

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

MANEJO DE DESECACIÓN EN TRÉBOLES ANUALES: OPCIONES QUÍMICAS Y
USO ASOCIADO DE ROLADO

por

Andrés Nicolás BONILLA WOHLWEND
Mauricio Emanuel WALLER BÁRCENA

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2022

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. PhD. Tiago Kaspary

Ing. Agr. Dra. Grisel Fernández

Ing. Agr. PhD. Alejandro García

Fecha:

23 de marzo de 2022

Autores:

Andrés Nicolás Bonilla Wohlwend

Mauricio Emanuel Waller Bárcena

AGRADECIMIENTOS

A nuestros familiares y amigos, que sin su apoyo incondicional no hubiese sido posible transitar este largo trayecto.

A Ing. Agr. PhD. Tiago Kaspariy por brindarnos la oportunidad de realizar la tesis de grado, la buena disposición de siempre, apoyo y dedicación en la ejecución de este trabajo.

A Ing. Agr. PhD. Alejandro García, Téc. Agr. Mauricio Cabrera, Evangelina García, Mónica García y Carlos Vázquez, por su amable colaboración para la concreción de este trabajo.

A Ing. Agr. Dra. Grisel Fernández, por su aporte, conocimiento y tiempo en nuestra formación profesional.

A Lic. Sully Toledo por su aporte para la realización de la tesis efectuando las correcciones necesarias.

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

A todos los funcionarios de INIA La Estanzuela.

MUCHAS GRACIAS.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. <u>CULTIVOS COBERTURA</u>	3
2.1.1. <u>Caracterización de las especies</u>	6
2.1.1.1. Trébol alejandrino (<i>Trifolium alexandrinum</i>)	6
2.1.1.2. Trébol persa (<i>Trifolium resupinatum</i>).....	7
2.2. <u>HERBICIDAS UTILIZADOS</u>	8
2.2.1. <u>Modo de acción</u>	8
2.2.1.1. Reguladores del crecimiento	8
2.2.1.2. Inhibidores de la síntesis de aminoácidos	9
2.2.1.3. Destruidores de membranas celulares	10
2.3. <u>ROLADO MECÁNICO</u>	10
2.3.1. <u>Modo de uso</u>	10
2.3.2. <u>Tipos de rolos</u>	11
2.2.3. <u>Experiencias en leguminosas</u>	12
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	13
3.1. <u>UBICACIÓN Y PARTICULARIDADES DE LOS EXPERIMENTOS</u>	13
3.2. <u>DISEÑO EXPERIMENTAL</u>	14
3.2.1. <u>Opciones químicas para desecación de <i>Trifolium alexandrinum</i> y <i>Trifolium resupinatum</i></u>	14
3.2.2. <u>Uso del rolado para la desecación de <i>Trifolium alexandrinum</i> y <i>Trifolium resupinatum</i></u>	15
3.3. <u>DETERMINACIONES</u>	16

4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	20
4.1. OPCIONES QUÍMICAS PARA DESECACIÓN DE TRÉBOLES	20
4.1.1. <i>Trifolium alexandrinum</i>	20
4.1.2. <i>Trifolium resupinatum</i>	24
4.2. USO DEL ROLADO PARA DESECACIÓN DE TRÉBOLES	29
4.2.1. <i>Trifolium alexandrinum</i>	29
4.2.2. <i>Trifolium resupinatum</i>	34
5. <u>CONCLUSIONES</u>	39
6. <u>RESUMEN</u>	40
7. <u>SUMMARY</u>	41
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	42

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción de los tratamientos químicos usados en la desecación <i>Trifolium alexandrinum</i> y <i>T. resupinatum</i>	15
2. Caracterización del momento de desarrollo de <i>Trifolium alexandrinum</i> y <i>T. resupinatum</i> en los momentos de la desecación con herbicidas.....	16
3. Descripción de los tratamientos usados en la desecación de <i>Trifolium</i>	17
4. Caracterización del momento de desarrollo de <i>Trifolium alexandrinum</i> y <i>T. resupinatum</i> en los momentos de la aplicación de los tratamientos.....	18
5. Control de <i>Trifolium alexandrinum</i> con diferentes tratamientos herbicidas, 15 y 30 días después de la aplicación (DDT).....	21
6. Índice NDVI en <i>Trifolium alexandrinum</i> con diferentes tratamientos herbicidas, 15 y 30 días después de la aplicación (DDT).....	23
7. Control de <i>Trifolium resupinatum</i> con diferentes tratamientos herbicidas, 15 y 30 DDT.....	26
8. Índice NDVI en <i>Trifolium resupinatum</i> con diferentes tratamientos herbicidas, 15 y 30 días después de la aplicación (DDT).....	28
9. Control de <i>Trifolium alexandrinum</i> con diferentes estrategias de desecación, 15 y 30 días después de la aplicación (DDT).....	32
10. Índice NDVI en <i>Trifolium alexandrinum</i> con diferentes estrategias de desecación, 15 y 30 días post aplicación (DDT).....	34
11. Control de <i>Trifolium resupinatum</i> con diferentes estrategias de desecación, 15 y 30 días después de la aplicación (DDT).....	36
12. Índice NDVI en <i>Trifolium resupinatum</i> con diferentes estrategias de desecación, 15 y 30 días después de la aplicación (DDT).....	38

Figura No.

1. Tipos de rolos usados para desecar cultivos de cobertura.....	11
2. Condiciones climáticas registradas durante el período experimental: precipitaciones (mm.día ⁻¹), temperatura (°C) y humedad relativa del aire (%).....	14
3. Momentos de desarrollo en <i>Trifolium alexandrinum</i> (A, B, C y D) y <i>Trifolium resupinatum</i> manejado con diferentes herbicidas (E, F, G, H).....	18
4. Momentos de desarrollo en <i>Trifolium alexandrinum</i> (A, B, y C) y <i>Trifolium resupinatum</i> (D, E y F) manejados con rolado, herbicidas o con uso asociado de ambos métodos de control.....	19

1. INTRODUCCIÓN

La evolución de la agricultura uruguaya a partir de los años 2000, influenciada principalmente por el cultivo de soja asociada a un conjunto de tecnologías y prácticas, incluido los transgénicos y la siembra directa, han favorecido una expansión del área agrícola, siendo sembrado actualmente alrededor de 1.1 millones de hectáreas con ese cultivo (Couto, 2020). Sin embargo, los cultivos de verano, como el caso de la soja y también el maíz, generan cambios significativos en la forma de manejar los campos productivos, en la mayoría de los casos anteriormente rotaban con pasturas como fuente de alimento para la ganadería. Una de las principales alteraciones fue la ausencia de pasturas perennes durante el invierno, posibilitando la siembra de cultivos como trigo, cebada y colza o la producción de forrajes durante los meses fríos. Permaneciendo áreas sin cobertura vegetal durante varios meses del año, siendo propensas a eventos de erosión, degradación del suelo e intenso enmalezamiento.

En el caso de las malezas, la ausencia de cobertura vegetal en los campos permite el establecimiento, desarrollo y la multiplicación de muchas especies. Además, estas áreas presentan malezas muy desarrolladas al momento de desecación del barbecho para la siembra del próximo cultivo de verano dificultando su control. En el transcurso de los últimos años se ha intensificado la presencia de malezas resistentes a los herbicidas usados para la desecación pre y post siembra de los cultivos de verano, principalmente al glifosato. La resistencia a herbicidas en Uruguay ya fue observada para especies de los géneros *Conyza* spp., y *Amaranthus* spp.; y especies gramíneas como *Echinochloa colona* y *Lolium multiflorum*, siendo predominantemente resistentes al glifosato, principal molécula herbicida usado en los sistemas agrícolas del Uruguay.

La ocurrencia de resistencia a herbicidas genera la necesidad de uso de diferentes modos de acción o mezclas de más de un principio activo, lo que puede elevar los costos de producción y los potenciales impactos ambientales. Sin embargo, es escasa la posibilidad de aparición de herbicidas con nuevos mecanismos de acción, lo cual seguirá provocando una alta presión de uso sobre los principios activos existentes con la consecuente expansión de la resistencia. En este contexto, el manejo cultural, manejo físico y el uso de cultivos de cobertura son importantes alternativas que integran el manejo integrado de malezas, reduciendo la dependencia del uso de herbicidas. En este escenario y desde el año 2008 en la República Oriental del Uruguay se exige por ley la necesidad de cubrir el suelo durante períodos en que no se tenga cultivos comerciales, principalmente el invierno. Estas exigencias son parte del plan de uso y manejo de suelos establecido por el MGAP (2016). Frente a este marco normativo, la necesidad de rotar cultivos para disminuir enfermedades en los cultivos de trigo, cebada y colza, y reducir resistencias de malezas a herbicidas, los cultivos de cobertura han incrementado su relevancia en los sistemas agrícolas.

Las principales especies de cultivos de cobertura utilizadas en la actualidad en Uruguay son las avenas negra y byzantina, centeno y vicia. Mientras tanto, solamente la opción de las especies de vicia no viene resolviendo el problema de los bajos niveles de materia orgánica y la poca disponibilidad de nitrógeno de los suelos. Estos factores, sumados a las fallas en el establecimiento y la necesidad de control de raigrás resistente, trae impulsado la búsqueda de alternativas leguminosas para su uso en la rotación. En este sentido, los tréboles anuales como el trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*) y trébol resupinatum (*Trifolium resupinatum*) surgieron como alternativas para las gramíneas hasta entonces más usadas.

Los tréboles alejandrino y resupinatum son especies sembradas en el otoño, utilizando bajas dosis de semillas, poseen rápido crecimiento comparado con otros tréboles, aunque menor que gramíneas, presentan una alta cantidad de producción de biomasa y elevada capacidad en fijación de nitrógeno. Además, presentan la posibilidad en control de malezas gramíneas, por ejemplo, raigrás (*Lolium multiflorum*) resistente al glifosato e inhibidores de la acetolactato sintasa (ALS) mediante el uso de graminicidas que no afectan el desarrollo de los tréboles, práctica no posible para los casos de los cultivos de cobertura formados por avenas o centeno. Por otra parte, la difícil desecación de tréboles torna necesario tener en cuenta el momento de su control, tiempo de barbecho, herbicidas a utilizar y biomasa acumulada. Estos factores en su conjunto, afectan directamente el éxito del barbecho para el siguiente cultivo, mientras que al momento para estas especies el conocimiento es reducido o inexistente.

De modo general, los cultivos de cobertura son desecados mediante control químico, el cual desde el punto de vista ambiental es preocupante y debe ser mejorado. El uso de alternativas mecánicas para manejar cultivos de cobertura ya viene siendo usado en Brasil y Paraguay por muchos años, donde se ha practicado el control mecánico mediante uso de rolado, reduciendo la dependencia de herbicidas (Ashford y Reeves, 2003). Esta práctica se ha expandido a otros países como el caso de Uruguay buscando disminuir el uso de herbicidas y aumentar la sustentabilidad del sistema productivo, sin embargo, para tréboles no hay suficiente información en el uso de esta herramienta en la región.

En este contexto, los objetivos de este trabajo son evaluar diferentes alternativas de terminación de los cultivos de cobertura, *Trifolium resupinatum* L. y *Trifolium alexandrinum* L., a través del uso de estrategias químicas y mecánicas en diferentes momentos de desarrollo del cultivo, buscando racionalizar el uso de herbicidas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CULTIVOS COBERTURA

Los cultivos de cobertura (CC) o cultivos de servicio han sido conocidos como “puentes verdes”, dada su disposición entre cultivos renta. Sin embargo, los cultivos cobertura brindan servicios al sistema, los cuales son denominados como servicios ecosistémicos (Piñeiro et al., 2015). Estos cultivos son una herramienta agronómica para la protección del suelo, aporte de carbono y nutrientes, además de reducir la compactación y promover la mayor infiltración de agua. Dichos beneficios no se muestran en una compensación económica en el corto plazo, por eso son considerados como inversiones a mediano y largo plazo (Caviglia et al., 2008). Además, los cultivos de cobertura o sus rastrojos sobre el suelo, aumenta la actividad de microorganismos y genera la reducción de la presencia y desarrollo de malezas (Miller et al., 1996).

En términos del manejo de malezas, los CC resultan ser una alternativa tecnológica que contribuye al aumento de la biodiversidad del agroecosistema, manteniendo la productividad del mismo y reduciendo el impacto negativo de las malezas en la productividad de los cultivos (Bárberi, 2002). Los CC pueden suprimir la ocurrencia y crecimiento de malezas a través de efectos físicos, químicos y biológicos (Banwart et al., 2015). El efecto físico corresponde a la interferencia que los CC ejercen durante su desarrollo sobre la emergencia, crecimiento y producción de semillas de las malezas a través de la competencia por recursos aéreos y subterráneos, como luz, agua y nutrientes. Este efecto también ocurre luego de la finalización del ciclo de los CC, a partir del rastrojo residual (Buratovich y Acciaresi, 2019). Esta interferencia ocurre porque muchas malezas, como es el caso de las especies de los géneros *Conyza*, *Lolium* y *Amaranthus*, necesitan de estímulos ambientales para germinar y emerger (Bhowmik y Bekech 1993, Vidal et al. 2007).

Entre los principales estímulos para la germinación y emergencia, la luz, temperatura, humedad y sus alteraciones son los más importantes factores ambientales que promueven la superación de la dormancia de las semillas de malezas (Ruedell, 1995). De este modo, la cobertura del suelo impide el estímulo para la germinación, evitando el inicio del crecimiento activo del embrión de las semillas de estas malezas (Vidal et al., 2007). Sin embargo, la presencia de CC o sus rastrojos también reduce la supervivencia de malezas con pequeña cantidad de reservas en las semillas, pues en muchos casos, las reservas no son suficientes para garantizar la supervivencia de plántulas en el espacio recorrido dentro de la cobertura (viva o muerta) hasta tener acceso a la luz e iniciar el proceso fotosintético (Pitelli, 1998).

El efecto físico promovido por los cultivos de cobertura está directamente relacionado con la cantidad y calidad de la materia seca producida, así como la uniformidad de la cobertura del suelo y su relación carbono/nitrógeno (C/N) (Sánchez 2012, Cutti et al. 2016). Rastrojos con altas relaciones C/N promueven el consumo de nitrógeno durante su descomposición, disminuyendo la disponibilidad de este elemento para los cultivos, en cuanto rastrojos de baja relación C/N presentan descomposición muy rápida dejando el suelo expuesto poco tiempo después de la desecación, posibilitando la germinación de nuevas malezas (Rizzardi y Silva 2006, Moraes et al. 2009). En relación a la cantidad, se han reportado satisfactorias reducciones de malezas con cantidades aproximadas a las 4 tt ha⁻¹ de paja proveniente de las especies *Vicia angustifolia*, *Avena strigosa*, *Raphanus sativus* en los cultivos del maíz y soja (Lamego et al. 2013, Carvalho et al. 2015).

El efecto químico generado mediante alelopatía que ejercen los CC proviene de la producción de aleloquímicos por el metabolismo secundario de estas plantas y en general, son liberados en el ambiente a través de exudados radiculares, lixiviación, volatilización y descomposición de residuos (Rice, 1984). Estos compuestos aleloquímicos actúan reduciendo el establecimiento y desarrollo de las malezas como es el caso del centeno (Blanco, 2006) y avena negra (Hagemann et al., 2010). Además de eso, el desarrollo de CC y sus restos vegetativos, promueve el aumento del contenido de material orgánico en el suelo, mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Banwart et al., 2015). El suelo con mayor contenido de materia orgánica tiene actividad biológica estimulada y muchos de estos microorganismos para sobrevivir y reproducirse, utilizan las semillas y plántulas de las malezas, disminuyendo el potencial de infestación en el área (Delgado et al., 2011). Por lo tanto, los CC presentan gran potencial de reducción de la presencia, del desarrollo y multiplicación de malezas en los sistemas de cultivos. Sin embargo, en los últimos años existe un creciente interés en el uso de los CC para favorecer el manejo de malezas, principalmente en función de la larga ocurrencia de malezas resistentes a herbicidas y la necesidad constante de reducción del impacto ambiental promovido por el sistema productivo.

Uno de los puntos clave para el uso eficiente de los cultivos es la desecación antes de la siembra del siguiente cultivo, promoviendo la formación de un correcto barbecho y facilitando el buen establecimiento y desarrollo del cultivo de interés económico que va a ser implantado en el área (Nascente y Costa, 2012). Este manejo puede ser realizado básicamente por métodos mecánicos o químico. El método químico con uso de herbicidas ha sido el más común para los productores, pero los elevados costos de los herbicidas sumados a los problemas ambientales impulsan la necesidad de encontrar alternativas más sostenibles (Dorn et al. 2013, Wayman et al. 2014). Aún para los tréboles *Trifolium resupinatum* y *T. alexandrinum* no hay recomendaciones eficaces de herbicidas que se pueda usar en su desecación, dificultando aún más su manejo y siendo necesario la búsqueda de formas alternativas de manejo. Sin embargo, en la búsqueda de alternativas,

que no sean herbicidas, pero con eficiencias similares, figuran la utilización de rollo cuchillo, rodillo-frisador y/o el corte (Carrera et al. 2004, Dorn et al. 2013).

Otro factor de alta importancia es el largo del barbecho requerido para la siembra del cultivo siguiente, determinando cuánto tiempo antes se debe interrumpir el crecimiento de la especie de cobertura. En general, cuando la cobertura está compuesta por una gramínea o una mezcla con elevada relación C/N, se recomienda un intervalo mínimo de 20 días entre el manejo de la cobertura y la siembra del cultivo siguiente a fin de evitar la coincidencia entre el pico de la inmovilización de N por la paja en descomposición y el mayor de requerimiento de N por la cobertura (Constantin et al., 2005). El aporte de N por leguminosas, desde que se haga una correcta inoculación, con siembras y fertilización realizadas en la época correspondiente, puede variar entre 112 a 224 Kg.ha⁻¹ de N (Miller et al., 1996). Por lo tanto, la desecación en el momento correcto va a contemplar mayor aporte de N para el cultivo renta.

La máxima producción de biomasa de los tréboles se genera en las 2 o 3 semanas anteriores a la floración, siendo fundamental para el aporte de N (Ruffo y Parsons, 2004). Para el cultivo de maíz, los estadios avanzados de desarrollo son los más difícil en términos de operaciones de fertilización, sin embargo, en períodos tempranos del desarrollo es posible suplir la deficiencia con fertilización. De este modo, es justificado un estadio de desarrollo avanzado para la desecación de tréboles, cuando estas especies presentan una relación un poco mayor de C/N, retrasando la liberación de ese elemento para el maíz, coincidiendo con el periodo de mayor requerimiento de N para el cultivo renta, el cual según Williams et al. (2009) se ubica entre los estadios de desarrollo V9-12.

Otros importantes factores relacionados a la desecación en las condiciones del Uruguay son, la conservación del agua en el suelo, siendo recomendado períodos de control del cultivo de cobertura entre 30 y 40 días anteriores a la próxima siembra. De este modo, se evita la reducción de la disponibilidad hídrica del suelo para cultivos de verano (Siri-Prieto y Ernst, 2011). Sin embargo, otros trabajos relatan que el manejo de las coberturas cerca de la siembra de maíz redujo la infestación de malezas (Balbinot et al., 2007). El retraso en la siembra de la soja, en relación a la desecación de la cobertura vegetal en el sistema de siembra directa, aumenta las pérdidas de rendimiento de granos resultantes de la interferencia de *Sida* sp. y *Bidens* spp. (Rizzardi et al., 2006). El control de *Panicum máximo* y *Uruchloa brizantha* 10 días antes de la siembra de la soja redujo significativamente la productividad del cultivo en función de la competencia con las especies de cobertura que no estaban completamente muertas en ese intervalo de tiempo (Nascente y Costa, 2012). Por lo tanto, la búsqueda del equilibrio entre la forma de manejo y los mejores aportes al cultivo siguiente necesitan ser conocidos para lograr el máximo de beneficios de los CC, como es en el caso de los tréboles *Trifolium resupinatum* y *T. alexandrinum*.

2.1.1. Caracterización de las especies

Las especies *Trifolium alexandrinum* y *Trifolium resupinatum*, pertenecen al género *Trifolium* de la familia botánica Fabaceae. Estas familias presentan como características generales la presencia de nódulos fijadores de nitrógeno en las raíces, hojas alternas compuestas con estípulas y su fruto es una legumbre. Además, este género se caracteriza por tener hojas trifoliadas, foliolos denticulados, estípulas membranáceas soldadas al pecíolo.

2.1.1.1. Trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*)

Es una especie anual invernal, su origen se encuentra en discusión, algunos autores la consideran nativa del área mediterránea, mientras existen otros afirman que se originó en Siria y se introdujo en Egipto en el siglo VI, siendo luego cultivado en el valle del Nilo (García, 2000). Posee un ciclo muy largo, el cual fue evaluado en Argentina, en donde a partir de tres localidades (Aragón, Carabelas, Rafaela) obtuvieron un promedio de 153 días desde emergencia a floración (Forrattec, 2014). Consta de porte erecto, tallos huecos y foliolos alargados. Tiene su producción de forraje en invierno y primavera, permite ser utilizada para pastoreo directo, heno, silo y como cultivo cobertura. Se adapta a zonas húmedas sin heladas severas, tolerando condiciones de anegamiento temporario, siendo el de mayor tolerancia en comparación con los otros tréboles anuales; se adapta bien a casi todas las texturas de suelos y grados de acidez, desde ácidos hasta alcalinos, tolerando bastante la salinidad (Carámbula, 2002).

Puede ser utilizado como cultivo puro o en mezclas con verdeos o praderas disminuyendo la dosis de semilla. A diferencia de otras especies del género, mayormente no presenta resiembra y tiene bajo porcentaje de semillas duras baja resiembra natural y no presenta desgrane. No tiene problemas relevantes de meteorismo. El cultivar calipso (usado en los ensayos) es diploide, de tipo multicut (varios cortes), de muy buen rebrote y buena relación hoja/tallo, siendo sus valores de proteína entre 20 y 25 % hasta finales del ciclo según García (2000). Fue obtenido por INIA La Estanzuela mediante selección masal dentro de los cultivares belem, sacromonte y bigbee por rebrote, vigor, hojiosidad y resistencia a enfermedades. Las densidades de siembra recomendadas ronda entre 15-18 kg puro y 10-12 kg en mezcla; siendo el rango de fechas de siembra entre inicios de marzo y fines de agosto, siendo las fechas tempranas importantes para aprovechar su potencial de producción invierno-primaveral (García, 2000). La productividad del cultivar INIA calipso promedio es de 7 tt de materia seca (MS) en siembras de marzo y en años favorables puede lograr producciones de 13 tt de MS (Ayala et al., 2010). Los requerimientos de fósforo requeridos para la expresión de su potencial son de 14 ppm (Ayala et al., 2010).

2.1.1.2. Trébol persa (*Trifolium resupinatum*)

El *Trifolium resupinatum*, var. majus también conocido como trébol persa, es una especie que se originó en Europa Central y Sur, el Mediterráneo y Suroeste de Asia, siendo un cultivo importante en regiones frías de Irán, Afganistán y otras zonas de Asia con inviernos fríos (INIA, 2012). Es una especie anual invernada de porte erecto de 10-50 cm de alto, hojas trifoliadas con folíolos obovados, las inferiores pecioladas y las superiores subsésiles (UPNA, 2020), raíces robustas y ramificadas, tallos gruesos y huecos. El largo de ciclo fue evaluado en Argentina, en donde a partir de tres localidades (Aragón, Carabelas, Rafaela) obtuvieron un promedio de 142 días desde emergencia a floración (Forratec, 2014). Tiene una baja cantidad de semillas duras y con una buena resiembra natural (INIA, 2012); este factor es mencionado por Mortimer (1996) mediante la persistencia en el suelo como uno de los factores ecológicos para el desarrollo de poblaciones resistentes, con lo cual es una característica que aumenta el riesgo relativo en comparación con *T. alexandrinum* en caso de fallos en su control. Su valor nutricional es alto, con niveles de digestibilidad altos, característicos de las leguminosas y contenidos de proteína bruta entre 16-28%. Puede causar meteorismo. Su adaptación es a distintas texturas de suelos, incluso a suelos bajos, pesados y húmedos, tolerando heladas intensas.

La siembra puede ser realizada en otoño-invierno, siendo recomendadas siembras tempranas en otoño (marzo-abril) para favorecer las condiciones de implantación y lograr un mayor crecimiento invernada-primaveral. En siembras tempranas de otoño la producción de biomasa puede alcanzar 7-8 ton MS/ha/año, mientras que, en años favorables con primavera húmeda y condiciones predisponentes para el crecimiento, su potencial de producción puede situarse por encima de las 10 ton MS/há/año (INIA, 2012). La recomendación para la densidad de siembra, es entre 6 y 8 Kg/ha en siembras puras y de 4 a 6 kg/ha en mezclas. El método de siembra recomendado es en siembra directa en la línea, aunque su comportamiento en siembras al voleo para coberturas es adecuado. Los requisitos en cuanto a fertilidad del suelo, presenta buena respuesta al fósforo hasta niveles de 14 ppm (Bray I) en el suelo (INIA, 2012). La ausencia de semillas duras genera riesgos de pregerminación de las semillas en la inflorescencia ante eventos de lluvias durante varios días y condiciones climáticas que la favorezcan. Constituye una opción para ser utilizada como cobertura entre cultivos, ya sea en forma pura o mezclas, logrando incorporar nitrógeno al sistema vía fijación biológica (INIA, 2012).

2.2. HERBICIDAS UTILIZADOS

2.2.1. Modo de acción

El modo de acción de un herbicida son los eventos sucesivos que ocurren desde la absorción del herbicida por la planta hasta su muerte. El mismo modo de acción provoca similar comportamiento de absorción, translocación y síntomas en las plantas afectadas mediante diferentes mecanismos de acción. Mientras que el mecanismo de acción refiere al sitio de acción o proceso bioquímico específico por el cual actúa (Gunsolus y Curran, 1996).

A continuación, se detallarán los modos de acción de los herbicidas que fueron utilizados en el experimento: reguladores del crecimiento, inhibidores de la síntesis de aminoácidos y destructores de membranas celulares.

2.2.1.1. Reguladores del crecimiento

Estos herbicidas son conocidos vulgarmente como “hormonales” y utilizados principalmente para el control de malezas de hoja ancha, una vez que la mayoría de las gramíneas no son controladas por ese grupo de herbicidas. Los mecanismos de acción son múltiples e indeterminados pero su acción es afectar el balance hormonal que regula los procesos de división y elongación celular, síntesis de proteínas y respiración (Baumann et al., 1998). Las diferencias de absorción, transporte y estado de desarrollo (a mayor división celular mayor efecto) marcan la selectividad de este grupo de herbicidas (Rosales Robles y Esqueda, 2015).

La acción de los reguladores 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 peciolo), callosidades, malformación de hojas y necrosis hasta la muerte (Rosales Robles y Esqueda, 2015). Las familias químicas que componen estos herbicidas son fenoxi carboxílicos, benzoicos, piridin carboxílicos y quinolin carboxílicos (Devine et al. 1993, Cavanaugh et al. 1998). Y los arilpicolinatos al cual pertenece el halauxifen (Acciaresi y Principiano, 2019) utilizado en los tratamientos. Dentro de los fenoxi carboxílicos se encuentra el 2,4 d y dentro de los piridin carboxílicos se encuentra el fluroxipir también utilizados.

2.2.1.2. Inhibidores de la síntesis de aminoácidos

Los herbicidas inhibidores de la síntesis de aminoácidos no permiten de esta manera la formación de proteínas para el desarrollo de la planta. Se clasifican según inhibidores de aminoácidos ramificados, inhibidores de aminoácidos aromáticos, e inhibidores de la enzima glutamina sintetasa (no utilizados en el presente trabajo).

A- Inhibidores de aminoácidos ramificados

El mecanismo de acción de los herbicidas es la inhibición de la enzima acetolactato sintetasa (ALS) evitando la producción de aminoácidos, valina, leucina e isoleucina, no permitiendo producir proteínas, lo que conlleva 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). Pueden presentar un periodo largo de residualidad, siendo posible encontrar efectos de fitotoxicidad en cultivos de invierno luego de los 50 días desde la siembra a partir de aplicaciones realizadas presiembra y postemergencia del cultivo de soja anterior, siendo diclosulam y posteriormente imazetapir la secuencia de mayor efecto (Panaggio, 2017).

Los síntomas de estos herbicidas en las plantas incluyen clorosis, necrosis de los puntos de crecimiento, pérdida de la dominancia apical, menor ramificación secundaria y achaparramiento. En hojas anchas se observan además nervaduras rojizas. El herbicida es absorbido por raíces y hojas, la planta muere a las 3 o 4 semanas post aplicación. Las familias químicas pertenecientes a este grupo son las sulfonilureas, imidazolinonas, triazolopirimidinas, pirimidiniltiobenzatos y sulfonilamino carbonil triazolinonas (Rosales Robles y Esqueda, 2015). Siendo que dentro de las sulfonilureas se encuentra el clorimuron y el idosulfuron; en las sulfonilamino carbonil triazolinonas se encuentra el thien carbazono, los cuales fueron usados en este trabajo.

B - Inhibidores de aminoácidos aromáticos

Este grupo de herbicidas actúa bloqueando la producción de aminoácidos aromáticos como la fenilalanina, tirosina y triptofano, inhibiendo la acción de la enzima EPSP (5-enolpiruvil shikimato 3-fosfato sintetasa, Nissen et al., 2005). El glifosato es el único herbicida utilizado perteneciente a este grupo, el mismo es altamente sistémico, no selectivo, post emergente, no residual y provoca una clorosis que pasa a necrosis general una a dos semanas posterior a la aplicación justamente por la deficiencia de aminoácidos esenciales.

2.2.1.3. Destrucción de membranas celulares

Los herbicidas destructores de membranas actúan al estar expuestos a la radiación solar, formando compuestos a partir del oxígeno (oxígeno simple, radical libre de hidroxilo, peróxido de hidrógeno) los cuales destruyen las membranas rápidamente actuando mayoritariamente por contacto en post emergencia. Se clasifican mediante su mecanismo de acción en aceptores de electrones, inhibidores de la PPO oxidasa (protoporfirinógeno oxidasa), y herbicidas arsenicales orgánicos cuyo mecanismo de acción es desconocido. El único herbicida que actúa sobre la destrucción de membranas utilizado en este trabajo fue el paraquat que pertenece a la familia de los bipiridilos, y presenta como modo de acción la aceptación de electrones en el fotosistema I. De este modo, genera compuestos de oxígeno que destruyen las membranas celulares (Duke y Dayan, 2001). Son herbicidas catiónicos, les permite en planta la aceptación de electrones y en suelo adherirse a las arcillas, quedando inactivo, por lo cual no es residual. Son herbicidas no selectivos (Gunsolus y Curran, 1996) que en presencia de luz marchitan las hojas en pocos minutos y necrosan en pocas horas (Duke y Dayan, 2001).

2.3. ROLADO MECÁNICO

El rolado es una alternativa mecánica para la desecación de los CC. En general el éxito de utilizar esta técnica es muy dependiente de las especies a desecar y su estado de desarrollo. En determinadas situaciones, el rolado produce oportunos controles con una rápida desecación aportando un mantillo superficial de rastrojo con potencial control posterior de malezas. En otras situaciones no logra adecuados controles siendo necesarias aplicaciones posteriores de herbicidas para optimizar el control (Creamer y Dabney, 2002).

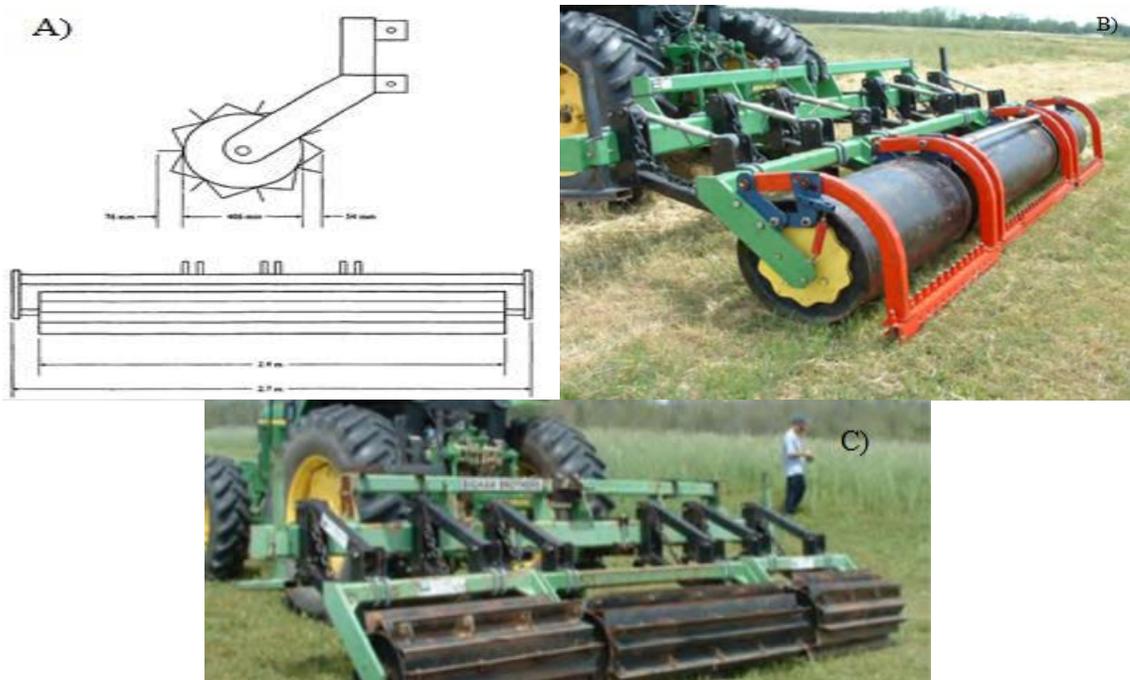
2.3.1. Modo de uso

En general, el gran desafío de uso de rolo es generar rastrojos superficiales que permanecen en sistemas aportando materia orgánica, pero logrando adecuadas implantaciones para el cultivo renta. De este modo, el rolado debe evitar que el rastrojo sea cortado, el mismo debe ser solamente aplastado. Condiciones de suelo demasiado húmedas o demasiado secas y extremas cantidades de rastrojo (mayores que 10 ton/ha) cubriendo el suelo dificultan los procesos de siembra, siendo problemática la colocación de la semilla a una profundidad adecuada. La práctica que ha permitido producir un rolado que facilita la siembra es la orientación del rolado, que debe estar a cerca de 30 grados de la siembra del CC. Además de eso, la siembra del cultivo renta debe ser orientado en el mismo sentido del rolado, evitando la necesidad de cortar gran parte del rastrojo (Curran et al., 2010).

2.3.2. Tipos de rolos

En la agricultura, especialmente en cultivos orgánicos existen varios tipos de rolos, pudiendo ser rolos lisos generalmente con barra de engaste, rodillos de barras rectas, rodillos de barras curvas y rodillos de barras rectas con ángulo invertido.

El uso de rolo con planchuelas horizontales separadas entre sí por ángulos de hierro invertidos para amortiguar la vibración y reducir el corte de modo que solamente aplasta el cultivo cobertura sin cortar los tallos de avena negra (Ashford y Reeves, 2003).



A) Rolo de planchuelas horizontales (extraído de Ashford y Reeves, 2003). B) Rodillo liso “Smooth roller” y C) rodillo de barra recta “straight bar roller” (extraído de Kornecki y Price, 2010).

Figura 1. Tipos de rolos usados para desecar cultivos de cobertura

En un estudio con rolado para la desecación de centeno, fueron utilizados un rodillo liso con barra de engaste y un rodillo de barras rectas (Figura 1B y Figura 1C). El rodillo liso con barra de prensado se cargó previamente con dos resortes a cada lado del tambor, que fueron los responsables de la oscilación de la barra para el prensado del CC. A pesar de las diferencias, ambos tipos de rolo lograron reducir efectivamente al centeno, sin necesidad de aplicación química, ni presencia de interacción año-tipo de rolo en el control (Kornecki y Price, 2010). Para el caso del rolo liso las tasas de terminación del cultivo fueron relativamente lentas debido a un contacto incompleto de la barra oscilante

en la irregularidad del terreno y ajustes de la presión oscilante. En cambio, las barras del segundo rolo generan un prensado mayor en el punto de contacto, mitigando de esta manera el efecto de las depresiones del terreno.

Las diferencias de velocidad no mostraron diferencias significativas en los niveles de control en el cultivo, pero sí importantes aumentos en los niveles de vibración en el tractor al utilizar rolo de barras rectas. Los diferentes tipos de rolo en la mayoría de las situaciones no demostraron diferencias en los niveles de vibración (Kornecki y Price, 2010).

2.2.3. Experiencias en leguminosas

Los trabajos con rolado de leguminosas son escasos. En el estudio realizado en el año de 1991 en Mississippi – USA, el rolo fue utilizado para el control de trébol alejandrino en diferentes estadios de desarrollo y con diferente espaciado entre las barras del rolo (Creamer y Dabney, 2002). Los tratamientos fueron realizados con espaciados entre barras de 10.2 y 20.3 cm, los estadios de desarrollo fueron vegetativo (inicial), vegetativo (más avanzado) e inicios de la floración. Las barras agregadas para lograr 10 cm de espaciado fueron colocadas perpendicularmente, obteniendo un rolado paralelo y perpendicular al cultivo. Independientemente del estadio de desarrollo, a mayor distancia entre las barras los controles fueron menores. Por otra parte, a medida que avanzaba el estadio de desarrollo aumentaba el control, logrando un máximo de control de 53% a inicios de la floración a 10.2 cm de distancia entre barras (Creamer y Dabney, 2002).

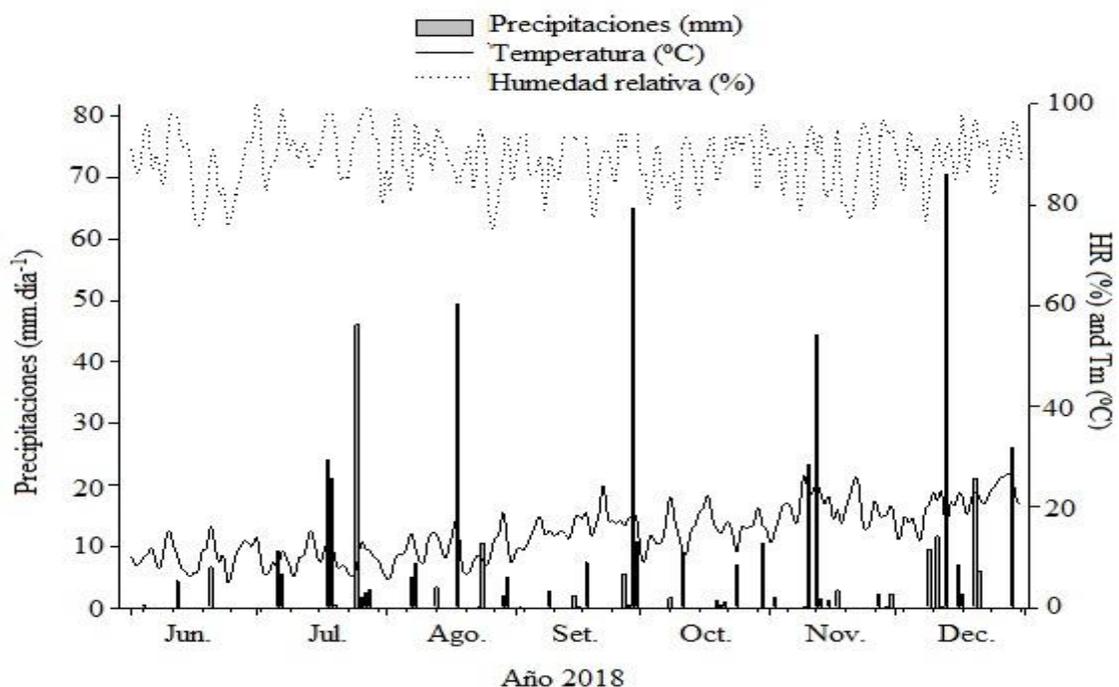
Creamer y Dabney (2002) señalan que no es posible lograr con el rolado controles efectivos para trébol alejandrino así como tampoco para trébol subterráneo (máximo de control en 61 %) en ningún estadio de crecimiento evaluado, pero, si lograba aumentar la susceptibilidad del cultivo para las siguientes aplicaciones. En contraste con lo observado, en vicia, se lograron excelentes controles, cultivo en el cual únicamente en espaciados de 20.3 cm en ambos estadios vegetativos no se logró superar el 80 % de control.

Otros estudios realizados en vicia, como Mischler, citado por Baigorria et al. (2011) para vicia determinó que el momento fenológico en el que se logran controles superiores al 80%, es a partir del 60% de floración. La fenología del cultivo de vicia se fundamenta en el seguimiento del estado de desarrollo de los primeros cinco nudos ubicados en cada rama (Baigorria et al., 2011).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN Y PARTICULARIDADES DE LOS EXPERIMENTOS

Dos ensayos con objetivos de evaluar las mejores opciones para desecar tréboles, usados como cobertura de invierno, fueron realizados en la estación experimental del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria - INIA La Estanzuela, Colonia - Uruguay. Ambos experimentos fueron establecidos el 25 de junio de 2018 sobre barbecho de soja, previamente desecado con 3,5 L ha⁻¹ de glufosinato de amonio, 5 días previo a la siembra. Los tréboles fueron implantados mediante siembra directa, con uso de sembradora John Deere 750 (19 cm de distancia entre surcos) en densidad de 20 kg de semilla ha⁻¹ para *T. alexandrinum* (cultivar Calipso) y 8 kg de semilla ha⁻¹ para *T. resupinatum* (cultivar Sirius). El suelo donde se establecieron los ensayos es caracterizado como del grupo CONEAT 10.6^a asociados a brunosoles subeutricos (MGAP. RENARE, 2019). A partir del análisis de suelo la fertilización en el momento de la siembra fue 100 kg ha⁻¹ de la formulación NPK 7-40-40. Los datos de temperatura, precipitaciones y humedad relativa caracterizan un período de condiciones adecuadas para el desarrollo de los tréboles (Figura 2). Para la terminación del cultivo cobertura el rolo experimental utilizado presentaba 1 metro de ancho y pesaba cerca de 450 kg, además sus láminas metálicas no presentaban filo, de este modo no cortaba las plantas, solamente aplastando las mismas sobre el suelo.



Precipitaciones (mm.día⁻¹), temperatura (°C) y humedad relativa del aire (%).

Figura 2. Condiciones climáticas registradas durante el período experimental

Fuente: elaborado en base a INIA. GRAS (2018).

3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Los ensayos fueron conducidos a nivel de campo durante el invierno y primavera del año 2018, de forma independiente para opciones químicas y uso del rolado para la desecación.

3.2.1. Opciones químicas para desecación de *Trifolium alexandrinum* y *Trifolium resupinatum*

Dos ensayos independientes fueron realizados para *Trifolium alexandrinum* y *T. resupinatum* en delineamiento experimental de bloques al azar con 3 repeticiones. Los tratamientos consistieron en una factorial 7X4, donde el factor A consistió en siete tratamientos herbicidas y el factor B cuatro momentos de desecación, además de un testigo sin aplicación, totalizando 29 tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos químicos usados en la desecación de *Trifolium alexandrinum* y *T. resupinatum*

No.	Tratamientos herbicidas	Dosis (g i.a. ha ⁻¹)
I	Glifosato	1920
II	Glifosato + 2,4 d	1440 + 1209
III	Glifosato + clorimuron	1440 + 12.5
IV	Glifosato / paraquat*	1440 /400
V	Glifosato + (thiencarbazone+iodosulfuron)**	1440 + (13,5+1,8)
VI	Glifosato + (halauxifen+fluroxypyr)***	1440 + (6,5+100)
VII	Glifosato+2,4 d + clorimuron	1440 + 1209 + 12,5

*Re-aplicación 10 días después de la primera; mezclas formuladas ** Percutor y *** Pixxaro

3.2.2. Uso del rolado para la desecación de *Trifolium alexandrinum* y *Trifolium resupinatum*

Ensayos independientes fueron realizados para *Trifolium alexandrinum* y *T. resupinatum* respectivamente en delineamiento experimental de bloques al azar con 3 repeticiones. Los tratamientos consistieron en una factorial 5X3, donde el factor A consistió en cinco tratamientos herbicidas, herbicidas + rolado o rolado, y factor B tres momentos de desecación, además de un testigo sin aplicación, totalizando 16 tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos usados en la desecación de *Trifolium alexandrinum* y *T. resupinatum*

No.	Tratamientos	Dosis (g i.a. ha ⁻¹)
I	Glifosato	2400
II	Glifosato + clorimuron + 2,4 d / paraquat*	960 + 1209 + 50 /400
III	Rolado	-
IV	Rolado / glifosato**	- / 960
V	Glifosato / rolado***	960 / -

*re-aplicación 10 días después de la primera; ** aplicación 5 días después del rolado, ***rolado 5 días después de la aplicación.

3.3. DETERMINACIONES

En los dos conjuntos de ensayos la caracterización de la materia seca fue hecha en todos los momentos de aplicación de los tratamientos. Para eso, fueron realizados 10 cortes aleatorios, siempre en las parcelas testigos con uso de cuadro de 25x25 cm (0,062m²). Posteriormente, las muestras fueron pesadas para determinación de la materia verde (MV) y luego secadas en estufa con circulación de aire a 60 °C por 48 horas para determinación de la materia seca, siendo ambas determinadas en kg.ha⁻¹.

Cuadro 3. Caracterización del momento de desarrollo de *Trifolium alexandrinum* y *T. resupinatum* en los momentos de la desecación con herbicidas

<i>Trifolium alexandrinum</i>				
Momento de desarrollo	Altura (cm)	Floración (No. flores m ⁻²)	Materia seca (kg ha ⁻¹)	Fecha
I	52	0	3120	17/10/18
II	58	0	4333	31/10/18
III	57	364	5952	15/11/18
IV	45	2819	8176	07/12/18
<i>Trifolium resupinatum</i>				
Momento de desarrollo	Altura (cm)	Floración (No. flores m ⁻²)	Materia seca (kg ha ⁻¹)	Fecha
I	40	0	2176	17/10/18
II	52	6	3487	31/10/18
III	58	2075	5476	15/11/18
IV	29	7025	6432	07/12/18



Figura 3. Momentos de desarrollo en *Trifolium alexandrinum* (A, B, C y D) y *Trifolium resupinatum* manejado con diferentes herbicidas (E, F, G, H)

Cuadro 4. Caracterización del momento de desarrollo de *Trifolium alexandrinum* y *T. resupinatum* en los momentos de la aplicación de los tratamientos

<i>Trifolium alexandrinum</i>				
Momento de desarrollo	Altura (cm)	Floración (No. flores m ⁻²)	Materia seca (kg ha ⁻¹)	Fecha
I	61	391	6042	21/11/18
II	50	2521	7750	04/12/18
III	44	2800	8284	10/12/18
<i>Trifolium resupinatum</i>				
Momento de desarrollo	Altura (cm)	Floración (No. flores m ⁻²)	Materia seca (kg ha ⁻¹)	Fecha
I	57	3075	5909	21/11/18
II	36	6832	6230	04/12/18
III	29	7104	6508	10/12/18

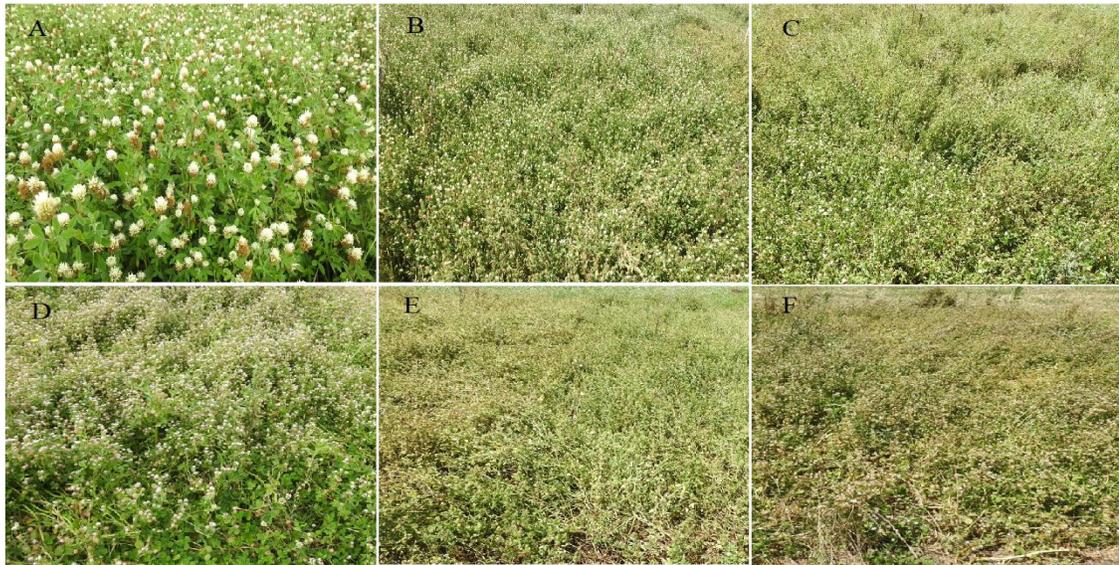


Figura 4. Momentos de desarrollo en *Trifolium alexandrinum* (A, B, y C) y *Trifolium resupinatum* (D, E y F) manejados con rolado, herbicidas o con uso asociado de ambos métodos de control

Para ambos ensayos de los tréboles *T. alexandrinum* y *T. resupinatum* en distintos momentos de desarrollo, fueron realizadas evaluaciones de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) a los 15 y 30 días después de la aplicación de los tratamientos (DDT). Este índice es utilizado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación en base a la intensidad de la radiación emitida por el aparato y reflejada por la vegetación. En este caso el NDVI fue usado con el objetivo de acompañar la evolución del secado de estos tréboles frente a los tratamientos utilizados. Además, también fue determinado el control visual de *T. alexandrinum* y *T. resupinatum*, donde la ausencia total de síntomas correspondió al valor 0, en cuanto que la muerte de las plantas correspondió al valor 100%.

3.4. ANÁLISIS DE DATOS

Los resultados de los experimentos fueron analizados usando el programa Statistical Analysis System (SAS, 2020) y siendo comprobado diferencias significativas por el análisis de varianza, los datos fueron comparados por el test de Tukey 5%, usando el programa SigmaPlot versión 10.0 (Systat Software, 2006).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. OPCIONES QUÍMICAS PARA DESECACIÓN DE TRÉBOLES

La respuesta de *Trifolium alexandrinum* y *Trifolium resupinatum* a los 15 y 30 días después de la aplicación de los tratamientos herbicidas es presentado en los cuadros 5, 6, 7 y 8.

4.1.1. *Trifolium alexandrinum*

Los datos obtenidos para la variable control visual a los 15 y 30 DDT demuestran interacciones significativas entre los momentos de desarrollo del cultivo y los diferentes tratamientos (Cuadro 5). En términos generales, el control visual a los 15 días oscila entre 26% y 49% con respecto al testigo, siendo estos valores para glifosato + paraquat en el momento IV y glifosato + (halauxifen + fluroxypyr) en el momento I, respectivamente. De modo general en esta evaluación los tratamientos a los 15 días presentaron mejores controles en el momento I. En la evaluación realizada a los 30 días los controles del momento I continúan siendo mayores a los momentos II y III, sin embargo, ascienden al 100% para todos los tratamientos herbicidas aplicados en el momento IV (Cuadro 5). Es importante considerar que en este periodo de desarrollo el *T. alexandrinum* ya se presentaba en final de ciclo, con un 15 % de control y por lo tanto los herbicidas aceleran el proceso de senescencia.

En los primeros tres estadios de desarrollo el tratamiento con glifosato fue superado en nivel de control cuando fue sucedido por una aplicación de paraquat, con niveles de control de 67,00 y 74,67 %, respectivamente (Cuadro 5). Las mezclas formuladas de thiencazone + iodosulfuron y halauxifen + fluroxypyr usadas asociadas al glifosato no fueron capaz de lograr controles superiores a 61 % en los momentos I, II y III, controlando de forma total apenas en el momento IV (Cuadro 5). De esa forma, queda evidente la dificultad en desecar la especie *T. alexandrinum* en momentos de desarrollo tempranos o hasta mismo durante su periodo reproductivo. De todas formas, en los momentos II y III se demuestra mejores controles de las mezclas con hormonales respecto a mezclas con sulfonilureas.

Cuadro 5. Control de *Trifolium alexandrinum* con diferentes tratamientos herbicidas, 15 y 30 días después de la aplicación (DDT)

Tratamientos	Momento de aplicación			
	I	II	III	IV
15 DDT*				
Testigo	0,00 D a	0,00 C a	0,00 C a	0,00 C a
Gli. **	40,67 B a	30,00 B b	31,33 B b	34,00 B b
Gli. + 2,4 d	47,67 A a	40,00 A b	27,33 B c	36,67 AB b
Gli. + clor. ***	44,33 AB a	32,67 B b	27,67 B b	41,67 A a
Gli. / paraquat ****	35,00 BC ab	32,67 B b	26,00 B c	39,00 AB a
Gli. + (thien.+iodo.) *****	44,00 AB a	30,00 B b	27,67 B b	40,00 A a
Gli. + (halau.+flur.) *****	49,33 A a	46,00 A a	39,00 A b	36,67 AB b
Gli. + 2,4 d + clor.	32,00 C b	41,00 A a	31,67 B b	41,00 A a
CV (%)	10,67			
30 DDT*				
Testigo	0,00 E b	0,00 E b	0,00 D b	15,00 B a
Gli.	67,00 B b	34,67 CD d	48,67 B c	100,00 A a
Gli.+ 2,4 d	57,00 C b	40,00 C c	45,00 BC c	100,00 A a
Gli.+ clor.	60,67 C b	32,00 D d	41,67 C c	100,00 A a
Gli. / paraquat	74,67 A b	66,00 A c	70,67 A b	100,00 A a
Gli.+(thien.+iodo.)	61,33 C b	39,00 C c	41,66 C c	100,00 A a
Gli. + (halau.+flur.)	57,33 C b	47,33 B c	49,33 B c	100,00 A a
Gli. + 2,4 d + clor.	50,33 D b	41,67 C c	46,00 BC bc	100,00 A a
CV (%)	4,97			

*Valores que presentan letras mayúsculas diferentes dentro de la misma columna y letras minúsculas diferentes dentro de la misma fila difieren significativamente según test de Tukey 5%. ** glifosato, *** glifosato + clorimuron, **** re-aplicación 10 días después de la primera; mezclas formuladas ****

*Percutor (thiencarbazone + iodosulfuron) y ***** Pixxaro (halauxifen + fluroxipir).

Las evaluaciones de NDVI a los 15 y 30 DDT presentan la misma tendencia que lo observado en la evaluación de control visual, con interacción significativa para tratamientos herbicidas y momentos de desecación (Cuadro 6). Es necesario tener en cuenta que esto representa tendencia de valores absolutos opuesta al control visual, dado que representa una estimación de la cobertura verde. En todos los momentos de desecación el testigo (sin aplicar) presentó los mayores índices de NDVI, indicando mayor cobertura verde del suelo, luego los menores índices indican plantas controladas, indicando mayor eficacia de los herbicidas. El NDVI a los 15 DDT no fue diferente entre los tratamientos herbicidas, logrando separar apenas estos del testigo sin aplicación.

A los 30 DDT el índice NDVI presenta los menores valores para las parcelas que recibieron doble aplicación (glifosato / paraquat) estando en acuerdo con los mayores porcentajes de control lograda por este tratamiento en todos los momentos (Cuadros 5 y 6). Para el momento IV de desecación en *T. alexandrinum* el NDVI obtenido para todos los tratamientos herbicidas no difirió entre sí, siendo inferiores al testigo sin aplicación. De este modo, se caracteriza la anticipación del término del ciclo del trébol en función del uso de los tratamientos herbicidas.

Cuadro 6. Índice NDVI en *Trifolium alexandrinum* con diferentes tratamientos herbicidas, 15 y 30 días después de la aplicación (DDT)

Tratamientos	Momento de aplicación			
	I	II	III	IV
15 DDT*				
Testigo	0,83 A a	0,84 A a	0,79 A a	0,55 A b
Gli. **	0,65 B a	0,70 BC a	0,65 C a	0,44 B b
Gli.+ 2,4 d	0,66 B b	0,73 B a	0,70 B ab	0,42 B c
Gli. + clor. ***	0,66 B a	0,69 BC a	0,66 BC a	0,42 B b
Gli. / paraquat ****	0,64 B b	0,69 BC ab	0,71 B a	0,41 B c
Gli.+(thien.+iodo.) *****	0,65 B a	0,67 BC a	0,68 BC a	0,41 B c
Gli. + (halau.+flur.) *****	0,65 B a	0,63 C a	0,65 C a	0,42 B b
Gli. + 2,4 d + clor.	0,71 B a	0,74 B a	0,72 B a	0,45 B b
CV (%)	6,07			
30 DDT*				
Testigo	0,90 A a	0,76 A b	0,67 A c	0,45 A d
Gli.	0,44 D b	0,67 B a	0,46 C b	0,29 B c
Gli.+ 2,4 d	0,57 C b	0,67 B a	0,51 BC b	0,29 B c
Gli. + clor.	0,53 C b	0,68 B a	0,51 BC b	0,28 B c
Gli. / paraquat	0,35 E a	0,36 D a	0,35 D a	0,27 B c
Gli.+ (thien.+iodo.)	0,47 D b	0,60 C a	0,52 BC ab	0,29 B c
Gli. + (halau.+flur.)	0,53 C b	0,61 BC a	0,50 C b	0,29 B c
Gli. + 2,4 d + clor.	0,63 B a	0,65 BC a	0,57 B b	0,29 B c
CV (%)	8,02			

*Valores que presentan letras mayúsculas diferentes dentro de la misma columna y letras minúsculas diferentes dentro de la misma fila difieren significativamente según test de Tukey 5%. ** glifosato,

*** glifosato + clorimuron, **** re-aplicación 10 días después de la primera; mezclas formuladas ****
* Percutor (thiencarbazone + iodosulfuron) y ***** Pixxaro (halauxifen + fluroxipir).

4.1.2. Trifolium resupinatum

Los tratamientos herbicidas probados para la terminación del *T. resupinatum* demostraron para la variable control visual diferencias significativas entre sí e interacción con el momento de aplicación con valores que varían entre 28 y 96 % a los 15 días post aplicación, siendo el momento IV el que logró los mejores controles en la aplicación (Cuadro 7). Mientras que a los 30 días post aplicación el nivel de control varió entre 47 % y 100%. Este factor se debe al avanzado momento de desarrollo de las plantas de trébol, donde los herbicidas aceleran su término de ciclo. Es importante considerar que el testigo, sin herbicidas presentaba 25% de control visual, debido al momento de evaluación (Cuadro 7).

En la evaluación de los 15 días post aplicación, el tratamiento con la mezcla de glifosato + (halauxifen + fluroxypyr) presentó el mejor control llegando a valores de 70% en el primer momento de aplicación. Mientras que, para este mismo periodo de evaluación y para el momento III de aplicación ningún tratamiento logró control superior a 50%, mientras en el momento IV se obtuvieron controles de 89% a 96% (Cuadro 7).

A los 30 DDT el tratamiento con aplicación de glifosato y reaplicación de paraquat presentó los mejores índices de control para el momento I, II y III, en cuanto que para el momento IV todos los tratamientos herbicidas generaron total control de las plantas. De modo general, la mezcla triple glifosato + 2,4 d + clorimuron ha generado igual o menor control que el uso asociado de glifosato + 2,4 d o glifosato + clorimuron, indicando la no ocurrencia de sinergismo entre 2,4 d y clorimuron o hasta algún antagonismo, cuando se aplica en el control de *T. resupinatum*. En cuanto que la mezcla de halauxifen + fluroxypyr dos herbicidas hormonales, obtuvo buen resultado tanto en plantas pequeñas del momento I o cuando el trébol estuvo en final de ciclo en el momento IV, con control a los 30 DDT de 83,33 y 100,00 %, respectivamente.

Al evaluar el comportamiento según el momento de desarrollo a los 30 DDT, *T. resupinatum* no presenta linealidad en sus controles. En orden descendente, IV, I, III y II representa los controles logrados. El momento IV es el único que no presento variabilidad en sus tratamientos. Al comparar en el momento I las mezclas con hormonales se demuestra un menor efecto 30 días en comparación con las mezclas con sulfonilureas, Esto concuerda con datos bibliográficos de Rosales Robles y Esqueda (2015), quienes mencionan que sulfonilureas requieren entre 3 y 4 semanas, mientras para hormonales 1 a 2 semanas para realizar el control.

En los momentos II y III, la mezcla de dos hormonales con glifosato da como resultado mayores controles respecto a los otros tratamientos en mezcla. A efectos comparativos en un trabajo realizado por Palhano et al. (2018) en *T. incarnatum*, trébol

encarnado, especie anual al igual que *T. alexandrinum* y *T. resupinatum*, fueron utilizadas mezclas de herbicidas sistémicos y de contacto para su control. Estos autores mencionan los mejores controles con glifosato y 2,4 d asociados a glufosinato, logrando control superior a 90%. Se visualizó en dicho estudio, que asociaciones de glifosato y hormonales (2,4 d y/o dicamba) no presentaron niveles de control muy elevado, no siendo superior a 70 %. Estos autores mencionan el importante efecto de aumento de control que proporciona la mezcla de un inhibidor del fotosistema II, metribuzin con paraquat. Mientras que, no fue observado diferencias de control con diferentes tratamientos herbicidas sobre *T. incarnatum* en estadio vegetativo (Whalen et al., 2019). Las mezclas exitosas para *T. incarnatum* deberán ser probadas como opciones válidas para manejar *T. alexandrinum* y *T. resupinatum* de forma eficiente dada la presencia de otras mezclas de hormonales y de herbicidas de contacto. A su vez tener en cuenta un menor efecto tóxico de glufosinato respecto a paraquat el cual fue utilizado en nuestros ensayos.

Cuadro 7. Control de *Trifolium resupinatum* con diferentes tratamientos herbicidas, 15 y 30 días después de la aplicación (DDT)

Tratamientos	Momento de aplicación			
	I	II	III	IV
15 DDT*				
Testigo	0,00 E a	0,00 C a	0,00 D a	0,00 C a
Gli. **	65,00 B b	43,66 B c	38,33 B c	93,33 AB a
Gli.+ 2,4 d	58,33 C b	43,33 B c	37,00 B c	91,00 AB a
Gli.+ clor. ***	50,00 D b	40,67 B c	31,00 BC d	90,00 AB a
Gli. / paraquat ****	58,00 C b	42,33 B c	28,67 C d	94,00 AB a
Gli.+(thien.+iodo.) *****	50,60 D b	41,33 B c	28,33 C d	93,33 AB a
Gli.+ (halau.+flur.) *****	70,00 A b	56,33 A c	51,66 A c	89,00 B a
Gli. + 2,4 d + clor.	51,00 D b	44,33 B c	38,33 B c	96,00 A a
CV (%)	11,95			
30 DDT*				
Testigo	0,00 D b	0,00 D b	0,00 E b	25,00 B a
Gli.	84,30 Aa	47,67 Cc	58,00 Cb	100,00 A
Gli. + 2,4 d	63,67 Cb	52,00 Cb	52,67 Cb	100,00 A
Gli. + clor.	74,33 Ba	48,00 Cb	55,00 Cb	100,00 A
Gli. / paraquat	85,00 Aa	68,33 Aa	77,67 Aa	100,00 A
Gli.+ (thien.+iodo.)	77,67 AB	47,00 C	52,67 C	100,00 A
Gli.+ (halau+flur.)	83,33 A	62,00 B	71,67 B	100,00 A
Gli. + 2,4 d + clor.	62,00 C	54,67 C	46,67 D	100,00 A
CV (%)	4,90			

*Valores que presentan letras mayúsculas diferentes dentro de la misma columna y letras minúsculas diferentes dentro de la misma fila difieren significativamente según test de Tukey 5%. ** glifosato, *** glifosato + clorimuron, **** re-aplicación 10 días después de la primera; mezclas formuladas ****

*Percutor (thiencarbazono + iodosulfuron) y ***** Pixxaro (halauxifen + fluroxipir).

El índice de NDVI evaluado a los 15 y 30 DDT demostró la misma tendencia del observado para el nivel de control de los diferentes tratamientos herbicidas (Cuadro 8). A los 15 DDT y momento II los tratamientos con glifosato asociados a 2,4 d y halauxifen + fluroxypyr redujeron en cerca de 30 y 40 % el NDVI del *T. resupinatum* en comparación con el testigo sin herbicida. En cuanto que asociaciones de glifosato con herbicidas inhibidores de la ALS, clorimuron y thiencazone + iodosulfuron, no fueron igualmente eficaces en reducir el NDVI, presentando índices cerca de 20% inferiores al testigo. Estos resultados indican una pequeña ventaja en la capacidad de reducir componentes verdes, fotosintéticamente activos, de plantas de trébol para los herbicidas hormonales en comparación con los inhibidores de la ALS lo que les permitió alcanzar consecuentemente mayores niveles de control.

A los 30 DDT, los menores índices de NDVI fueron observados en el momento IV de desarrollo del *T. resupinatum*, no hay diferencia entre los tratamientos herbicidas (Cuadro 8). Para los otros tres estadios de aplicación el tratamiento con glifosato y reaplicación con paraquat resultó en la mayor reducción de los índices de NDVI, siendo su desempeño igual o muy similar al tratamiento con glifosato en mezcla con halauxifen + fluroxypyr. De modo general, el índice NDVI mostró una herramienta complementaria a la evaluación visual, confirmando lo observado en la misma, donde los tratamientos con los mayores niveles de control presentaran los menores valores de NDVI en *T. resupinatum* (Cuadros 7 y 8).

Cuadro 8. Índice NDVI en *Trifolium resupinatum* con diferentes tratamientos herbicidas, 15 y 30 días post aplicación (DDT)

Tratamientos	Momento de aplicación			
	I	II	III	IV
15 DDT*				
Testigo	0,87 A a	0,91 A a	0,69 A b	0,45 A c
Gli. **	0,46 D c	0,70 B a	0,55 C b	0,27 B d
Gli. + 2,4 d	0,52 C b	0,65 C a	0,61 B a	0,28 B c
Gli. + clor. ***	0,52 C c	0,72 B a	0,62 B b	0,26 B d
Gli. / paraquat ****	0,56 BC c	0,72 B a	0,62 B b	0,29 B d
Gli.+(thien.+iodo.) *****	0,59 B b	0,71 B a	0,62 B b	0,30 B c
Gli.+ (halau.+flur.) *****	0,43 D b	0,57 D a	0,53 C a	0,29 B c
Gli. + 2,4 d + clor.	0,61 B b	0,69 BC a	0,61 B b	0,27 B c
CV (%)	6,46			
30 DDT*				
Testigo	0,90 A a	0,70 A b	0,54 A c	0,31 A d
Gli.	0,28 CD b	0,55 B a	0,33 C b	0,21 B c
Gli. + 2,4 d	0,35 B c	0,55 B a	0,43 B b	0,22 B d
Gli. + clor.	0,30 C c	0,58 B a	0,40 B b	0,20 B d
Gli. / paraquat	0,27 CD b	0,31 E a	0,26 D bc	0,21 B c
Gli.+ (thien.+iodo.)	0,30 C c	0,58 B a	0,43 B b	0,22 B d
Gli. + (halau.+flur.)	0,24 D c	0,41 D a	0,33 C b	0,22 B c
Gli. + 2,4 d + clor.	0,39 B b	0,47 C a	0,45 B a	0,24 B c
CV (%)	7,31			

*Valores que presentan letras mayúsculas diferentes dentro de la misma columna y letras minúsculas diferentes dentro de la misma fila difieren significativamente según test de Tukey 5%. ** glifosato,

*** glifosato + clorimuron, **** re-aplicación 10 días después de la primera; mezclas formuladas ****
*Percutor (thiencarbazono + iodosulfuron) y ***** Pixxaro (halauxifen + fluroxipir).

La desecación de ambas especies de trébol con opciones químicas demuestra una tendencia de reducción del control al segundo momento de desecación, y luego estos valores muestran un aumento para los siguientes momentos de control. El comportamiento fisiológico de la planta en estado vegetativo como en los momentos I y II, determina la utilización de reservas para el crecimiento de raíces y hojas; el aspecto que diferencia a ambos momentos es la acumulación de materia seca y desarrollo dificultando el control para el segundo momento. Cuando la planta se presenta en el estadio reproductivo la utilización de la acumulación de reservas se utiliza para la generación de frutos (semilla) aumentando la actividad de la planta como también la traslocación del herbicida.

Los datos demuestran un comportamiento diferente en el momento IV de desecación. Para *T. alexandrinum* es mayor el efecto 30 días en el control, mientras en *T. resupinatum* el efecto 15 días es el más relevante y representa en el entorno del 90 % de control total. Esta diferencia está dada por el largo de ciclo de estas especies, siendo más corto en *T. resupinatum* lo cual facilita su rápido control. Dadas las fechas de control tardías para realizar posteriores siembras de cultivos renta esta diferencia influye en la formación del barbecho para la acumulación de agua en el perfil de suelo.

El periodo de barbecho y el cultivo posterior son aspectos a tener cuenta para analizar las opciones químicas. Para el caso de thiencarbazono más iodosulfuron se recomienda a la dosis utilizada al menos 30 días para la siembra de maíz o soja. En el caso de clorimuron, Vidrine et al. (2002), utilizando mezclas de glifosato con clorimuron encontraron valores de fitotoxicidad visual en soja entre 6 y 30 %, la utilización de cultivares STS es una opción para reducir los riesgos. En el caso de 2, 4 D se recomiendan 20 días para la siembra de soja y 15 días con la mezcla de fluroxipir + halauxifen.

4.2. USO DEL ROLADO PARA DESECACIÓN DE TRÉBOLES

4.2.1. *Trifolium alexandrinum*

En la evaluación del rolado como herramienta no herbicida para manejar *T. alexandrinum* se observó a los 15 DAT que ninguno de los tratamientos superó el 50 % de control visual, siendo en su mayoría inferiores al 30% sin importar el momento de desarrollo del trébol (Cuadro 9). El rolado cuando fue usado de forma aislada presentó control de 16,00; 21,25 y 18,75% para los momentos I, II y III, respectivamente. En cuanto que, su uso asociado a una aplicación previa de glifosato (960 g ia ha⁻¹) apenas generó control significativamente superior al rolado solo en el momento I causando la muerte de 47,50% de las plantas. En trabajos realizados por Creamer y Dabney (2002), señalan que

con el uso de rolado como única herramienta se lograron resultados similares, logrando en el estadio reproductivo controles satisfactorios.

A los 30 DAT el mejor desempeño fue observado para la mezcla de los herbicidas glifosato + clorimuron + 2,4 d sumado de una reaplicación con paraquat obteniendo control de 93 % en el momento II de desarrollo del *T. alexandrinum* (Cuadro 9). En este momento fue obtenido el mejor efecto del rolado solo, o con una aplicación de glifosato, alcanzándose un control cercano al 80%. Es importante resaltar que en este estadio el cultivo estaba en plena floración y superando 7700 kg ha⁻¹ de biomasa seca, volumen elevado si se considera el uso del manejo mecánico como única herramienta. De todos modos, niveles de 80 % de control pueden ser considerados satisfactorios para el manejo sin uso de herbicidas.

Para el momento I ningún tratamiento presentó control igual o superior a 50%, por lo tanto, no resultó un momento indicado para manejar *T. alexandrinum* de forma mecánica, química o usando asociaciones de las mismas (Cuadro 9). Es importante destacar que en el primer momento en algunos de los tratamientos se evidenció presencia de rebrote, esto concuerda con otros trabajos que mencionan que el manejo mecánico es efectivo solo cuando se lleva a cabo en la etapa correcta de desarrollo de la cubierta vegetal, es decir, cuando la producción de masa vegetal alcanza su máximo y se reduce el rebrote (Araújo y Rodrigues, 2000). Raper et al. (2004) también mencionan que los cultivos de cobertura pueden reanudar el crecimiento después de corta si no se terminan por completo. También los estudios citados por Baigorria et al. (2011) en *Vicia villosa* asociada a *Avena sativa* aportan datos similares, a mayor estadio de desarrollo menor rebrote variando según el año y la localidad aumentando en veranos húmedos. El logro de la ausencia absoluta del rebrote es alcanzado cuando el cultivo de cobertura está en 100 % de floración, mientras que en valores alrededor del 50% de floración el rebrote variaba entre 2700 kg/ha y 0 kg/ha de masa seca y valores mayores a 65% de floración lograban controles siempre mayores a 80% (Baigorria et al., 2011). Esto indica que es más fácil lograr adecuados controles en vicia al nivel de plena floración sin la necesidad de utilizar herbicidas.

En el momento II, sería el mejor momento para realizar la desecación comparado con los controles logrados en el momento III, ya que para el momento III no superan el 80 %, mientras que en el momento II se obtiene el mayor control con 93% para el tratamiento II, mientras que los tratamientos III, IV, V que presentan rolado se obtuvieron controles del 80 %, lo cual es un control adecuado teniendo en cuenta el volumen de biomasa (7700 kg MS)

En cuanto que para el momento III la aplicación de glifosato y posterior uso del rolo generó el mejor índice absoluto de control, pero no diferenciaron estadísticamente de los otros tratamientos de control usados, si se aprecia un mayor control de T2 a los 15 días DAT, diferencia que desaparece a los 30 días DAT. Entretanto, ninguno de los tratamientos en el tercer momento fue significativamente superior al control obtenido en

el segundo momento. De este modo, puede no ser conveniente dejar las plantas llegar al tercer momento para realizar la aplicación. Aún es importante considerar que dadas las igualdades estadísticas de los tratamientos con rolado y rolado con herbicida en el segundo y tercer momento, es posible afirmar que es innecesaria la aplicación de glifosato 960 g ea .ha⁻¹ en estos momentos, ya que con rolado solo se lograron los mismos controles sin diferencias significativas, sin utilización de herbicidas. El único momento en que el orden entre el rolado y la aplicación tiene un efecto significativo, es en el efecto inicial (15 días) en el primer momento siendo mayor el control con el glifosato/rolado (Cuadro 9), aspecto relevante para lograr un barbecho más adecuado para el cultivo posterior.

Por otra parte, los datos obtenidos en el primer estadio de desarrollo implican que el factor de mayor relevancia tiende a ser la interacción de los factores rolado y herbicida; los factores rolado y herbicidas (tanto glifosato como la mezcla) de forma independiente no logran el impacto que se observa en la interacción de ambos a los 15 días. De esta manera, fue más relevante utilizar la interacción del rolo y glifosato sin elevar dosis la dosis del herbicida o utilizar mezclas con otros productos. El desempeño es mejor aún si la aplicación de glifosato es previa a utilización del rolo, pero ocurre únicamente en el primer momento a los 15 días. La mezcla de herbicidas y la aplicación de glifosato solo, presentan a los 30 DAT el mismo nivel de control, pero al arranque (15 DAT) la aplicación de glifosato solo controla más rápido en el periodo vegetativo y en floración la mezcla evidenciando el efecto combinado de los demás herbicidas usados (Cuadro 9). En cuanto que el mayor tiempo que las plantas llevan para morir después de roladas podría influenciar en la cantidad de agua disponible en el suelo para el cultivo siguiente, aunque esta variable no fue evaluada en el presente estudio.

Cuadro 9. Control de *Trifolium alexandrinum* sometido a diferentes estrategias de desecación, 15 y 30 días post aplicación (DDT)

Tratamientos	Momento de aplicación		
	I	II	III
15 DDT*			
Testigo	0,00 E a	0,00 D a	0,00 C a
Glifosato	33,50 B a	33,75 B a	15,25 B b
Glifosato+clor. +2,4 d / paraquat**	27,00 C b	45,00 A a	48,75 A a
Rolado	16,00 D a	21,25 C a	18,75 B a
Rolado / glifosato***	30,00 BC a	25,75 C ab	20,00 B b
Glifosato / rolado****	47,50 A a	22,50 C b	19,25 B b
CV (%)	20,98		
30 DDT*			
Testigo	0,00 C a	0,00 C a	0,00 B a
Glifosato	37,50 A b	86,70 AB a	77,50 A a
Glifosato+clor. +2,4 d / paraquat	45,00 A c	93,00 A a	76,25 A b
Rolado	15,00 B c	80,00 B a	68,75 A b
Rolado / glifosato	37,50 A b	78,00 B a	69,50 A a
Glifosato / rolado	43,50 A b	79,25 B a	80,50 A a
CV (%)	12,17		

*Valores que presentan letras mayúsculas diferentes dentro de la misma columna y letras minúsculas diferentes dentro de la misma fila difieren significativamente según test de Tukey 5%. ** aplicación 7 días post tratamiento principal; *** aplicación 5 días post rolado; **** rolado 5 días post glifosato.

El índice NDVI corrobora con lo observado por la evaluación de control visual, con una reducción más lenta por parte del índice para los tratamientos con el rolado y del rolado asociado a bajas dosis de herbicida, resultado observado especialmente en los 15 DAT (Cuadro 10). En este periodo de evaluación, fueron detectadas diferencias estadísticas entre los tratamientos y el testigo, para el momento I de desarrollo de *T. alexandrinum*. En cuanto que para el momento II y III las diferencias solamente fueron

observadas entre el testigo y los demás tratamientos no importando la utilización de herbicida aislado, mezcla o asociado a rolado (Cuadro 10).

En la evaluación de NDVI en los 30 DAT, fue observado para el primer estadio de desarrollo del trébol, una reducción más pronunciada para los tratamientos que llevaron aplicación de herbicidas (Cuadro 10). En cuanto que el rolado solo presentó valor de NDVI intermedio y el testigo superior a todos. Para los momentos II y III del trébol, el índice de NDVI no fue estadísticamente diferente entre los tratamientos químico, rolado o asociado, pero siempre inferior en la comparación al testigo. Estos valores de NDVI comprueban la reducción de la capacidad de desarrollo del *T. alexandrinum* cuando es sometido a los tratamientos utilizados, mismo cuando no generó su completo control.

Cuadro 10. Índice NDVI en *Trifolium alexandrinum* con diferentes estrategias de desecación, 15 y 30 días después de la aplicación (DDT)

Tratamientos	Momento de aplicación		
	I	II	III
15 DDT*			
Testigo	0,73 A a	0,68 A a	0,70 A a
Glifosato	0,65 B a	0,42 B c	0,54 B b
Glifosato+clor. +2,4 d / paraquat**	0,65 B a	0,40 B c	0,52 B b
Rolado	0,64 B a	0,46 B c	0,53 B b
Rolado / glifosato***	0,57 C a	0,44 B b	0,52 B a
Glifosato / rolado****	0,58 BC a	0,46 B b	0,55 B ab
CV (%)	8,88		
30 DDT*			
Testigo	0,61 A a	0,57 A a	0,55 A a
Glifosato	0,43 C a	0,30 B b	0,32 B b
Glifosato+clor. +2,4 d / paraquat	0,40 C a	0,29 B b	0,31 B b
Rolado	0,50 B a	0,31 B b	0,36 B b
Rolado / glifosato	0,44 C a	0,31 B b	0,35 B b
Glifosato / rolado	0,43 C a	0,30 B b	0,31 B b
CV (%)	9,85		

*Valores que presentan letras mayúsculas diferentes dentro de la misma columna y letras minúsculas diferentes dentro de la misma fila difieren significativamente según test de Tukey 5%. ** aplicación 7 días post tratamiento principal; *** aplicación 5 días post rolado; **** rolado 5 días post glifosato.

4.2.2. *Trifolium resupinatum*

El control de *T. resupinatum* a partir de la comparación de métodos químicos (herbicidas) y mecánico (rolado) y su uso asociado demostró a los 15 DAT mejor desempeño para el uso de glifosato + rolado y glifosato + clorimuron + 2,4 d con replicación de paraquat, en los momentos I y II, respectivamente (Cuadro 11). Entretanto,

para el momento III no fueron observadas diferencias en el control del trébol, entre el uso del rolado, herbicidas o asociaciones de estas herramientas. Para el primer estadio de desarrollo del trébol la evaluación del uso de rolado solo demostró que el mismo no fue eficaz, con control de apenas 13%, en cuanto que en el momento II el control fue de 65 y en momento III de 56 %. Es importante considerar que el uso de rolo se presenta como una alternativa a los herbicidas y que su efectividad es dependiente del estadio de desarrollo de las plantas y necesita más tiempo para concretar el control. En este sentido, en la evaluación de los 30 DAT el uso de rolado como única herramienta para el momento I llegó a un control de 55%, equiparando al uso de glifosato en la dosis de 2400 g e.a ha¹.

A los 30 DAT es importante destacar la ocurrencia de señales de senescencia en los testigos sin uso de herbicida o rolado, con 5; 30 y 50% de desecación en el control visual en los momentos I, II y III, respectivamente. Entre los tratamientos usados, la mezcla triple de herbicidas (glifosato + clorimuron +2,4 d) y reaplicación de paraquat demostró ser la más eficiente en los momentos I y II, con control próximo o igual a 90% (Cuadro 11). En cuanto para el momento III, los tratamientos utilizados no se diferenciarán entre sí, siendo diferente apenas del testigo, demostrando un claro adelantado momento de desarrollo del trébol. El uso del rolado solo o asociado a una baja dosis de glifosato, en los momentos II y III, presentó control de cerca de 75%, que puede ser considerado intermedio, acelerando la terminación de ciclo de *T. resupinatum*, al igual que lo sucedido en *T. alexandrinum* con rolado solo en momento III ya es suficiente para controlar igual que el control con herbicidas. A su vez también sucedió que en *T. alexandrinum* y *T. resupinatum* los controles fueron inferiores en comparación con controles logrados en *Vicia villosa* sin utilización de herbicidas (Baigorria et al., 2011). Esto indica mayor dificultad en controlar tréboles anuales con el rolado en comparación con vicia.

Cuadro 11. Control de *Trifolium resupinatum* con diferentes estrategias de desecación, 15 y 30 días post aplicación (DDT)

Tratamientos	Momento de aplicación		
	I	II	III
15 DDT*			
Testigo	0,00 E a	0,00 C a	0,00 B a
Glifosato	45,00 B b	62,50 B a	57,50 A a
Glifosato+clor. +2,4 d / paraquat**	32,50 C c	78,75 A a	61,25 A b
Rolado	13,00 D b	65,00 B a	56,25 A a
Rolado / glifosato***	43,75 B b	62,50 B a	63,75 A a
Glifosato / rolado****	57,50 A a	66,25 B a	60,00 A a
CV (%)	14,71		
30 DDT*			
Testigo	5,00 C c	30,00 C b	50,00 B a
Glifosato	65,00 B b	80,00 AB a	70,00 A b
Glifosato+clor. +2,4 d / paraquat	88,75 A a	90,00 A a	73,75 A b
Rolado	55,00 B b	78,75 B a	71,25 A a
Rolado / glifosato	56,25 B b	71,75 B a	74,25 A a
Glifosato / rolado	60,00 B b	73,75 B a	76,25 A a
CV (%)	10,6		

*Valores que presentan letras mayúsculas diferentes dentro de la misma columna y letras minúsculas diferentes dentro de la misma fila difieren significativamente según test de Tukey 5%. ** aplicación 7 días post tratamiento principal; *** aplicación 5 días post rolado; **** rolado 5 días post glifosato.

En la evaluación de NDVI a los 15 DAT fue posible observar una diferencia de comportamiento entre los momentos frente a los mismos tratamientos, donde para el momento I la reducción significativa de este índice solamente fue observada para los tratamientos glifosato, glifosato + rolado y rolado + glifosato (Cuadro 12). En cuanto que en los momentos II y III todos los tratamientos utilizados fueron diferentes del testigo, demostrando el efecto de control generado por herbicida, rolado o asociaciones de estos,

corroborando con el observado para la variable control porcentual, tornando el NDVI una importante herramienta en evaluación de la evolución de síntomas/control generado por herbicidas, rolado o la combinación de los mismos. En contraste al trébol alejandrino, en *resupinatum* se observó mayor respuesta al agregado de hormonales (mezcla) en el primer momento. Se observa en este momento un efecto individual del factor glifosato y a su vez un menor efecto individual del factor rolado, y a esto se le agrega una interacción positiva de ambos factores rolado y glifosato, la cual no se mantiene a los 30 DAT.

Cuadro 12. Índice NDVI en *Trifolium resupinatum* con diferentes estrategias de desecación, 15 y 30 días después de la aplicación (DDT)

Tratamientos	Momento de aplicación		
	I	II	III
15 DDT*			
Testigo	0,65 A a	0,61 A a	0,49 A b
Glifosato	0,52 B a	0,29 C b	0,33 BC b
Glifosato+clor. +2,4 d / paraquat**	0,59 AB a	0,27 C b	0,33 BC b
Rolado	0,62 A a	0,38 B b	0,37 B b
Rolado / glifosato***	0,51 B a	0,32 C b	0,33 BC b
Glifosato / rolado****	0,52 B a	0,31 C b	0,28 C b
CV (%)	9,62		
30 DDT*			
Testigo	0,32 A a	0,31 A a	0,29 A a
Glifosato	0,26 AB a	0,27 AB a	0,27 AB a
Glifosato + clor. +2,4 d / paraquat	0,24 B a	0,23 B a	0,24 B a
Rolado	0,31 A a	0,29 A a	0,31 A a
Rolado / glifosato	0,32 A a	0,29 A ab	0,24 AB b
Glifosato / rolado	0,27 AB a	0,27 AB a	0,26 AB a
CV (%)	17,02		

*Valores que presentan letras mayúsculas diferentes dentro de la misma columna y letras minúsculas diferentes dentro de la misma fila difieren significativamente según test de Tukey 5%. ** aplicación 7 días post tratamiento principal; *** aplicación 5 días.

5. CONCLUSIONES

El control de las especies de trébol, *T. alexandrinum* y *T. resupinatum*, presentó elevada dependencia del momento de desarrollo en ambos ensayos realizados.

De modo general, el periodo reproductivo de los tréboles, con mayor biomasa y menor capacidad de rebrote, se presentó como el momento de desarrollo más sensible a los controles químicos. Los tratamientos aplicados sobre el final del ciclo del cultivo aceleraron el proceso de senescencia natural, obteniendo porcentajes de desecación de hasta 100%.

La utilización de la estrategia de aplicación doble golpe demuestra ser una opción de control superior independientemente de la especie y del momento de control.

En términos generales, las mezclas con hormonales lograron mejor comportamiento respecto a mezclas con ALS.

Se demuestra un mejor efecto en *T. alexandrinum* con glifosato solo, respecto a las mezclas, mientras que, *T. resupinatum* demuestra mejor control cuando el glifosato es utilizado en la mezcla de hormonales.

La utilización de diferentes herramientas de desecación, químico y mecánico, de forma conjunta se presentó como una opción para mejorar los controles de tréboles. En este contexto, el uso de glifosato + rolado y rolado + glifosato, son dos opciones con buenos resultados de control indicando de esta manera que la interacción de herramientas puede ser una alternativa al aumento de dosis herbicidas. Por lo cual, y a fin de disminuir un posible efecto año en los resultados, la continuidad de los estudios en esta línea de investigación podrá aportar más insumos para el uso del rolado como herramienta aislada de desecación o asociado a herbicidas.

6. RESUMEN

El avance de la agricultura con intensificación del uso del suelo, redujo las áreas que anteriormente eran utilizadas con pasturas perennes y aumentó de área sin cobertura vegetal invernada. De este modo, los suelos pasan a estar propensos a eventos de erosión, degradación e intenso enmalezamiento. El uso de cultivos de cobertura ayuda en la protección y calidad del suelo, además de ser importantes alternativas que aportan al manejo integrado de malezas, reduciendo la dependencia del uso de herbicidas, generando menores costos e impactos ambientales. Las especies de tréboles, *Trifolium resupinatum* y *Trifolium alexandrinum* brindan excelente cobertura del suelo y de excelente calidad, pero son de difícil desecación comparado con otras opciones utilizadas. En este contexto, este trabajo tuvo como objetivos evaluar diferentes alternativas de terminación de *Trifolium resupinatum* L. y *Trifolium alexandrinum* L., a través del uso de estrategias químicas y mecánicas. Dos conjuntos de ensayos independientes fueron realizados a campo, bajo siembra directa, en bloques experimentales al azar con tres repeticiones, ubicados en INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay en el periodo de primavera-verano a finales de 2018. El primero ensayo los tratamientos consistieron en una factorial 7X4, donde el factor A consistió en siete tratamientos herbicidas (glifosato; glifosato +2,4 d glifosato+clorimuron; glifosato/paraquat; glifosato+thiencarbazone+iodosulfuron; glifosato; halauxifen+fluroxipir y glifosato+2,4 d+clorimuron) y factor B cuatro momentos de desecación (en función del estadio de desarrollo de las especies), además de un testigo sin aplicación. En el segundo ensayo los tratamientos consistieron en una factorial 5X3 donde el factor A consistió en cinco tratamientos para desecación (glifosato; glifosato+clorimuron+ 2,4 d/paraquat, rolado; rolado/glifosato; y glifosato/rolado/rolado), y factor B tres momentos de desecación, además de uno testigo sin aplicación. Para ambos ensayos se determinó el NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) y control visual a los 15 y 30 días después de la aplicación de los tratamientos (DDT). A partir del uso de estrategias químicas se demostró que el control de trébol alexandrinum y resupinatum es dependiente con el momento de aplicación de los herbicidas, siendo observado control total apenas no momento IV para todas las opciones herbicidas analizadas. Para los demás momentos evaluados, la estrategia de replicación con paraquat obtuvo los mejores controles variando de 68 hasta 85%, también variando en función de la especie. El uso asociado de rolado al glifosato, obtuvo mejor control en ambas las especies, cuando comparado al uso aislado de estas estrategias de manejo en los momentos I, II y III de desarrollo de los tréboles. Para el momento IV todos los tratamientos lograron control total de *T. alexandrinum* y *T. resupinatum*. Las especies de tréboles evaluadas por presentar elevadas dificultades de control durante los momentos I, II y III exigen combinaciones de estrategias químicas (mezclas herbicidas y/o aplicaciones secuenciales) o asociadas con el rolado para obtener buenos niveles de control. El rolado es una herramienta que auxilia en la desecación de tréboles cuando está asociado a herbicidas, bajando la carga necesaria de estos productos.

Palabras clave: Cultivos de cobertura; Malezas; Herbicidas; Rolado; Desecación.

7. SUMMARY

The advance of agriculture with intensification of land use, reduced the areas that were previously used with perennial pastures and increased the area without winter vegetation cover. In this way, soils become prone to events of erosion, degradation, and intense weeding. The use of cover crops helps in the protection and quality of the soil, in addition to being important alternatives that contribute to the integrated management of weeds, reducing dependence on the use of herbicides, generating lower costs and environmental impacts. Clover species, *Trifolium resupinatum* and *Trifolium alexandrinum* provide excellent soil cover and excellent quality but are difficult to dry out compared to other options used. In this context, this work aimed to evaluate different termination alternatives for *Trifolium resupinatum* L. and *Trifolium alexandrinum* L., using chemical and mechanical strategies. Two sets of independent trials were carried out in the field, under direct sowing, in randomized experimental blocks with three replications, located in INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay in the spring-summer period at the end of 2018. The first trial the treatments consisted in a 7X4 factorial, where factor A consisted of seven herbicidal treatments (glyphosate; glyphosate + 2,4 d; glyphosate + chlorimuron; glyphosate / paraquat; glyphosate + thiencazuron + iodosulfuron, glyphosate; halauxifen + fluroxypyr and glyphosate + 2,4 d + chlorimuron) and factor B: four times of desiccation (depending on the stage of development of the species), in addition to a witness without application. In the second trial the treatments consisted of a 5X3 factorial where factor A consisted of five treatments for desiccation (glyphosate; glyphosate+chlorimuron+2,4 d/ paraquat; rolled; rolled/glyphosate; and glyphosate / rolled/rolled), and factor B three times of desiccation, in addition to a control without application. For both tests, the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and visual control were determined at 7, 14, 21 and 28 days after the application of the treatments (DAT). From the use of chemical strategies, the control of clover alexandrinum and resupinatum is dependent on the moment of application of the herbicides, with total control being observed only no moment IV for all herbicide options analyzed. For the other moments evaluated, the replication strategy with paraquat obtained the best controls, varying from 68 to 85%, also varying depending on the species. The associated use of rolling with glyphosate, obtained better control in both species, when compared to the isolated use of these management strategies at times I, II and III of clover development. Again, for moment IV all treatments (herbicide, rods and combinations thereof) achieved total control of *T. alexandrinum* and *T. resupinatum*. The clover species evaluated for presenting high control difficulties during moments I, II and III require combinations of chemical strategies or associated with rolling to obtain good levels of control. Rolling is a tool that helps in the desiccation of clovers when it is associated with herbicides, lowering the necessary load of these products.

Keywords: Cover crops; Weeds; Herbicides; Rolled; Desiccation.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Acciaresi, H.; Principiano, M. 2019. Herbicidas: propiedades químicas y comportamiento edáfico. Pergamino, INTA EEA Pergamino. s.p.
2. Araújo, A. G.; Rodrigues, B. N. 2000. Manejo mecânico e químico da aveia preta e sua influência sobre a taxa de decomposição e o controle de plantas daninhas em semeadura direta de milho. *Planta Daninha*. 18 (1):151-160.
3. Ashford, D. L.; Reeves, W. 2003. Use of a mechanical roller-crimper as an alternative kill method for cover crops. *American Journal of Alternative Agriculture*. 18 (1):37-45.
4. Ayala, W.; Bemhaja, M.; Cetro, B.; Docanto, J.; García, J.; Olmos, F.; Real, D.; Rebuffo, M.; Reyno, R.; Rossi, C.; Silva, J.; Musso, F.; Vergara, A. 2010. Catálogo de cultivares: forrajeras. Montevideo, INIA. pp. 78-79.
5. Baigorria, T.; Gómez, D.; Cazorla, C.; Lardone, A.; Bojanich, M.; Aimetta, B.; Bertolla, A.; Cagliero, M.; Vilches, D.; Rinaudo, D.; Canale, A. 2011. Bases para el manejo de vicia como antecesor del cultivo de maíz. Marcos Juárez, INTA EEA Marcos Juárez. 12 p.
6. Balbinot Jr., A. A.; Moraes, A.; Backes, R. L. 2007. Efeito de coberturas de inverno e sua época de manejo sobre a infestação de plantas daninhas na cultura de milho. *Planta Daninha*. 25 (3):473-480.
7. Banwart, S. A.; Black, H.; Cai, Z. C. 2015. The Global Challenge for Soil Carbon. (en línea). In: Banwart, S. A.; Noellemeyer, E.; Milne, E. eds. *Soil Carbon Science, Management and Policy for Multiple Benefits*. Wallingford, UK, CABI. pp. 1-9 (SCOPE Series v. 71). Consultado 16 may. 2019. Disponible en <https://www.cabi.org/Uploads/CABI/OpenResources/45322/chapter-1.pdf>.
8. Bárberi, P. 2002. Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? *Weed Research*. 42 (2):177-193.

9. Baumann, P. A.; Dotray, P. A.; Prostko, E. P. 1998. Herbicide mode of action and injury symptomology. Texas, USA, The Texas A&M University System. Texas Agriculture Extension Service. 10 p.
10. Blanco, Y. 2006. La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. *Cultivos Tropicales*. 27 (3):5-16.
11. Bhowmik, P. C.; Bekech, N. N. 1993. Producción, emergencia y distribución de semillas de hierba de caballo (*Conyza canadensis*) en maíz para labranza cero y labranza convencional y labranza convencional con (*Zea mays*). *Agronomy (Trends in Agricultural Sciences)*. 1:67-71.
12. Buratovich, M. V.; Acciaresi, H. A. 2019. Manejando malezas con cultivos de cobertura: una alternativa tecnológica para disminuir el uso de herbicidas. *Revista de Tecnología Agropecuaria*. 10 (39):51-54.
13. Carámbula, M. 2002. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 1, pp. 162-165.
14. Carrera, L. M.; Abdul-Baki, A. A.; Teasdale, J. R. 2004. Cover crop management and weed suppression in no-tillage sweet corn production. *HortScience*. 39 (6):1262-1266.
15. Carvalho, A. M.; Rodrigues, T.; Rein, T. A.; Araujo, R.; Rodrigues, R.; Worsley, K. 2015. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 50 (7):551-561.
16. 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, University of Minnesota Extension Service. North Dakota Extension Service. College of Agricultural, Food, and Environmental Sciences. 30 p.
17. Caviglia, O. P.; Van Opstal, N. V.; Gregorutti, V. C.; Melchiori, R. J. M.; Blanzaco, E. 2008. El invierno: estación clave para la intensificación sustentable de la agricultura. (en línea). *Agricultura Sustentable, actualización técnica*. Serie Extensión. no. 51:7-13. Consultado 22 mar. 2019. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_agricultura_sustentable_actualizacion_tecnica_n.pdf

18. Constantin, J.; Oliveira, R. S.; Martins, M.; Lopes, P.; Lemos, A. 2005. Dessecação em áreas com grande cobertura vegetal: alternativas de manejo. *Informações Agronômicas*. 111 (1):7-9.
19. Couto, P. 2020. Producción vegetal. Cultivos cerealeros e industriales. (en línea). *Anuario Estadístico Agropecuario DIEA 2020*:108-116. Consultado 20 set. 2020. Disponible en <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2020/ANUARIO2020.pdf>
20. Creamer, N. G.; Dabney, S. M. 2002. Killing cover crops mechanically: review of recent literature and assessment of new research results. *American Journal of Alternative Agriculture*. 17 (1):32-40.
21. Curran, W.; Ryan, M.; Mirsky, S. 2010. *Cover Crop Rollers for Northeastern Grain Production*. Pennsylvania, Penn State University. s.p.
22. Cutti, L.; Lamego, F. P.; Moraes, A. C.; Kaspary, T. E.; Gonsioriewicz, C. A. 2016. Winter cover crops on weed infestation and maize yield. *Caatinga* 29 (4):885-891.
23. Delgado, J. A.; Groffman, P. M.; Nearing, M. A.; Goodard, T.; Reicosky, D.; Rattan, L.; Kitchen, N. R.; Rice, C. W.; Towery, D.; Salon, P. 2011. Conservation practices to mitigate and adapt to climate change. *Journal of Soil and Water Conservation*. 66 (4):118A-129A.
24. Devine, M. D.; Duke, S. O.; Fedtke, C. 1993. *Physiology of Herbicide Action*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall. 441 p.
25. Dorn, B.; Stadler, M.; Van Der Heijden, M.; Streit, B. 2013. Regulation of cover crops and weeds using a roll-chopper for herbicide reduction in no-tillage winter wheat. *Soil and Tillage Research*. 134 (2):121-132.
26. Duke, S. O.; Dayan, F. E. 2001. Classification and mode of action of the herbicides. In: Prado, R.; Jorrín, J. V. eds. *Uso de herbicidas en la agricultura del siglo XXI*. Córdoba, España, Universidad de Córdoba. Servicio de Publicaciones. pp. 31-44.
27. Forratec, AR. s.f. Informe de cultivos de cobertura: campaña 2014. (en línea). s.l. 6 p. Consultado 22 ago. 2019. Disponible en <https://www.forratec.com.ar/uploads/58-20150304121518-pdfEs.pdf>

28. García, J. 2000. INIA Calipso: nuevo cultivar de trébol alejandrino. Montevideo, INIA. 10 p. (Boletín de Divulgación no. 70).
29. Gunsolus, J. L.; Curran, W. S. 1996. Herbicide mode of action and injury symptoms. (en línea). St. Paul, MN, University of Minnesota. Extension Service. 21 p. Consultado 1 feb. 2019. Disponible en http://appliedweeds.cfans.umn.edu/sites/appliedweeds.cfans.umn.edu/files/herbicide_mode_of_action_and_injury_symptoms.pdf
30. Hagemann, T. L.; Benin, J.; Lemes, C.; Marchese, J. A.; Martin, T. N.; Pagliosa, E. S.; Beche, E. 2010. Effect of extracts from the above-ground part of oat genotypes on ryegrass and wild poinsettia. (en línea). *Bragantia*. 69 (3):509-518. Consultado 7 mar. 2019. Disponible en https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052010000300001&script=sci_arttext&tlng=pt
31. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2012. Bases del llamado a interesados para la producción y comercialización de semilla del cultivar *Trifolium resupinatum* LE 90-33. (en línea). Montevideo. pp. 5-7. Consultado 21 set. 2020. Disponible en http://www.inia.org.uy/estaciones/las_brujas/actividades/documentos/resupinatum.pdf
32. _____. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad Agro-clima y Sistema de Información, UY). 2018. Banco de datos de las estaciones agroclimáticas del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 11 abr. 2019. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>.
33. Kornecki, T. S.; Price, A. J. 2010. Engineering and ginning: Effects of Different Roller/Crimper Designs and Rolling Speed on Rye Cover Crop Termination and Seedcotton Yield in a No-Till System. *Journal of Cotton Science*. 14:212-220.
34. Lamego, F. P.; Kaspary, T. E.; Ruchel, Q.; Gallon, M.; Basso, C. J.; Santi, A. L.; 2013. Management of glyphosate resistant *Conyza bonariensis*: winter cover crops and herbicides in soybean pre-seeding. *Planta Daninha*. 31 (2):433-442.
35. MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, UY). 2016. Actualización del manual de medidas exigibles para cultivos y pasturas: instructivo para la elaboración y presentación de planes de uso y manejo responsable de suelos. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 26 ene. 2019. Disponible

en <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/manual-medidas-exigibles-para-cultivos>

36. _____. RENARE (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de Recursos Naturales Renovables, UY). 2019. Fotoplanos. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 28 ene. 2019. Disponible en <http://web.renare.gub.uy/js/visores/fotoplanos/>
37. Miller, P. R.; Graves, W. L.; Williams, W. A.; Madson, B. A. 1996. Cultivos de cobertura para la Agricultura de California. (en línea). Universidad de California. División de Agricultura y Recursos Naturales. Folleto 21510. pp. 1-11. Consultado 21 jul. 2019. Disponible en https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Eu-wBWrFWFwC&oi=fnd&pg=PA5&dq=tipos+de+rolo+para+cultivos&ots=-xpfrHLTDc&sig=ZJiW_A6qKb93pH1lvabeeT5AIdk#v=onepage&q&f=false
38. Moraes, P. V. D.; Agostinetto, D.; Vignolo, G. K.; Santos, L. S.; Panozzo, L. E. 2009. Cover crop management and weed control in corn. *Planta Daninha*. 27 (2):289-296.
39. Mortimer, A. M. 1996. Clasificación y ecología de las malezas. In: Labrada, R.; Caseley, J. C.; Parker, C. eds. Manejo de malezas en países en desarrollo. Roma, FAO. pp. 13-30.
40. Nascente, A. S.; Costa, C. A. 2012. Cover crops and herbicide timing management on soybean yield under no-tillage system. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 47 (1):187-192.
41. Nissen, S.; Namuth, D.; Hernández-Ríos I. 2005. Introducción a los inhibidores de la síntesis de aminoácidos aromáticos. (en línea). Lincoln, University of Nebraska. Library of Crop Technology Lessons. s.p. Consultado 10 jun. 2019. Disponible en http://plantandsoil.unl.edu/croptechology2005/weed_science/?what=topicsD&topicOrder=1&informationModuleId=1008088419
42. Palhano, M.; Norsworthy, J.; Barber, T. 2018. Evaluation of chemical termination options for cover crops. (en línea). *Weed Technology*. 32 (3):227-235. Consultado 12 nov. 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/322601931_Evaluation_of_Chemical_Termination_Options_for_Cover_Crops

43. Panaggio, H. 2017. Efecto de aplicaciones secuenciales de herbicidas inhibidores de la enzima acetolactato sintetasa sobre soja, trigo y cebada. Tesis MSc. en Producción vegetal. Balcarce, Argentina. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias. pp. 40-41.
44. Piñeiro, G.; Mazzilli, S.; Pinto, P.; Ecclesia, P. 2015. La materia orgánica de los suelos agrícolas: formación, evolución y manejo. In: Simposio de Fertilidad (12º., 2015, Rosario). Nutriendo los suelos para las generaciones del futuro. Rosario, IPNI. pp. 28-32.
45. Pitelli, R. 1998. Plantas daninhas no sistema plantio direto de culturas anuais. *Plantio Direto*. 4 (1):13-18.
46. Raper, R. L.; Simionescu, P. A.; Kornecki, T. S.; Price, A. J.; Reeves, D. W. 2004. Reducing vibration while maintaining efficacy of rollers to terminate cover crops. *Applied Engineering in Agriculture*. 20 (5):581-584.
47. Rice, E. L. 1984. *Allelopathy*. 2nd. ed. New York, Academic Press. 422 p.
48. Rizzardi, M. A.; Silva, L. F. 2006. Influência das coberturas vegetais de aveia-preta e nabo forrageiro na época de controle de plantas daninhas em milho. *Planta Daninha*. 24 (4):669-675.
49. Rosales Robles, E.; Esqueda, V. 2015. Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción. (en línea). ResearchGate.net. s.p. Consultado 2 feb. 2019. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/266229319_CLASIFICACION_Y_USO_DE_LOS_HERBICIDAS_POR_SU_MODO_DE_ACCION
50. Ruedell, J. 1995. Plantio direto na região de Cruz Alta. Cruz Alta, FUNDACEP/FECOTRIGO. 134 p.
51. Ruffo, M. L.; Parsons, A. T. 2004. Cultivos de cobertura en sistemas agrícolas. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. no. 21:s.p.
52. Sánchez, E. 2012. Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno. Dissertação de Mestrado. Guarapuava, Brasil. Universidade Estadual do Centro-Oeste. 48 p.

53. SAS (Statistical Analysis System, US). 2020. SAS: university Edition. (en línea). Cary, NC. s.p. Consultado 23 jun. 2020. Disponible en https://www.sas.com/pt_br/software/university-edition.html
54. Siri Prieto, G.; Ernst, O. 2011. Raigrás como cultivo de cobertura: efecto del largo del período de barbecho sobre la disponibilidad de agua, el riesgo de erosión y el rendimiento de la soja. Cangüé. no. 31:18-27.
55. SYSTAT Software. 2006. SYSTAT Software: versión 10.0. (en línea). San José, California, USA. s.p. Consultado 23 jun. 2020. Disponible en <http://www.sigmaplot.com>
56. UPNA (Universidad Pública de Navarra, ES). 2020. Flora pratense y forrajera cultivada de la Península Ibérica: *Trifolium resupinatum*. (en línea). Pamplona. s.p. Consultado set. 2020. Disponible en https://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Trif_resu_p.htm
57. Vidal, R. A.; Kalsing, A.; Goulart, I. C. G. R.; Lamego, F. P.; Christoffoleti, P. J. 2007. Impact of temperature, light and seed depth on emergence and germination of *Conyza bonariensis* and *Conyza canadensis* resistant to glyphosate. Planta Daninha. 25 (2):309-315.
58. Wayman, S.; Cogger, C.; Benedict, C.; Burke, I.; Collins, D.; Bary, A. 2014. The influence of cover crop variety, termination timing and termination method on mulch, weed cover and soil nitrate in reduced-tillage organic systems. Renewable Agriculture and Food Systems 1 (1):1-11.
59. Whalen, D. M.; Bish, M. D.; Young, B. G.; Conley, S. P.; Reynolds, D. B.; Norsworthy, J. K.; Bradley, K. W. 2019. Herbicide programs for the termination of grass and broadleaf cover crop species. Weed Technology. 34(1):1-10.
60. Williams J. D.; Kitchen, N. R.; Scharf, P. C.; Stevens, W. E. 2009. Within-field nitrogen response in corn related to aerial photograph color. (en línea). Precision Agriculture. 11:291-305. Consultado 3 ago. 2019. Disponible en <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/50701000/cswq-0435-williams.pdf>.