et al., 2010).

Es un cultivar que posee destacada precocidad y alta producción invernal y total, siempre superior a cultivares con latencia, su máxima producción se da en el mes de noviembre y su vida productiva es de dos años con aportes forrajeros en la tercera primavera de vida. Como falencia podemos decir que la producción del segundo verano está generalmente condicionada por la incidencia de podredumbres radiculares, las altas temperaturas y déficit hídrico, cuyos efectos combinados reducen el stand de plantas. Por su porte erecto facilita el aprovechamiento animal adaptándose muy bien a sistemas de pastoreo rotativos y siendo una leguminosa de muy buena calidad (Ayala et al., 2010).

### 2.3 CLASIFICACION Y DESCRIPCION DE HERBICIDAS UTILIZADOS PARA MANEJAR *Amaranthus spp.*

Los herbicidas pueden ser clasificados por sus características químicas, el momento de aplicación, el modo en que se transportan dentro de la planta, el método de

aplicación, la selectividad, el modo de acción y el mecanismo de acción (Orioli et al., 2014). Entretanto, dos de las más importantes asociaciones referentes en malezas a nivel internacional, el comité de acción de la resistencia a herbicidas y la sociedad americana de malezas (HRAC y WSSA, por sus siglas en inglés, respectivamente), clasifican a los herbicidas según su modo de acción, o sea, consideran los efectos y la secuencia de eventos, procesos biológicos, que interrumpen el normal desarrollo del vegetal y llevan a la muerte de la planta (Mónaco et al., citado por Arregui y Puricelli, 2014).

En la secuencia serán agrupados los herbicidas utilizados en esta tesis en función de la clasificación actualizada HRAC y WSSA.

### 2.3.1 Grupo 2 - Inhibidores de la acetolactato sintetasa - "ALS"

Este grupo de herbicidas se caracteriza por evitar la síntesis de aminoácidos (aa) alifáticos: valina, leucina e isoleucina, inhibiendo así la síntesis de las proteínas, lo cual lleva a la muerte de la planta. Controla un amplio rango de malezas de hoja ancha y gramíneas siendo la velocidad de detoxificación la que proporciona la selectividad de algunos cultivos a determinados productos de este grupo. La velocidad de detoxificación está relacionada con la enzima citocromo P450, siendo afectada por la aplicación de insecticidas organofosforados pudiendo afectar la selectividad del herbicida (Baumann et al., 1998).

La absorción es vía foliar y radicular, presenta una translocación muy rápida tanto por floema como xilema, acumulándose en los meristemas. Dentro de los síntomas que se observan, se destacan la detención de crecimiento a las pocas horas post aplicación, clorosis a los 4 o 5 días post aplicación, nervaduras con coloraciones rojizas, hasta la necrosis de la planta, en altas concentraciones en suelo se encuentran raíces con deformaciones, raíces secundarias cortas y crecimientos superficiales. La residualidad es muy variable según el principio activo, pueden presentar un periodo largo, siendo posible encontrar efectos de fitotoxicidad en cultivos de invierno luego de los 50 días desde la

siembra a partir de aplicaciones realizadas en presiembra y postemergencia del cultivo de soja anterior (Panaggio, 2017).

Los principios activos de dicho grupo utilizados fueron diclosulam en festuca y flumetsulam en trébol rojo, ambos de la familia triazolopirimidina.

### 2.3.2 Grupo 5 - Inhibidores del Fotosistema II

Los herbicidas de este grupo inhiben el transporte de electrones del Fotosistema II, produciendo un exceso de energía, la cual puede traducirse en dos efectos negativos, degradación de la proteína D1 o un estado energizado de la molécula de oxígeno con características de radical libre. Los herbicidas de este grupo se dividen en: triazinas, triazinonas, uracilos, piridazinonas y fenilcarbamatos entre otros (Arregui y Puricelli, 2014).

La absorción es radicular y en aplicaciones foliares esta es menor. Se transloca por xilema, después de absorción radicular. Si es absorción foliar la translocación es muy limitada. Comienzan los síntomas a los 5-7 días con clorosis en márgenes de hojas maduras y ápices foliares, más rápidamente después de la aplicación en presencia de luz. Presentan residualidad media a alta, variando según la dosis utilizada, tipo de suelo y condiciones de precipitaciones, así como MO. La degradación es microbiana y en algunos casos desconocida (Anzalone, 2008). El metribuzin de la familia triazinones fue el único herbicida que se utilizó dentro de este mecanismo de acción para la festuca.

### 2.3.3 Grupo 12 - Inhibidores de la fitoeno saturasa

El principio activo utilizado de este grupo fue el diflufenican de la familia Phenyl ethers, tanto en festuca como en trébol rojo. El mismo genera una decoloración debido a la inhibición de la síntesis de los carotenoides a nivel de la fitoeno desaturasa (PDS).

La absorción se da por raíces y coleoptile, translocación mediante la vía xilemática. En cuanto a los síntomas, primero se observan decoloraciones en los bordes de las hojas y luego en la punta de esta. De lo contrario la plántula no emerge (Anzalone, 2008).

#### 2.3.4 Grupo 9 - Inhibidores de la EPSP sintetasa

Este grupo de herbicidas actúa bloqueando la producción de aminoácidos aromáticos como la fenilalanina, tirosina y triptófano, inhibiendo la acción de la enzima EPSP (5-enolpiruvil shikimato 3-fosfato sintetasa) (Nissen et al., 2005).

Los herbicidas de este grupo son caracterizados por su efecto total no presentan actividad en suelo, su absorción es foliar y por tallos tiernos, además su translocación principal ocurre por floema alcanzando raíces y partes subterráneas de los vegetales. Los efectos son lentos, sobre todo en especies perennes. Luego de la aplicación, las plantas detienen su crecimiento y antes de su muerte, presentan clorosis seguida por necrosis de los tejidos (Arregui y Puricelli, 2014). El único principio activo utilizado de este grupo fue el glifosato y solamente a modo de evaluar la ocurrencia de resistencia de los *Amaranthus* a este herbicida.

#### 2.3.5 Grupo 15 - Inhibidores de síntesis de ácidos grasos de cadena larga

Los herbicidas dentro de este mecanismo de acción actúan inhibiendo las enzimas elongasas, impidiendo la formación de ácidos grasos de cadena larga. Si bien éstos poseen generalmente acción sistémica, los mismos actúan fundamentalmente durante la germinación y/o los primeros estadios de crecimiento. Son absorbidos principalmente por coleoptile e hipocótilo y en menor medida por semillas y raíces. En cuanto a los síntomas, en gramíneas y latifoliadas se observa malformación durante la emergencia de las primeras hojas, lo que ocasiona la muerte de la plántula. Presenta residualidad de hasta treinta días, la cual depende del contenido de MO y arcillas del suelo. Su degradación es microbiana (Diez, 2013).

Dentro de este grupo destacamos la familia cloroacetamidas (K3), donde se puede encontrar el ingrediente activo utilizado tanto en festuca como en trébol rojo, el s-metolaclor.

#### 2.3.6 Grupo 4: Auxinas sintéticas

Estos herbicidas se conocen vulgarmente como ‘‘hormonales’’ y se utilizan principalmente para el control de malezas de hoja ancha. Presenta mecanismos de acción múltiples e indeterminados, siendo su acción afectar el balance hormonal regulador de la división y elongación celular, síntesis de proteínas y la respiración (Baumann et al., 1998).

La acción de estos herbicidas requiere de una a dos semanas para matar a la maleza y es mayor su efecto con alta humedad en el suelo y alta temperatura. Los daños característicos son la epinastia (retorcimiento de tallos y peciolas), callosidades, malformación de hojas y necrosis hasta la muerte. Presentan una residualidad variada según el herbicida y la degradación es microbiana (Sterling et al., 2005). Las familias químicas que componen estos herbicidas son fenoxi carboxílicos, benzoicos, piridin carboxílicos y quinolin carboxílicos. (Cavanaugh et al. 1998, Devine et al. 1993).

Dentro de este grupo, los herbicidas utilizados fueron 2,4D o 2,4DB y MCPA de la familia Ácidos Fenoxicarboxílicos tanto en festuca como en trébol rojo. Clopyralid, picloram y halauxifen de la familia de los ácidos piridin carboxílicos y fluroxypyr de la familia de pyridyl oxy- carboxylates, ambos únicamente en festuca.

Estos se muestran selectivos para la mayoría de las gramíneas. Debido a la capacidad que estas poseen en oxidar estos compuestos, por su menor velocidad de movilización dentro de las plantas, lo que permite activar los procesos de detoxificación con eficacia (Peterson et al., 2001).

#### 2.4 HERBICIDAS UTILIZADOS.

En el cuadro 1 se encuentran descritos los herbicidas utilizados en el presente estudio con referencia a la especie de pradera donde fueron aplicados, marcas comerciales, familia química y mecanismo de acción.

Cuadro no. 1. Características generales de los productos utilizados.

<b>Principio activo</b>	<b>Grupo</b>	<b>Familia</b>	<b>Mecanismo de acción</b>	<b>Cultivo en que se utilizó</b>	<b>Nombre comercial</b>
Diclosulam	2	Triazolopirimidinas	Inhibidor de la enzima ALS	Festuca	<b>Spider</b> (84 g/kg)
Diflufenican	12	Phenyl ethers	Inhibidores de la biosíntesis de los carotenos	Festuca y trébol rojo	<b>Boydal FE</b> (500 g/L)
S-Metolaclor	15	Cloroacetamidas	Inhibidores de los ácidos grasos de cadena muy larga	Festuca y trébol rojo	<b>DUAL GOLD 960 EC</b> (960 g/L)
Metribuzin	5	Triazinas	Inhibidores fotosíntesis	Festuca	<b>SENCOR® 480 SC</b> (480 g/l)
Halauxifen Fluroxypyr	4	Ácidos piridin carboxílicos y Pyridyl Oxy- carboxylates	Auxinas de sintéticas	Festuca	<b>Pixxaro®</b> (16,9 g/l + 360,2 g/l)
2,4-D	4	Phenoxy carboxilatos	Auxinas de sintéticas	Festuca	<b>DMA® 48.</b> (480 g/l)
Picloram	4	Pyridine carboxylate	Auxinas de sintéticas	Festuca	<b>Tordon® 24K</b> (240 g/l)
Fluroxypyr	4	Pyridyloxy-carboxylates	Auxinas de sintéticas	Festuca	<b>Starane® Xtra</b> (330 g/L)

<b>Principio activo</b>	<b>Grupo</b>	<b>Familia</b>	<b>Mecanismo de acción</b>	<b>Cultivo en que se utilizó</b>	<b>Nombre comercial</b>
MCPA-EHE Clopyralid	4	Phenoxy carboxilato y Pyridine carboxilatos	Auxinas de sintéticas	Festuca	<b>Curtail® M.</b> (437 g/L + 50 g/L)
Glifosato	9	Glicina	Inhibición de la enzima EPSP	Trébol rojo	<b>Panzer® Gold.</b> (480 g/l)
Flumetsulam	2	Triazolopirimidinas	Inhibidor de la enzima ALS	Trébol rojo	<b>Preside®</b> (120 g/l)
2,4 DB	4	Phenoxy carboxilatos	Auxinas de sintéticas	Trébol rojo	<b>Venceweed Extra</b> (760 g/l)
MCPA	4	Phenoxy carboxilatos	Auxinas de sintéticas	Trébol rojo	<b>MCPA 75 LSA</b> (750l)

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio fue desarrollado en dos etapas complementarias siendo la primera a nivel de campo en la hacienda “Mate amargo” donde se evaluó la selectividad de herbicidas a festuca y trébol rojo. En cuanto que la segunda etapa fue realizada en nivel de invernáculo en el Instituto Nacional de investigación Agropecuaria del Uruguay – INIA La Estanzuela, donde se determinó el control de yuyos colorados generado por diferentes tratamientos herbicidas. Inicialmente se había planteado a penas la realización del ensayo de campo con evaluación de selectividad a las pasturas y control de los *Amaranthus*. Entretanto, no hubo suficiente germinación de la maleza, incluso en el testigo, invisibilizando las evaluaciones de control y siendo realizado ensayos de control de *Amaranthus* en invernáculo.

#### 3.1 FITOTOXICIDAD DE HERBICIDAS PRE Y POST EMERGENTES UTILIZADOS PARA CONTROL DE *Amaranthus* SOBRE FESTUCA Y TRÉBOL ROJO.

Los ensayos de fitointoxicación de herbicida fueron desarrollados a nivel de campo en el establecimiento “Mate amargo” que se encuentra en el departamento de Soriano, más precisamente en el paraje Cuchilla de Corralito, a unos 30 kilómetros al suroeste de la localidad de Egaña por camino vecinal (-33.6745040,-57.8262090).

En cuanto a los experimentos, estos fueron realizados sobre praderas de festuca, la cual en el momento de realizado el mismo cursaba su tercer año (Fecha de siembra: 5/4/17) y trébol rojo, el cual cursaba su segundo año de vida (Fecha de siembra: 15/5/18). Ambas praderas estaban implantadas sobre suelos de grupos CONEAT 10.1 (Anexo 1) (MGAP, 2020).

El establecimiento cuenta con registro pluviométrico propio que permitió recabar los datos de precipitaciones acumuladas del periodo donde se llevó a cabo el experimento

(Diciembre, Enero, Febrero y Marzo – Figura 3) y a modo comparativo podemos ver en anexos 2 (figura 1), el registro pluviométrico de una serie de años, desde el 2010 hasta 2021 para los mismos meses.

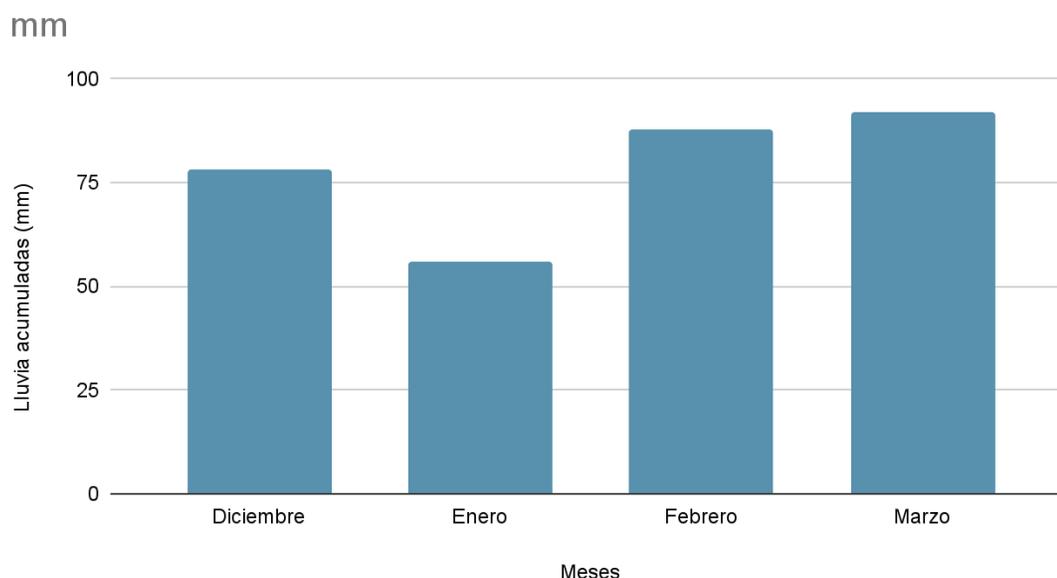


Figura 4: Registro pluviométrico del establecimiento del periodo en el que se realizó el ensayo.

### 3.1.1 Manejo de los experimentos a campo.

Ambos ensayos fueron implantados el 26/12/2019 donde a su vez se realizó la primera aplicación correspondiente a los herbicidas de preemergencia de la maleza. En cuanto que, el 17/1/2020 se realizó la aplicación de los herbicidas post emergentes. Posteriormente a las aplicaciones se realizaron evaluaciones semanales de la incidencia de *Amaranthus*, evaluaciones visuales de la fitointoxicación de las praderas por los herbicidas (Selectividad), NDVI (en inglés - Índice de Vegetación Diferencial Normalizada) de los tratamientos así como mediciones de Materia Seca (MS) producida de las praderas. La fecha de fin de los ensayos fue el 23/3/2020 dado que los individuos de *Amaranthus* ya se encontraban a fin de su ciclo de desarrollo.

### 3.1.1.1 *Festuca arundinacea*

El manejo previo a la instalación del ensayo, cantidad inicial de materia seca de la pradera y condiciones ambientales en el momento de la aplicación se puede observar en el Anexo 5 (Cuadros 1 y 2). El experimento fue realizado en diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 4 repeticiones y parcelas de 10 m<sup>2</sup> (2x5). Fueron utilizados nueve tratamientos herbicidas, aplicados como pre y postemergentes con relación a los *Amaranthus*, además de un testigo sin aplicación (Cuadro 2). A su vez se tomaron muestras de rastrojo sobre el suelo y condiciones climáticas al momento de la aplicación se pueden ver en el anexo 5 (cuadro 1 y 2).

Cuadro no. 2: tratamientos pre y post emergentes aplicados en festuca.

<b>Trat.</b>	<b>Principio activo</b>	<b>Dosis (g ia/ha o g ea/ha)</b>	<b>Nombre comercial</b>	<b>Dosis producto comercial (kg o L/ha)</b>	<b>Fecha de aplicación</b>
1	Testigo	-	-	-	
2	Diclosulam	29,4	Spider	0,035	26/12/19
3	Diflufenican	100	Boydal FE	0,2	26/12/19
4	S-metolaclor	1632	Dual Gold	1,7	26/12/19
5	Metribuzin	528	Sencor	1,1	26/12/19
6	Halauxifen + Fluroxypyr	84,5 + 180,1	Pixxaro	0,5	17/01/20
7	2,4D	720	DMA	1,5	17/01/20
8	Picloram	36	Tordon	0,15	17/01/20
9	Fluroxypyr	132	Starane	0,4	17/01/20
10	MCPA + Clopyralid	655,5 + 75	Curtail	1,5	17/01/20

### 3.1.1.2 *Trifolium pratense*

Para el *Trifolium pratense* fueron probados siete tratamientos herbicidas para el manejo de *Amaranthus*, además de un testigo sin aplicación (Cuadro 3). Al igual que en festuca el diseño experimental utilizado en el ensayo fue completamente al azar, con 4 repeticiones y parcelas de 10 m<sup>2</sup> (2x5). El herbicida glifosato ya fue usado con la información que no es selectivo al trébol, pero se buscaba evaluar la tolerancia/resistencia de los *Amaranthus* a este herbicida. El manejo realizado previo a la instalación del ensayo, materia seca inicial de la pastura, así como las condiciones climáticas en el momento de aplicación están en el Anexo 5 (cuadros 3 y 4).

Cuadro no. 3: tratamientos pre y post emergentes aplicados en trébol rojo.

<b>Trat.</b>	<b>Principio activo</b>	<b>Dosis (g ia/ha o g ea/ha)</b>	<b>Nombre comercial</b>	<b>Dosis producto comercial (kg o L/ha)</b>	<b>Fecha de aplicación</b>
1	Testigo	-	-	-	
2	Glifosato	1440	Panzer G	4	17/01/20
3	Diflufenican	100	Boydal	0,2	26/12/19
4	S-Metolachlor	1632	Dual Gold	1,7	26/12/19
5	Diflufenican + S-Metolachlor	75 + 1440	Boydal + Dual Gold	0,15 + 1,5	26/12/19
6	Flumetsulam	180	Preside	1,5	26/12/19
7	2,4-DB	1140	Venceweed	1,5	17/01/20
8	MCPA	300	MCPA 75	0,4	17/01/20

Los resultados de los experimentos fueron analizados usando el programa Statistical Analysis System (SAS® University Edition, 2021) y adjudicando diferencias significativas por el análisis de varianza, los datos fueron comparados por el test de Tukey 5%.

### 3.2 EXPERIMENTOS EN INVERNÁCULO

Los ensayos fueron realizados en condiciones de invernáculo en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria del Uruguay – INIA, estación experimental La Estanzuela, ubicada en la ruta 50, Km 1, departamento de Colonia (-34.3376026, -57.6911533). El ensayo fue realizado y repetido entre los meses de octubre de 2020 y marzo de 2021.

A partir de los ensayos de campo fueron identificados la presencia en la hacienda Mate Amargo de tres especies de *Amaranthus*: *Amaranthus hybridus*, *A. palmeri* y *A. tuberculatus*. A partir de esta identificación, las semillas fueron cosechadas por separado para cada especie de *Amaranthus* a finales del verano de 2020. Las semillas fueron limpiadas y almacenadas en heladera a modo de conservar el potencial de germinación de estas. De esta manera, los ensayos de invernáculo fueron desarrollados siendo consideradas las tres especies de forma aislada, posibilitando la obtención de resultados de control discriminativos para *A. hybridus*, *A. palmeri* y *A. tuberculatus* (Figuras 1, 2 y 3).

#### 3.2.1 Diseño experimental

Los tratamientos herbicidas utilizados fueron los mismos de los ensayos de campo para festuca y trébol rojo. Sin embargo, para evaluación del control de las tres especies de *Amaranthus* fueron agrupados en pre y postemergentes (Cuadros 4 y 5).

Cuadro no. 4: Tratamientos preemergentes utilizados en invernáculo para el control de *Amaranthus* spp.

<b>Trat.</b>	<b>Principio activo</b>	<b>Dosis (g ia/ha o g ea/ha)</b>	<b>Nombre comercial</b>	<b>Dosis producto comercial (kg o L/ha)</b>
1	Testigo	-	-	-
2	S-Metolaclor	1632	Dual Gold	1,7
3	Diflufenican + S-Metolachlor	75 + 1440	Boydal + Dual Gold	0,15 + 1,5
4	Flumetsulam	180	Preside	1,5
5	Diclosulam	29,4	Spider	0,035
6	Metribuzin	528	Sencor	1,1

<sup>1</sup> S-metalocloro+diflufenican;

Cuadro no. 5: Tratamientos postemergentes utilizados en invernáculo para el control de *Amaranthus* spp.

<b>Trat.</b>	<b>Principio activo</b>	<b>Dosis (g ia/ha o g ea/ha)</b>	<b>Nombre comercial</b>	<b>Dosis producto comercial (kg o L/ha)</b>
1	Testigo	-	-	-
2	Glifosato	1440	Panzer G	4
3	2,4D	720	DMA	1,5
4	2,4-DB	1140	Venceweed	1,5
5	MCPA	300	MCPA 75	0,4
6	Halauxifen + Fluoxypr	84,5 + 180,1	Pixxaro	0,5
7	Picloran	36	Tordon	0,15

Trat.	Principio activo	Dosis (g ia/ha o g ea/ha)	Nombre comercial	Dosis producto comercial (kg o L/ha)
8	Fluroxypyr	132	Starane	0,4
9	MCPA + Clopyralid	655,5 + 75	Curtail	1,5
10	Diclosulam	29,4	Spider	0,035
11	Diflufenican	100	Boydal	0,2

<sup>1</sup> Halauxifen+Fluroxypyr; <sup>2</sup> MCPA+Clopyralid

### 3.2.1.1 Experimento con preemergentes:

El ensayo fue desarrollado en diseño factorial 3x6, donde el factor A correspondió a las tres especies de *Amaranthus*: *A. hybridus*, *A. palmeri* y *A. tuberculatus*; y el factor B corresponde a los cinco tratamientos herbicidas preemergentes (Cuadro 4). También fueron consideradas 4 repeticiones por tratamientos, totalizando 84 macetas de 1,5 L, que contenían el mismo volumen de suelo tipo 10.1 y estaban acondicionadas en bandejas plásticas en grupos de 12 (un tratamiento para las tres especies). El ensayo fue repetido de forma integral dos veces. En cada maceta fueron sembradas de forma manual 30 semillas de *Amaranthus*, discriminadas por la especie y en profundidad máxima de 0,5 cm. Luego de la siembra se realizó la aplicación de los tratamientos herbicida y en la secuencia un riego suave (simulando una pequeña lluvia). A partir de la instalación del ensayo, diariamente se realizaba riego de modo de mantener el suelo en aparente capacidad de campo.

A los 21 días después de la siembra (DDS) fue realizado el conteo final de plantas emergidas en comparación con el testigo sin aplicación de herbicidas (%) y se determinó la materia seca de las plantas de *Amaranthus* acumulada en cada maceta (mg). Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y una posterior comparación de medias a través del test de Tukey (0,05).

### 3.2.1.2 Experimento con postemergentes:

Para los herbicidas postemergentes fueron utilizados 4 plantas con 4 hojas verdaderas (10 - 15 cm de altura) de cada especie de *Amaranthus* por tratamiento. Estas plantas fueron obtenidas de la siembra en bandejas de germinación en isopor y a los 10 DDS las plántulas fueron trasplantadas a macetas de 0,3 L de volumen.

El ensayo fue desarrollado en diseño factorial 3x11, donde el factor A correspondió a las tres especies de *Amaranthus*: *A. hybridus*, *A. palmeri* y *A. tuberculatus*; y el factor B corresponde a los 10 tratamientos herbicida postemergentes (Cuadro 5) además de un testigo sin aplicación. A los 21 días después de la aplicación de los tratamientos (DDA) fue realizado la evaluación final de control (%), donde la ausencia total de síntomas correspondió al valor 0, en cuanto que la muerte de las plantas correspondió al valor 100%. También fue determinada la materia seca final acumulada para cada planta en función del tratamiento a cuál fue sometida (mg). El experimento fue repetido integralmente dos veces. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y una posterior comparación de medias a través del test de Tukey (0,05).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos son presentados en función de especies de pastura para los ensayos de campo y en función del momento de utilización, pre o pos emergentes, para los herbicidas testeados en los ensayos de invernáculo.

##### 4.1 FITOTOXICIDAD DE HERBICIDAS PRE Y POST EMERGENTES UTILIZADOS PARA CONTROL DE *Amaranthus spp.* SOBRE FESTUCA Y TRÉBOL ROJO

###### 4.1.1 *Festuca arundinacea*

Los datos obtenidos para fitotoxicidad en festuca demostraron ausencia de efecto sobre la pastura a los 15 DAA para los herbicidas preemergentes (Datos no presentados). En cuanto que para los herbicidas postemergentes a los 15 DAA fueron observados bajos niveles de daño, con valores máximos de 18,5 y 20,0% para 2,4-D y fluroxipir (Tabla 1). En cuanto que, a los 45 DAA, los mayores índices de fitotoxicidad fueron observados para Fluroxypyr + Halauxifen y picloram, con valor de 17 %. Por otro lado, los herbicidas preemergentes presentaron muy bajos índices de fitotoxicidad sobre la festuca a los 60 DAT, presentando valores de fitointoxicación que no superaron 5%, pudiendo ser buenas opciones para manejar malezas dentro de pasturas ya establecidas de festuca (Tabla 1).

Cuadro no. 6: Fitotoxicidad (%), NDVI y Masa seca (KG ha<sup>-1</sup>) de festuca en función de los tratamientos herbicidas utilizados, Soriano – UY, 2020.

Tratamientos	Fitotoxicidad I (30 pre y 15 post)	Fitotoxicidad II (60 pre y 45 post)	NDVI (60 pre y 45 post)	Masa seca – I (60 pre y 45 post)	Masa seca – II (180 pre y 165 post)
Testigo	0,00 D	0,00 C	51,25 A	1073,10 A	5030,20 A
Diclosulam	0,00 D	1,25 C	47,05 AB	957,30 AB	4991,20 A
Diflufenican	0,00 D	3,75 C	47,55 AB	1060,10 A	3751,40 B
S-Metolaclor	0,00 D	4,75 C	47,00 AB	894,10 AB	3833,30 B
Metribuzin	0,00 D	4,00 C	47,80 AB	1043,30 A	3420,00 BC
<u>Flur.+ Hala.</u> <sup>1</sup>	12,50 BC	17,00 A	42,75 B	793,90 B	3170,60 C
<u>2,4-D</u>	18,50 A	13,75 AB	46,00 AB	900,50 AB	4553,40 A
<u>Picloram</u>	15,75 AB	17,00 A	45,00 B	896,70 AB	4865,00 A
<u>Fluroxypir</u>	20,00 A	16,25 AB	45,25 B	721,70 B	3807,00 B
<u>MCPA+Clonop</u> <sup>2</sup>	11,00 C	11,25 B	46,00 AB	950,10 AB	3842,60 B
Promedio	7,77	8,90	46,56	929,08	4126,47
CV (%)	23,85	23,45	4,85	7,59	17,39

<sup>1</sup>Fluroxypyr + Halauxifen; <sup>2</sup>MCPA + Clopiralid

Los bajos índices de fitotoxicidad observados en festuca en función de la aplicación de los herbicidas hormonales ya fueron reportados en otros trabajos. Según Peterson et al. (2001), la selectividad de esta clase de herbicidas se basa tanto en la absorción y transporte por las plantas tratadas, como en su estado de desarrollo, ya que las plantas son más susceptibles a los reguladores de crecimiento en épocas de intensa división celular. En consecuencia, este tipo de herbicidas son selectivos en gramíneas en la etapa vegetativa y pueden presentar algún daño en el período reproductivo.

Coincidentemente con lo observado en el presente experimento no se observaron síntomas de daño como el enrollamiento de hojas o “acebollamiento”, la “cristalización” o curvatura de tallos, los que se quiebran fácilmente, esterilidad de flores, los cuales aparecen en plantas susceptibles a las aplicaciones con herbicidas hormonales (Sterling et al., 2005). Estos mismos autores afirman que los daños de los herbicidas reguladores de crecimiento se acentúan en períodos de alta humedad en el suelo y alta temperatura lo cual no sucedió en el presente ensayo.

En la evaluación del índice NDVI, realizada a los 60 y 45 DAA para herbicidas pre y postemergentes, también se observaron pequeñas diferencias entre los tratamientos (Cuadro 6). Diferencias estadísticas en la reducción de la calidad de la vegetación basada en la evaluación de NDVI solo fue observada para los herbicidas fluroxypyr + halauxifen, picloram y fluroxypyr comparada con el testigo. Los demás tratamientos evaluados no se diferenciaron del testigo a partir del índice NDVI, corroborando las bajas tasas de fitotoxicidad observadas para estos tratamientos herbicidas.

En la evaluación de MS a los 60 días en los tratamientos preemergentes se observaron que diclosulam, diflufenican, metribuzin y s-metolaclor no presentan diferencia significativa con respecto al testigo (Cuadro 6). En cuanto que a los 180 días el diclosulam no presentó diferencia significativa en la comparación con el testigo. Sin embargo, diflufenican, s-metaloclor y metribuzin presentaron MS inferior al testigo, con reducción en torno de 25, 24 y 32% respectivamente. Estos resultados infieren la ocurrencia de efectos tardíos sobre el desarrollo de la pastura, que no pudieron ser observados en las evaluaciones tempranas de fitotoxicidad y NDVI, pero que sí se detectaron en el acumulo de MS a los 180 DAA.

En los tratamientos post emergentes a los 45 DAA, como ya se observó en la evolución de fitotoxicidad, el fluroxipir+halauxifen y fluroxypyr solo generaron reducciones significativas en el acumulo de MS cuando lo comparamos con el testigo, pero, no fueron observadas diferencias entre estos herbicidas (Cuadro 6). Además, estos tratamientos no presentaron resultados distintos a los observados para picloram, 2,4-D y

MCPA + Clopiralid. El herbicida fluroxypyr presentó la menor cantidad de MS entre todos los tratamientos, con apenas 721,70 kg/ha, en cuanto que para MCPA+Clopiralid la producción de MS fue de 950,10 kg/ha, aún debajo del testigo con 1073,10 kg/ha. Estos resultados coinciden y afirman las evaluaciones de fitointoxicación observada en la festuca tras la aplicación de los herbicidas postemergentes. A los 165 DAA, se observa que no hubo diferencias significativas entre el testigo y los siguientes tratamientos postemergentes: 2,4-D y picloram. Esta reducción en la MS acumulada no era esperada, pues estos dos herbicidas son recomendados para esta especie de pastura (Formoso, 2010). Por otro lado, los tratamientos con fluroxipir, fluroxipir+halauxifen y MCPA + Clopiralid fueron inferiores al testigo con reducción de hasta 37% en el acumulo de MS en comparación al testigo. Estos resultados muestran que el efecto de acumulo de MS a los 165 DAA fue más severo que la fitotoxicidad observada a los 15 y 45 DAA, siendo una evidencia del efecto tardío de estos herbicidas sobre el desarrollo de la pradera.

#### 4.1.2 *Trifolium pratense*

En la evaluación de fitotoxicidad en trébol rojo en función de la aplicación de diferentes herbicidas, se puede observar que luego de 15 DAA los tratamientos preemergentes que causaron mayor efecto fueron el diflufenican y diflufenican+s-metolaclor con cerca de 18% de fitointoxicación (Cuadro 7). En cuanto que s-metolaclor y flumetsulan no presentaron daño superior a 9% en la comparación con el testigo sin aplicación, se mostraron como buenas opciones para manejar malezas dentro de la pastura ya implantadas de trébol rojo. La baja fitotoxicidad generada por el flumetsulan es descrita en un trabajo que evaluó diferentes dosis de este herbicida (debajo y sobre la dosis de etiqueta) y no observo daños superiores a 20% a las 4 semanas después de la aplicación de este producto (Gawn et al., 2012)

A los 30 DAA diflufenican, diflufenican+s-metolaclor y flumetsulam generaron fitotoxicidad significativamente superior al testigo y al s-metolaclor el cual no tuvo diferencia significativa con el testigo. A los 60 DAA, el tratamiento compuesto por

diflufenican generó mayor valor de fitotoxicidad con respecto al testigo, siendo 25 y 0%, respectivamente. Datos similares son observados por (Gawn et al., 2012) donde el diflufenican presentó fitotoxicidad de hasta 40% a las 32 semanas de su aplicación sobre trébol rojo. Flumetsulam no presentó diferencias significativas con respecto a s-metolaclor y diflufenican+s-metolaclor pero sí con respecto al testigo, siendo el s-metolaclor igual al diflufenican+s-metolaclor pero distinto al testigo significativamente. Por lo tanto, el único tratamiento que no tuvo diferencias significativas con el testigo a los 60 DAA fue el diflufenican + s-metolaclor (Cuadro 7), demostrando recuperación en comparación a las evaluaciones anteriores, donde la fitotoxicidad observada fue en torno de 18%.

Cuadro no. 7: Fitotoxicidad (%), NDVI y Masa seca (KG ha<sup>-1</sup>) de trébol rojo en función de los tratamientos herbicidas utilizados, Soriano – UY, 2020.

Tratamientos	Fitotoxicidad - I (15 pre - no post)	Fitotoxicidad - II (30 pre -15 post)	Fitotoxicidad - III (60 pre - 45 post)	NDVI (60 pre - 45 post)	Masa seca (60 pre y 45 post)
<b>Testigo</b>	0,00 C	0,00 D	0,00 E	58,50 A	1598,00 A
<b>Glifosato</b>	-	45,00 A	100,00 A	27,25 B	0,00 D
<b>Diflufenican</b>	18,25 A	11,25 C	25,00 B	56,25 A	1267,50 B
<b>S-Metolaclor</b>	7,00 B	2,50 D	8,00 D	56,75 A	1528,8 A
<b>Diflufenican+S-Metolaclor</b>	18,50 A	17,50 C	2,50 DE	59,75 A	1115,70 BC
<b>Flumetsulam</b>	9,00 B	11,25 C	10,00 CD	60,00 A	1091,90 BC
<b>2.4-DB</b>	-	30,75 B	8,75 CD	56,25 A	971,10 C
<b>MCPA</b>	-	28,75 B	14,75 C	58,00 A	1565,00 A
<b>Promedio</b>	10,5	18,38	19,31	54,09 A	1142,25
<b>CV (%)</b>	23,17	18,69	14,92	5,45	16,83

Con respecto a la fitotoxicidad causada por los postemergentes luego de 15 DAA se puede observar que el glifosato genera el mayor efecto con respecto al testigo y los demás tratamientos, algo ya esperado. El 2,4 DB y mcpa no tuvieron diferencias significativas entre ellos, pero sí causaron mayor fitotoxicidad que el testigo, con valores de 30,75; 28,75 y 0,00, respectivamente. Estos dos herbicidas son descriptos como selectivos pero que generan fitotoxicidad sobre esta pastura, pudiendo comprometer su desarrollo (Ghanizadeh y Harrington, 2019). A los 45 DAA los resultados fueron similares, siendo que el glifosato generó la muerte del trébol y nuevamente el 2,4 DB, el mcpa y flumetsulam fueron los que generaron mayores valores de fitotoxicidad, pero no superando 15% en la comparación con el testigo (Cuadro 7). Para la evaluación de NDVI se puede observar que el glifosato fue el único tratamiento significativamente inferior al testigo.

En cuanto que para el acumulo de MS por el trébol, los tratamientos preemergentes resultaron inferiores al testigo, pero no se diferenciaron entre sí, con la excepción del s-metolaclor que no tuvo diferencias significativas con el testigo (Cuadro 7). En cuanto que para los postemergentes el acumulo de MS en el tratamiento con MCPA no presentó diferencias con el testigo. Sin embargo, el herbicida 2.4 DB presentó reducción de 627 kg ha<sup>-1</sup> en el acumulado de MS comparado al testigo, corroborando con la fitotoxicidad observada y relatos de otros trabajos (Gawn et al. 2012, Ghanizadeh y Harrington 2019). El glifosato no presentó acumulado de MS una vez que ya había ocasionado la muerte de las plantas de trébol, no siendo una alternativa para manejar malezas después de la emergencia de trébol rojo.

## 4.2 MANEJO DE *Amaranthus spp.* CON HERBICIDAS PRE Y POSTEMERGENTES

### 4.2.1 Control de *Amaranthus hybridus*, *A. palmeri* y *A. tuberculatus* con herbicidas preemergentes

Datos obtenidos de las dos repeticiones íntegras del ensayo no demostraron diferencias significativas entre sí por el test tukey ( $p \leq 0,05$ ) posibilitando el análisis conjunto de los datos. El *Amaranthus palmeri* y *A. tuberculatus* no presentaron diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos con flumetsulam y diclosulam (Cuadro 8). De esta forma queda evidenciada una aparente tolerancia/resistencia de estos biotipos para estos dos herbicidas pre emergentes inhibidores de la enzima ALS. Estos resultados corroboran con lo observado en otros trabajos, donde se hace mención que ya se ha reportado resistencia a nivel mundial para siete diferentes mecanismos de acción herbicidas, incluyendo inhibidores de la ALS, para los cuales ya se ha reportado resistencia en *Amaranthus spp.* en Uruguay (Kaspary et al. 2020, Heap 1993-2022). De modo general el *A. hybridus* fue más susceptible a los herbicidas preemergentes cuando se compara con *A. palmeri* y *A. tuberculatus* (Cuadro 8).

Cuadro no. 8: Número de plantas de *Amaranthus* spp. emergidas 21 días después de la aplicación de los tratamientos preemergentes (DAT), INIA La Estanzuela, 2021.

<b>Tratamiento</b>	<b><i>A. hybridus</i></b>	<b><i>A. palmeri</i></b>	<b><i>A. tuberculatus</i></b>
Testigo	22,00 A a	26,00 A a	26,25 A a
S-Metolacoloro	0,00 C a	0,00 B a	0,00 B a
S-met_diflu <sup>1</sup>	0,00 C a	0,00 B a	0,00 B a
Flumetsulam	8,50 B b	26,50 A a	21,50 A a
Diclosulam	0,75 C c	28,00 A a	20,75 A b
Metribuzin	0,00 C a	0,00 B a	0,00 B a
Promedio	5,2	13,4	11,42
CV (%)	16,94		

<sup>1</sup>S-metolacoloro+diflufenican;

Letra minúscula, diferencia entre columnas; letra mayúscula, diferencia entre filas

En la evaluación de materia seca (MS) de la parte aérea de las plantas emergidas después de la aplicación de los herbicidas preemergentes fue observado comportamiento similar al de porcentaje de germinación. En este contexto el acumulo de MS fue mayor para *A. palmeri* y *A. tuberculatus* en los tratamientos con flumetsulam y diclosulam en la comparación con *A. hybridus*, y no diferenciando del testigo sin aplicación (Cuadro 9). A partir de los datos de emergencia y MS se puede sugerir que la posibilidad de utilización de flumetsulam y diclosulam es dependiente de la no ocurrencia de tolerancia/resistencia en el área, especialmente presentado por *A. palmeri* y *A. tuberculatus*. Este escenario sugiere que estas dos especies de *Amaranthus* puedan haber llegado a nuestro país ya seleccionadas para la resistencia a herbicidas (Kaspary 2020, García et al. 2021). Sin embargo, todos los demás herbicidas utilizados fueron capaces de evitar la emergencia de *Amaranthus* spp. siendo importantes alternativas para el manejo de estas especies de malezas.

En este caso es importante mencionar que las aplicaciones realizadas en estas condiciones fueron casi ideales. No existen efectos ambientales, así como deficiencias hídricas que limiten la absorción de los herbicidas. Esto en condiciones de campo no siempre se logra.

Cuadro no. 9: Materia Seca (mg) de *Amaranthus* spp., 21 días después de la aplicación de los tratamientos (DAT) preemergentes, INIA La Estanzuela, 2021.

<b>Tratamiento</b>	<b><i>A. hybridus</i></b>	<b><i>A. palmeri</i></b>	<b><i>A. tuberculatus</i></b>
Testigo	1635,00 A a	1660,00 A a	837,50 A b
S-metolacloro	0,00 D a	0,00 C a	0,00 D a
S-met_diflu <sup>1</sup>	0,00 D a	0,00 C a	0,00 D a
Flumetsulam	213,25 B c	1350,00 B a	712,50 B b
Diclosulam	76,75 C c	1750,00 A a	550,00 C b
Metribuzina	0,00 D a	0,00 C a	0,00 D a
Promedio	320,8	793,3	350
CV (%)	18,56		

<sup>1</sup>S-metalocloro+diflufinican.

Letra minúscula, diferencia entre columnas; letra mayúscula, diferencia entre filas

Los herbicidas Metribuzin, S-metolacloro y la mezcla S-metalocloro + diflufinican por lograr la inhibición total de la emergencia de las tres especies de *Amaranthus* son herramientas esenciales para el manejo de estas malezas. La utilización de estos herbicidas de forma individual o asociados es recomendada por diferentes trabajos (Hay et al. 2018, Besozzi y Sónora 2020, Westerveld et al. 2021) entretanto su uso debe ser realizado asociado a otras estrategias de manejo integrado de los *Amaranthus*, pues ya es relatado en otros países resistencia de *Amaranthus* spp. A estos herbicidas (Strom et al. 2020, Heap 1993-2022). El uso de cultivos de cobertura con elevado aporte de rastrojo, con mínimo de 4 – 5

ton. ha<sup>-1</sup> de materia seca pueden auxiliar al efecto de los herbicidas preemergentes (Webster et al. 2013, Wiggins et al. 2015)

#### 4.2.2 Control de *Amaranthus hybridus*, *A. palmeri* y *A. tuberculatus* con herbicidas postemergentes

También para los datos obtenidos para los herbicidas postemergentes en las dos repeticiones íntegras del ensayo no se observó diferencias significativas entre sí por el test tukey ( $p \leq 0,05$ ) posibilitando el análisis conjunto de los datos. En la evaluación de control de *Amaranthus spp.* con herbicidas postemergentes se puede observar de forma general una diferencia entre las especies evaluadas, con mayores índices de control observados en *A. hybridus* (Cuadro 10). Para esta especie, todos los tratamientos herbicidas presentaron control cercano o superior a 80% en la comparación con el testigo, con excepción del MCPA y diclosulam, con control de 61,25 y 59,50 respectivamente.

Por otro lado, para *A. palmeri* y *A. tuberculatus* el herbicida menos eficiente fue el diclosulam no generando controles superiores a 24% (Cuadro 10) y corroborando lo observado por Kaspary et al. (2020). Los herbicidas 2,4-D y Fluroxypyr + Halauxifen, pueden ser utilizados en postemergencia en festuca, presentaron controles superiores a 95% en todas las especies de *Amaranthus* corroborando trabajos internacionales (Meyer et al. 2015, Moore et al. 2021). Por otro lado, el 2,4-DB, único herbicida hormonal selectivo en trébol rojo obtuvo desempeños satisfactorios, alcanzando 100% de control como ya reportado por (Gawn et al., 2012) no hay reportes de resistencia a este producto en nuestro país. Este herbicida también es recomendado como selectivo en alfalfa y eficaz en el control de otras malezas de hojas anchas como cardo y rama negra (Montoya et al., 2018).

Cuadro no. 10: Control (%) de *Amaranthus* spp. con herbicidas postemergentes a los 21 días después de la aplicación de los tratamientos (DAT), INIA La Estanzuela, 2021.

<b>Tratamiento</b>	<i>A. hybridus</i>	<i>A. palmeri</i>	<i>A. tuberculatus</i>
Testigo	0,00 D a	0,00 F a	0,00 E a
Glifosato	98,75 A a	23,50 E b	19,50 D b
2,4-D	98,75 A a	95,00 A a	97,50 A a
2,4-DB	100,00 A a	100,00 A a	100,00 A a
MCPA	61,25 C a	47,75 D b	57,50 C a
Hala+Fluro <sup>1</sup>	96,25 A a	95,00 A a	100,00 A a
Picloram	86,25 A ba	95,75 A a	98,25 A a
Fluroxypyr	86,26 Ab ab	77,50 B b	100,00 A a
Clopy_MCPA <sup>2</sup>	93,75 A a	97,50 A a	100,00 A a
Diclosulam	59,50 C a	23,75 E b	9,50 DE c
Diflufenican	78,75 B a	61,25 C b	82,50 B a
Promedio	78,14	65,18	59,53
CV (%)	10,62		

<sup>1</sup> Halauxifen+Fluroxypyr; <sup>2</sup> MCPA+Clopyralid

Letra minúscula, diferencia entre columnas; letra mayúscula, diferencia entre filas

Los resultados obtenidos en el presente estudio corroboran con lo observado por (Heap, 1993-2022), quien hacía referencia a la resistencia de *Amaranthus* spp. a los herbicidas inhibidores de la ALS, siendo estos mecanismos de acción para los cuales ya se ha reportado resistencia en Uruguay (Kaspary et al., 2020). Resultados similares fueron observados en investigaciones desarrolladas en Argentina y Brasil, donde ya fueron

reportados casos de resistencia múltiple a glifosato e inhibidores de la ALS en *A. hybridus* y *A. palmeri* (Gonçalvez Netto et al. 2016, García et al. 2019, Heap 1993-2022).

En la evaluación de la MS a los 21 DAT se pudo observar en *Amaranthus hybridus* diferencias significativas entre los tratamientos corroborando con lo observado para el control. El testigo fue el tratamiento que tuvo mayor producción de MS, seguido por el diclosulam y MCPA, con 740, 460,00 y 312,50mg, respectivamente (Cuadro 11). Los herbicidas glifosato, 2.4 DB, fluroxypyr y clopyralid+MCPA fueron los que permitieron el menor acúmulo de MS en *A. hybridus*, en función del elevado control de las plantas generado por estos herbicidas. Es importante resaltar que en nivel nacional ya se han reportado fallas de control con glifosato para las tres especies de *Amaranthus* evaluadas en este trabajo, con niveles de resistencia que pueden superar a 100 veces la dosis que controla los biotipos susceptibles (Kaspary et al., 2021). Por lo tanto, además de no ser selectivo para las pasturas el glifosato puede ser ineficiente en caso de ocurrencia de poblaciones de *Amaranthus* resistentes a este herbicida.

Para *A. palmeri* y *A. tuberculatus* los resultados de MS estuvieron de acuerdo con los controles observados para esta especie (Cuadro 10 y 11). En este caso los mayores acúmulos de MS fueron observados para los herbicidas glifosato y diclosulam, no diferenciando del testigo sin aplicación en *A. tuberculatus*. En cuanto que, para *A. palmeri* fueron observadas diferencias entre el glifosato y diclosulam y también entre ellos y con el testigo, con MS de 1537, 1257 y 1886 mg planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Otros trabajos corroboran con lo observado en el presente estudio, siendo reportado resistencia a herbicidas con diferentes modos de acción tanto individuales como combinados como por ejemplo inhibidores de ALS; inhibidores del fotosistema II; inhibidores de la protoporfirinógeno oxidasa (PPO) y el glifosato (Lorentz et al., 2014). Luego, los menores valores para MS se obtuvieron por plantas tratadas con fluroxypyr + halauxifen, con 267 y 215 mg planta<sup>-1</sup>, para *A. palmeri* y *A. tuberculatus*, respectivamente.

A pesar de contar con eficaces opciones de herbicidas, como pudo ser visto en este trabajo, es importante resaltar que el manejo de *Amaranthus spp.* no debe ser basado únicamente en la utilización de estos productos o elevar el uso de aquellos que todavía controla de forma eficaz estas malezas. Sin embargo, los herbicidas son herramientas esenciales en su control, donde deben ser utilizados diferentes principios activos con distintos mecanismos de acción, tanto en pre como en postemergencia de estas especies. Además, las rotaciones de cultivos con fase de pastura permiten rotar estrategias de manejo. Esta estrategia, así como la utilización de cultivos de cobertura, pasan a ser indispensables para el éxito en manejar *Amaranthus* y evitar las pérdidas de la herramienta química para la resistencia de malezas a herbicidas.

Cuadro no. 11: Materia seca (mg) de *Amaranthus spp.* con herbicidas postemergentes a los 21 días después de la aplicación de los tratamientos (DAT), INIA La Estanzuela, 2021.

Tratamiento	<i>A. hybridus</i>	<i>A. palmeri</i>	<i>A. tuberculatus</i>
Testigo	740,00 A c	1886,50 A a	1192,50 A b
Glifosato	132,50 DE c	1537,50 B a	1197,50 A b
2,4-D	173,25 D b	340,00 F a	135,0 Fb
2,4-DB	162,50 DE b	290 FG a	177,50 EF b
MCPA	312,50 C c	930,00 D a	726,67 B b
Halo+Fluro <sup>1</sup>	48,25 F b	266,75 G a	215,00 E a
Picloran	165,00 D c	410,00 E a	315,00 D b
Fluroxypyr	122,50 DE b	432,50 E a	179,50 EF b
Clopy_MCPA <sup>2</sup>	112,50 E b	475,00 E a	155,00 EF b
Diclosulam	460,00 B b	1257,50 C a	1313,25 A a
Diflufenican	160,00 D b	445,00 E a	507,50 C a
Promedio	234,45	751,89	555,67
CV (%)		22,19	

<sup>1</sup> Haloauxifen+Fluroxypyr; <sup>2</sup> MCPA+Clopyralid

Letra minúscula, diferencia entre columnas; letra mayúscula, diferencia entre filas

## 5. CONCLUSIONES

Los herbicidas utilizados en nivel de campo sobre praderas ya establecidas generan poca o ninguna fitotoxicidad sobre estas pasturas. En *Festuca arundinacea* la fitotoxicidad generada por los herbicidas preemergentes fue prácticamente inexistente, así como su efecto sobre el acumulo de materia seca. En cuanto que los postemergentes generaron fitotoxicidad inferior a 20% y reducción de cerca de 30% en el acumulo de MS. Para trébol rojo la fitotoxicidad ocasionada por los tratamientos preemergentes como flumetsulam, diflufenican, s-metolaclor y diflufenican+s-metolaclor no superó valores los 18%. En cuanto que los postemergentes generaron fitotoxicidad de aproximadamente 30%, especialmente el 2,4D-B que también redujo en torno de 40 % la MS. Para ambas especies de praderas y considerando un nivel aceptable de fitotoxicidad y reducción de MS generada, los herbicidas pre y postemergentes son herramientas válidas y selectivas para el manejo de *Amaranthus*.

Por otra parte, cuando los herbicidas preemergentes fueron testeados sobre la emergencia de las tres diferentes especies de *Amaranthus* fue identificado mayor sensibilidad del *A. hybridus* a los herbicidas inhibidores de la ALS, en cuanto que *A. palmeri* y *A. tuberculatus* lograron emerger y no tuvieron afectado su desarrollo inicial. De modo general los herbicidas postemergentes pertenecientes al grupo de auxinas sintéticas fueron efectivos en el control de las tres especies de *Amaranthus* siendo una excelente opción de manejo, con excepción del MCPA que presentó baja efectividad en el control. Nuevamente en postemergencia el diclosulam no fue efectivo en el control de *Amaranthus*, no siendo una alternativa viable para el manejo de estas malezas en praderas. Esto probablemente es consecuencia de la ocurrencia de resistencia a este herbicida ya relatados en Uruguay.

## 6. RESUMEN

Los sistemas productivos agrícola-ganaderos de Uruguay se caracterizan por rotar ciclos agrícolas de invierno y verano, con praderas cultivadas. Trébol rojo (*Trifolium pratense*, TR) y festuca (*Festuca arundinacea*) son dos de las forrajeras más utilizadas. La alternancia entre cultivos y praderas genera beneficios en la utilización de los recursos y mejora la sostenibilidad del sistema. Sin embargo, en los últimos años se ha dificultado notablemente el control de *Amaranthus* spp. (yuyos colorados, YC) que infestan las praderas de trébol y festuca. El objetivo del trabajo fue evaluar el control de YC con herbicidas pre y post-emergentes y la selectividad de estos sobre trébol rojo y festuca ya establecidos. Un ensayo para cada especie forrajera fue realizado a campo entre diciembre de 2019 y marzo de 2020 en la localidad de Palmitas, Soriano, Uruguay. Los tratamientos probados en TR fueron: diflufenican, s-metolaclor, diflufenican+s-metolaclor, flumetsulam, 2,4-db y MCPA. Y en festuca fueron: diclosulam, diflufenican, s-metolaclor, metribuzin, fluroxipir+halauxifen, 2,4-d, picloram, fluroxipir y MCPA+clopiraldid. Los mismos tratamientos fueron probados de forma individual para cada especie de YC (*A. hybridus*; *A. palmeri* y *A. tuberculatus*) en condiciones de invernáculo en INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay; en preemergencia (macetas sembradas con 30 semillas de YC) o post-emergencia (plantas con 4 hojas verdaderas). Las dosis de los herbicidas y su utilización como pre o post-emergentes siguió la recomendación de etiqueta, y en todos los ensayos se utilizaron 4 repeticiones por tratamiento y un testigo sin aplicación. Todo el ensayo fue repetido integralmente dos veces. Los ensayos de campo no presentaron la infestación esperada de YC, pudiendo ser evaluada solamente la fitotoxicidad de los herbicidas sobre las forrajeras. TR presentó aproximadamente 25% de fitotoxicidad 30 días después de la aplicación de 2,4 db y MCPA, en cuanto que los demás herbicidas no superaron 15% de fitotoxicidad. Para festuca solo 2,4-D, picloram y fluroxipir presentaron fitotoxicidad significativa, con valores no superiores a 20%. En los ensayos de invernáculo con herbicidas pre-emergentes solo diclosulam y flumetsulam permitirán la germinación de YC. Los post-emergentes más eficaces fueron los hormonales con controles superiores al 85%, a excepción del MCPA que no superó 62%. El herbicida diclosulam como post-emergente no fue eficaz en controlar YC. Aún existen opciones de control para estas poblaciones de YC en TR y festuca, pero deben extremarse los manejos para no agravar problemas de resistencia ya existentes.

Palabras claves: sistemas productivos agrícola-ganaderos; *Amaranthus* spp; *Festuca arundinacea*; *Trifolium pratense*; herbicidas; fitotoxicidad; problemas de resistencia.

## 7. SUMMARY

The agricultural-livestock production systems of Uruguay are characterized by rotating winter and summer agricultural cycles, with cultivated grasslands. Red clover (TR) (*Trifolium pratense*) and fescue (*Festuca arundinacea*) are two of the most used forages. The alternation between crops and pastures generates benefits in the use of resources and improves the sustainability of the system. In recent years it has become considerably more difficult to control the *Amaranthus hybridus*, *A. palmeri* and *A. tuberculatus* (yuyos colorados, YC) that coexist in the farms. The objective of the work was to evaluate the control of YC with pre- and post-emergent herbicides and the selectivity of these on already established TR and fescue. A trial for each forage species was carried out in the field between December 2019 and March 2020 in the town of Palmitas, Soriano, Uruguay. The treatments tested in TR were: diflufenican, s-metolachlor, diflufenican+s-metolachlor, flumetsulam, 2,4-db and MCPA. And in fescue they were: diclosulam, diflufenican, s-metolachlor, metribuzin, fluroxypyr+halauxifen, 2,4-d, picloram, fluroxypyr and MCPA+clopyralid. The same treatments were tested individually for each YC species (*A. hybridus*; *A. palmeri* and *A. tuberculatus*) under greenhouse conditions at INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay; in pre-emergence (pots planted with 30 YC seeds) or post-emergence (plants with 4 true leaves). The doses of the herbicides and their use as pre or post-emergents followed the label recommendation, and in all the trials 4 repetitions per treatment and a control without application were used. The field trials did not present the expected YC infestation, and only the phytotoxicity of herbicides on forage plants could be evaluated. TR presented approximately 25% phytotoxicity 30 days after the application of 2,4 db and MCPA, while the other herbicides did not exceed 15% phytotoxicity. For fescue only 2,4-D, picloram and fluroxypyr showed significant phytotoxicity, with values not higher than 20%. In greenhouse trials with pre-emergent herbicides, only diclosulam and flumetsulam will allow YC to germinate. The most effective post-emergents were the hormonal ones with controls greater than 85%, with the exception of MCPA, which did not exceed 62%. The post-emergent herbicide diclosulam was not effective in controlling YC. There are still control options for these YC populations in TR and fescue, but management must be extreme in order not to aggravate existing resistance problems.

Keywords: agricultural-livestock production; *Amaranthus* spp.; *Festuca arundinacea*; *Trifolium pratense*; herbicides; phytotoxicity; resistance problems

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Andrade Junior, E. R. de; Cavenaghi, A. L.; Guimarães, S. C.; Carvalho, S. J. P. de. 2015. Primeiro relato de *Amaranthus palmeri* no Brasil em áreas agrícolas no estado de Mato Grosso. Cuibá, IMAMT. s.p. (Circular Técnica no. 19).
2. Anzalone, A. 2008. Herbicidas, modos y mecanismos de acción en plantas. (en línea). Barquisimeto, Universidad Centrocidental Lisandro Alvarado. 140 p. Consultado 14 jul. 2022. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/259175751\\_Herbicidas\\_Modos\\_y\\_mecanismos\\_de\\_accion\\_en\\_plantas](https://www.researchgate.net/publication/259175751_Herbicidas_Modos_y_mecanismos_de_accion_en_plantas)
3. Arregui, C.; Puricelli, E. 2014. Sitio de acción de los herbicidas. *In*: Acciaresi, H. A.; Leguizamón, E. S.; Fernández, O. A. eds. Malezas e invasoras de la Argentina. Santa Fe, Universidad Nacional del Sur. pp. 391 – 406.
4. Ayala, W.; Bemhaja, M.; Docanto, J.; García, J.; Olmos, F.; Real, D.; Rebuffo, M.; Reyno, R.; Silva, J.; Cotro, B.; Rossi, C. 2010. Forrajeras: catálogo de cultivares 2010. Montevideo, INIA. 131 p.
5. Baumann, P. A.; Dotray, P. A.; Prostko, P. E. 1998. Herbicide mode of action and injury symptomology. Texas, Texas A&M University. 10 p.
6. Besozzi, J. A.; Soñora, M. 2020. Control químico de *Amaranthus palmeri*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 31 p.
7. Carámbula, M. 2002. Pasturas y forrajes. Vol. 1: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. 357 p.
8. Cavanaugh, K. J.; Durgan, B. R.; Zollinger, R. K.; Selberg, W. A. 1998. Herbicide and nonherbicide injury symptoms on spring wheat and barley. St. Paul, North Dakota Extensión Service. 30 p.
9. Covas, G. 1999. Plantas pampeanas. Buenos Aires, Fondo Editorial Pampeano. 181 p.
10. Devine, M. D.; Duke, S. O.; Fedtke, C. 1993. Physiology of herbicide action. Englewood Cliffs, Prentice Hall. 441 p.
11. Diez, P. 2013. Manejo de malezas problema modos de acción de herbicidas. (en línea). Rosario, AAPRESID. 52 p. Consultado 13 feb. 2021. Disponible en [https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/AAP167289/AAP-Manual\\_Rem\\_Herbicidas.pdf](https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/AAP167289/AAP-Manual_Rem_Herbicidas.pdf)
12. Ernst, O.; Siri-Prieto, G. 2011. La agricultura en Uruguay: su trayectoria y consecuencias. *In*: Simposio Nacional de Agricultura (2º., 2011, Paysandú). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 149 – 163.
13. Formoso, F. 2010. Festuca arundinacea: manejo para producción de forraje y semillas. Montevideo, INIA. 183 p. (Serie Técnica no. 182).
14. Gaines, T. A.; Gancho, T.; Slavov, H. D.; Küpper, A.; Sparks, C.; Oliva, J.; Vila-Aiub, M.; García, M. A.; Merotto, A.; Neve, P. 2021. Investigating the

- origins and evolution of a glyphosate-resistant weed invasion in South America. *Molecular Ecology*. 30(21): 5360 – 5372.
15. García, J. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. Montevideo, INIA. 26 p. (Serie Técnica no. 133).
  16. García, M. A.; Meneses, L. V.; Kaspary, T. E. 2021. Weed problems in uruguayan agriculture: evolution and current situation. *Outlooks on Pest Management*. 32(5): 203 – 207.
  17. García, M. J.; Palma-Bautista, C.; Rojano-Delgado, A. M.; Bracamonte, E.; Portugal, J.; Alcántara de la Cruz, R.; De Prado, R. 2019. The triple amino acid substitution TAP-IVS in the EPSPS GeneConfers high glyphosate resistance to the superweed *amaranthus hybridus*. (en línea). *International Journal of Molecular Sciences*. 20: e2936. Consultado 25 may. 2022. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6567628/pdf/ijms-20-02396.pdf>
  18. Gawn, T. L.; Harrington, H. C.; Matthew, C. 2012. View of weed control in establishing mixed swards of clover plantain and chicory. (en línea). *New Zealand Plant Protection*. 65: 59 – 63. Consultado jun. 2022. Disponible en <https://journal.nzpps.org/index.php/nzpp/article/view/5425/5253>
  19. Ghanizadeh, H.; Harrington, K. C. 2019. Weed management in New Zealand pastures. (en línea). *Agronomy*. 9(8): e448. Consultado jun. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY9080448>
  20. Gonçalves Netto, A.; Nicolai, M.; Carvalho, S. J. P.; Borgato, E. A.; Christoffoleti, P. J. 2016. Multiple resistance of *Amaranthus palmeri* to ALS and EPSPS inhibiting herbicides in the state of Mato Grosso, Brazil. *Planta Daninha*. 34(3): 581 – 587.
  21. Hay, M. M.; Shoup, D. E.; Peterson, D. E. 2018. Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) and common waterhemp (*Amaranthus rudis*) control with very-long-chain fatty acid inhibiting herbicides. (en línea). *Crop, Forage & Turfgrass Management*. 4(1): 1 – 9. Consultado jul. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.2134/CFTM2018.05.0035>
  22. Heap, I. 1993-2022. The International Herbicide-Resistant Weed Database. s.l., Global Herbicide Resistance Action Committees. s.p. Consultado 5 jun. 2021. Disponible en <http://www.weedscience.org/>
  23. IPB Semillas. s.f. Festuca. (en línea). San José. s.p. Consultado may. 2021. Disponible en <https://ipbseeds.com.uy/productos/forrajeras>
  24. Kaspary, T. E.; García, A.; Marques, S.; Cabrera, O.; García, E.; García, R. 2020. Identificación de ocurrencia y manejo de yuyos colorados (*Amaranthus* spp.) resistentes a herbicidas en Uruguay. *Revista INIA*. no. 62: 50 – 54.
  25. \_\_\_\_\_; Marques, S. H.; Calistro, J. A.; García, M. A. 2021. Resistencia de *Amaranthus* spp. a glifosato: primeros reportes en Uruguay. (en línea). *In:*

- Jornada Uruguaya de Protección Vegetal (4°., 2021, Montevideo).  
Montevideo, Sociedad Uruguay de Fitopatología. p.79. Consultado 30 may. 2022. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/16082/1/Kaspary.pdf>
26. 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.
  27. Langer, R. H. M. 1981. *Las pasturas y sus plantas*. Montevideo, Hemisferio Sur. 524 p.
  28. Lloret, F. J. 2016. Resistencia a herbicidas y manejo de yuyo colorado (*Amaranthus hybridus* L.) en la región centro y sudeste de Córdoba. Tesis Ing. Agr. Córdoba, Argentina. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 51 p.
  29. Lorentz, L.; Gaines, T. A.; Nissen, S. J.; Westra, P.; Strek, H. J.; Dehne, H. W.; Ruiz-Santaella, J. P.; Beffa, R. 2014. Characterization of glyphosate resistance in *Amaranthus tuberculatus* populations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 62(32): 8134 – 8142.
  30. Meyer, C. J.; Norsworthy, J. K.; Young, B. G.; Steckel, L. E.; Bradley, K. W.; Johnson, W. G.; Loux, M. M.; Davis, V. M.; Kruger, G. R.; Bararpour, M. T.; Ikley, J. T.; Spaunhorst, D. J.; Butts, T. R. 2015. Herbicide program approaches for managing glyphosate-resistant palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) and waterhemp (*Amaranthus tuberculatus* and *Amaranthus rudis*) in future soybean-trait technologies. (en línea). *Weed Technology*. 29(4): 716 – 729. Consultado jun. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1614/WT-D-15-00045.1>
  31. MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, UY). 2020. Coneat. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 14 mar. 2022. Disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/politicas-y-gestion/coneat>
  32. 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).
  33. \_\_\_\_\_; Berhongaray, G.; Romano, N. 2018. Manejo de malezas en pasturas perennes en base a leguminosas. (en línea). San Luis, INTA. 36 p. Consultado 29 may. 2022. Disponible en [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/92457/CONICET\\_Digital\\_Nro.0ab83e3c-b7d3-42f8-a724-a79c63641835\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/92457/CONICET_Digital_Nro.0ab83e3c-b7d3-42f8-a724-a79c63641835_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
  34. Moore, L. D.; Jennings, K. M.; Monks, D. W.; Jordan, D. L.; Boyette, M. D.; Leon, R. G.; Mahoney, D. J.; Everman, W. J.; Cahoon, C. W. 2021. Susceptibility of palmer amaranth accessions in North Carolina to atrazine, dicamba, S-metolachlor, and 2,4-D. (en línea). *Crop, Forage & Turfgrass*

- Management. 7(2): e20136. Consultado oct. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1002/cft2.20136>
35. Nissen, S.; Namuth, D.; Hernández-Ríos, E. L. 2022. Introducción a los inhibidores de la síntesis de aminoácidos aromáticos. s.l., Plant and Soil Sciences eLibrary. s.p. Consultado 18 may. 2021. Disponible en <https://passel2.unl.edu/view/lesson/9a49f4ad2e86>
  36. Oke, O. L. 1983. Amaranth. *In*: Chan Jr., H.T. ed. Handbook of tropical foods. New York, Marcel-Dekker. s.p.
  37. Orioli, G.; Irigoyen, J.; Arregui, C.; Leguizamón, E. 2014. El control químico: herbicidas. *In*: Acciaresi, H. A.; Leguizamón, E. S.; Fernández, O. A. eds. Malezas e invasoras de la Argentina. Santa Fe, Universidad Nacional del Sur. pp. 329 – 345.
  38. Panaggio, N. H. 2017. Efecto de aplicaciones secuenciales de herbicidas inhibidores de la enzima acetolactato sintetasa sobre soja, trigo y cebada. Tesis Mag. en Producción Vegetal. Balcarce, Argentina. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias. 83 p.
  39. Papa, J. C.; Tuesca, D. 2017. Evaluación de alternativas de control químico de *Amaranthus palmeri* de tamaño mayor a 25 cm de altura. *In*: INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, AR). Para mejorar la producción. Oliveros. pp. 123 – 126. (Para mejorar la producción no. 56).
  40. Peterson, D.; Regehr, D.; Thompson, C.; Al-Khatib, K. 2001. Herbicide mode of action. Manhattan, KS, Kansas State University Agricultural Experiment Station. 20 p.
  41. Ríos, A.; Belgeri, A.; Eduardo, A.; Ferrari, J. F.; Aristegui, M. J.; Frondoy, L.; Gómez, M. 2013. Prevención de la resistencia de raigras anual (*Lolium multiflorum* Lam) y yerba carnífera (*Conyza bonariensis* L.) en Uruguay. *In*: Ríos, A. ed. Viabilidad del glifosato en sistemas productivos sustentables. Montevideo, INIA. pp. 83 – 97. (Serie Técnica no. 204).
  42. Rosengurtt, B. 1979. Tablas de comportamiento de las principales especies de campos naturales del Uruguay. Montevideo, Facultad de Agronomía. 87 p.
  43. Sauer, J. D. 1995. Revision of the dioecious *Amaranthus*. *Madroño*. 13: 5 – 46.
  44. Steckel, L. E.; Sprague, C. L.; Stoller, E. W.; Wax, L. M. 2004. Temperature effects on germination of nine *Amaranthus* species. *Weed Science*. 52(2): 217 – 221.
  45. Sterling, T. M.; Namuth, D.; Hernández-Ríos, I. 2005. Introducción al mecanismo de acción de los herbicidas auxínicos: parte 2. Lincoln, University of Nebraska. s.p.
  46. Strom, S. A.; Hager, A. G.; Seiter, N. J.; Davis, A. S.; Riechers, D. E. 2020. Metabolic resistance to S-metolachlor in two waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) populations from Illinois, USA. (en línea). *Pest Management Science*. 76(9): 3139 – 3148. Consultado jul. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1002/PS.5868>

47. Tranel, P. J.; Riggins, C. W.; Bell, M. S.; Hager, A. G. 2010. Herbicide resistances in *Amaranthus tuberculatus*: a call for new options. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 59(11): 5808 – 5812.
48. Webster, T. M.; Scully, B. T.; Grey, T. L.; Culpepper, A. S. 2013. Winter cover crops influence *Amaranthus palmeri* establishment. (en línea). *Crop Protection*. 52: 130 – 135. Consultado jun. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2013.05.015>
49. Westerveld, D. B.; Soltani, N.; Hooker, D. C.; Robinson, D. E.; Tranel, P. J.; Laforest, M.; Sikkema, P. H. 2021. Biologically effective dose of metribuzin applied preemergence and postemergence for the control of waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) with different mechanisms of resistance to photosystem II-inhibiting herbicides. *Weed Science*. 69(6): 631 – 641.
50. Wiggins, M. S.; McClure, M. A.; Hayes, R. M.; Steckel, L. E. 2015. Integrating cover crops and POST herbicides for glyphosate-resistant palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) Control in Corn. (en línea). *Weed Technology*. 29(3): 412 – 418. Consultado jun. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1614/WT-D-14-00145.1>

## 9. ANEXOS

### Anexo 1- Descripción grupo de suelo CONEAT

Se localiza en distintos puntos geográficos del litoral oeste, ocurriendo extensas áreas en la Cuchilla de Navarro (Dpto. de Soriano) Cuchilla de las Flores (Dpto. de Río Negro), región de Bellaco, mayormente al norte y algo al sur de Ruta 25 (Bellaco-Young). También existe un área en la región de Sarandí Grande (Dpto. de Florida). El material geológico corresponde a sedimentos limo arcillosos y arcillosos (Bellaco) del Cuaternario. El relieve es ondulado suave, con predominio de pendientes de 1 a 3%. Los suelos corresponden a Brunosoles Éútricos Típicos (Praderas Negras o Pardas muy oscuras) y Vertisoles Rúpticos Típicos, a veces Lúvicos (Grumosoles), de color negro o pardo muy oscuro, textura franco arcillo limosa, fertilidad muy alta y moderadamente bien drenados. Se asocian Brunosoles Éútricos Lúvicos (Praderas Pardas) y, en las concavidades, Planosoles Éútricos Melánicos. Predominan las tierras bajo cultivos y rastrojos.

El campo natural tiene pasturas invierno-estivales de alta calidad y tendencia a la invasión del espartillo. Las asociaciones integrantes de este grupo pertenecen a distintas unidades de la carta de suelos a escala 1:1.000.000 (D.S.F.). La región de Cuchilla de las Flores corresponde a la unidad Pasó Palmar, la región de Cuchilla de Navarro (Dpto. de Soriano) corresponde a la unidad Risso, y la región de Bellaco a la unidad del mismo nombre. Índice de Productividad 219.

## Anexo2 - Registros PLUVIOMÉTRICOS.

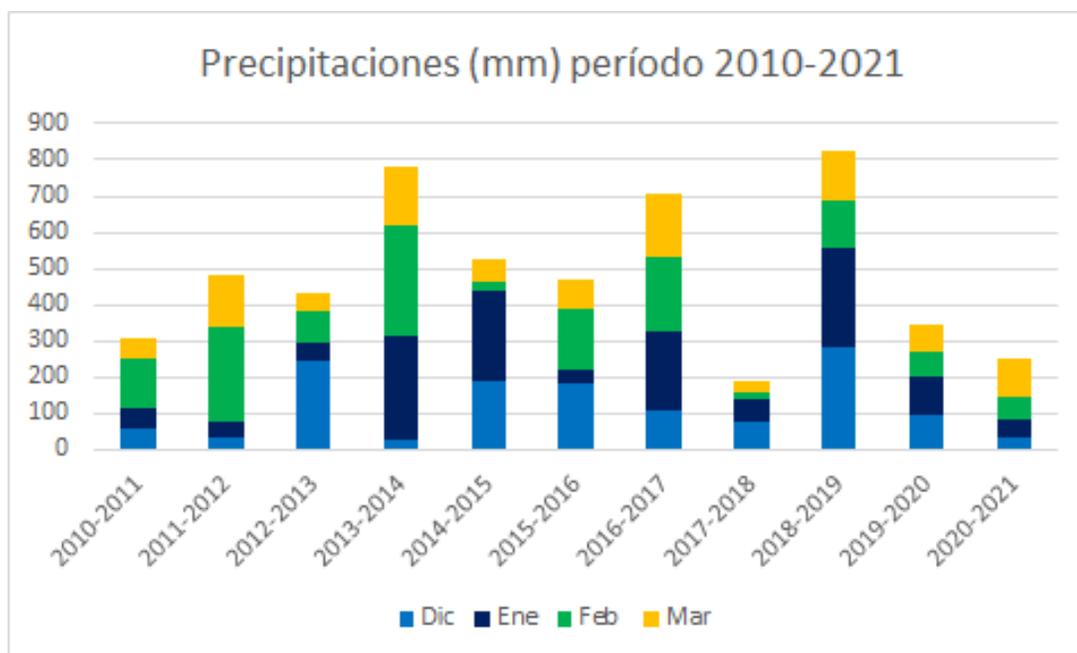


Figura 1: Promedio pluviométrico de los meses Diciembre, Enero, Febrero y Marzo del periodo 2010-2021 para la estación pluviométrica situada en la ciudad de Mercedes.

Fuente: Datos tomados de INIA grass.

## Anexo 3- MANEJO DE FESTUCA PREVIO A INSTALACIÓN DEL ENSAYO

<b>FESTUCA TANTUM C2</b>			
<b>POTRERO</b>	<b>Cuñas</b>	<b>Hás</b>	<b>37</b>
<b>5/4/17</b>	<b>SIEMBRA</b>	DENSIDAD : 12 Kg/Há	
15/4/19	FERTILIZACIÓN UREA : 70 Kg/Há		
30/5/19	FERTILIZACIÓN UREA : 70 Kg/Há		
4/6/19	APLICACIÓN HERBICIDAS : 1,6 Kg SIMAZINA + 0,03 Lts. POTENT K		
1/7/19	FERTILIZACIÓN UREA : 70 Kg/Há		
31/7/19	FINALIZA PASTOREO (cierre)		
31/7/19	FERTILIZACIÓN UREA : 150 Kg/Há		
20/11/19	COSECHA: Rendimiento 577 Kg/ha promedio		
10/12/19	Rotativa al rastrojo		

## Anexo 4 - MANEJO DE TRÉBOL ROJO PREVIO A INSTALACIÓN DEL ENSAYO

<b>TRÉBOL ROJO E 116 2º AÑO</b>			
( antecesor soja)			
<b>POTRERO</b>	<b>19/20</b>	<b>Há</b>	<b>40</b>
<b>15/5/18</b>	<b>SIEMBRA</b>	DENSIDAD : 9 Kg/Há	
( Consociado con avena negra)			
2/2/19	APLIC. HERBICIDAS	0,48 Lts. MCPA 75% + 0,5 Lts. Venceweed + 0,8 Lts. Pardo + 0,5 Lts Aceite V -oil	
20/3/19	REFERTILIZACION	120 Kg 7-40-0 - 5s	
4/4/19	APLIC. HERBICIDAS	0,800 Lts. Pardo + 0,4 Lts. Preside + 0,12 Lts. Dusilan siliconado	
18/7/19	APLIC. HERBICIDAS	0,100 Lts. Boydal +0,4 Lts Preside + 0,800 Lts MCPA 40% + 0,03 Lts Punch	
18/7/19	RESIEMBRA PARCIAL AL ESTE	10 Ha con 5Kg/Há	
5/11/19	CORTE //FARDOS SILO PACK - CIERRE		

## Anexo 5 – Condiciones de aplicación

**Cuadro 1:** Cantidad de rastrojo de festuca en suelo el día 26/12/2019

<b>REP</b>	<b>0,25 M2</b>	<b>KG/HA</b>
<b>I</b>	189	7560
<b>II</b>	130	5200
<b>III</b>	141	5640
<b>IV</b>	138,5	5540
	<b>Promedio</b>	<b>5590</b>

**Cuadro 2:** Condiciones de aplicación para el ensayo de festuca.

<b>Aplicación</b>	<b>Viento</b>	<b>H</b>	<b>T</b>
26/12/19	6	73	21
17/1/20	3	65	23
Promedio	4,5	69	22

**Cuadro 3:** Cantidad de rastrojo de trébol rojo en suelo el día 26/12/2019

<b>REP</b>	<b>0,25 M2</b>	<b>KG/HA</b>
<b>I</b>	32	1280
<b>II</b>	42,4	1696
<b>III</b>	59	2360
<b>IV</b>	65	2600
	<b>Promedio</b>	<b>2028</b>

**Cuadro 4:** Condiciones de aplicación para el ensayo de trébol rojo

<b>Aplicación</b>	<b>Viento</b>	<b>H</b>	<b>T</b>
<b>26/12/19</b>	9	73	23
<b>17/1/20</b>	6	75	26
<b>Promedio</b>	7,5	74	24,5