

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**IMPACTO DE DISTINTAS ALTERNATIVAS DE DESECACIÓN  
DE LOS CULTIVOS DE SERVICIOS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BAJO  
SIEMBRA DIRECTA**

**Por**

**Fabrizio DUTRA DOS SANTOS**

**Ariel VÁZQUEZ LÓPEZ**

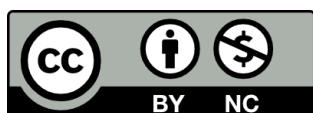
**Trabajo final de grado  
presentado como uno de los  
requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo**

**PAYSANDÚ**

**URUGUAY**

**2025**

Este Trabajo Final de Grado se distribuye bajo licencia  
“Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial**”.



## PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

---

Ing. Agr. (Mag.) Santiago Álvarez

---

Ing. Agr. (MSc.) Luciana Rey

Tribunal:

---

Ing. Agr. (MSc.) Luciana Rey

---

Ing. Agr. (Mag.) Winnona Saracho

---

Ing. Agr. (MSc.) Mauricio Bustamante

Fecha: 23 de junio 2025

Estudiante:

---

Fabricio Dutra dos Santos

---

Ariel Vázquez López

## AGRADECIMIENTOS

Ariel: Agradezco a mi familia, especialmente a mis padres, mi hermano y a cada una de las amistades que surgieron en este proceso de formación, en especial a mi amigo y compañero de tesis que, sin conocernos previamente, me acompaña desde el primer día, siempre cinchando para que esto sea posible.

Incluyo también a cada docente, y en especial a los tutores de esta tesis por la oportunidad, dedicación y paciencia.

Fabricio: A todos mis amigos que me acompañaron en esta trayectoria, en especial a un gran gaucho que, durante los cinco años de carrera, fue un apoyo ante todas las situaciones, tanto de estudio como personales, y que hoy es coautor de esta tesis: ¡gracias! A mis tíos y a mis abuelos, por el apoyo constante que me brindaron desde muy temprano.

Qué decir de los pilares de mi vida y razón de toda esta dedicación para llegar hasta acá: al incansable, inspirador y amigo, mi padre Juan. A la incondicionalmente luchadora y protectora, de quien tengo tanto orgullo: mi madre Fabiana. A la mejor persona que conozco, con un corazón gigante y mi primer amigo de la vida: mi hermano Francisco. A la más chica, por enseñarnos tantas cosas a todos nosotros y llenarnos el corazón de alegría con sus logros: mi hermana Luciana. A la persona que me da la razón y el impulso para seguir adelante cada día, que me enseñó mucho más de lo que cree y me llena el corazón: Karen.

A cada piedra, gruta y valle de Laureles, lugar que nos vio crecer, y desde donde mis padres, sin importar el tamaño de la helada o el calor del sol, nos sacaron adelante a todos: ¡Gracias!

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| PÁGINA DE APROBACIÓN .....                                                            | 2  |
| AGRADECIMIENTOS .....                                                                 | 4  |
| LISTA DE FIGURAS Y TABLAS .....                                                       | 6  |
| RESUMEN.....                                                                          | 7  |
| SUMMARY .....                                                                         | 8  |
| 1. INTRODUCCIÓN .....                                                                 | 9  |
| 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....                                                        | 11 |
| 2.1. CULTIVOS DE SERVICIOS.....                                                       | 11 |
| 2.1.1. Servicio ecosistémico: regulación de la población de malezas .....             | 11 |
| 2.1.2. Especies de cultivos de servicio.....                                          | 12 |
| 2.2. DIFERENTES TECNOLOGÍAS DE DESECACIÓN DE CULTIVOS DE SERVICIOS.<br>.....          | 15 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS .....                                                         | 18 |
| 3.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL.....                                         | 18 |
| 3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS<br>TRATAMIENTOS.....            | 18 |
| 3.3. DETERMINACIONES Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN. ....                                | 21 |
| 3.4. PROCESAMIENTO DE DATOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL UTILIZADO. ....                     | 22 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                                                        | 23 |
| 4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL PERÍODO DE ESTUDIO. ....                            | 23 |
| 4.2. PRIMERA EVALUACIÓN: PRE-DESECACIÓN DE LOS CS .....                               | 24 |
| 4.2.1 Biomasa y cobertura del suelo generada por los CS.....                          | 24 |
| 4.2.2 Enmalezamiento en pre-desección de los CS .....                                 | 27 |
| 4.3 SEGUNDA EVALUACIÓN: 32 DÍAS POST DESECACIÓN .....                                 | 29 |
| 4.3.1 Efectividad de la tecnología de desecación sobre los cultivos de servicio ..... | 29 |
| 4.3.2 Efecto de la tecnología de desecación sobre el enmalezamiento.....              | 30 |
| 4.4 TERCERA EVALUACIÓN: 55 DÍAS POST DESECACIÓN .....                                 | 33 |
| 4.4.1 Efectividad de la tecnología de desecación sobre los cultivos de servicio ..... | 33 |
| 4.4.2 Efecto de la tecnología de desecación sobre el enmalezamiento.....              | 35 |
| 5. CONCLUSIONES .....                                                                 | 38 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA .....                                                                 | 39 |

## LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

| <b>Figura No.</b>                                                                                              | <b>Página</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Figura 1: <i>Croquis del diseño experimental</i> .....                                                         | 19            |
| Figura 2: <i>Caracterización climática del periodo en estudio e histórica (1991-2020).</i> ..                  | 23            |
| Figura 3: <i>Biomasa seca (Mg ha<sup>-1</sup>) producida según tratamiento a supresión.</i> .....              | 24            |
| Figura 4: <i>Cobertura de suelo por tratamiento a supresión.</i> .....                                         | 25            |
| Figura 5: <i>Biomasa seca acumulada 154 días post siembra y niveles de cobertura ocupados por los CS</i> ..... | 26            |
| Figura 6 <i>Efectividad de los CS en cobertura de suelo y supresión de malezas pre-dsecacion.</i> .....        | 27            |
| Figura 7: <i>Efectividad de las tecnologías de desecación 32 Dpd.</i> .....                                    | 29            |
| Figura 8: <i>Efecto de las tecnologías de desecación sobre el enmalezamiento 32 Dpd....</i>                    | 30            |
| Figura 9: <i>Demostración ilustrativa de las tecnologías de desecación 32 dpd (Av Blanca).</i> .....           | 32            |
| Figura 10 <i>Densidad de Conyza spp según la interacción de las tecnologías de desecación y los CS.</i> .....  | 32            |
| Figura 11: <i>Efectividad de las tecnologías de desecación 55 Dpd.</i> .....                                   | 33            |
| Figura 12: <i>Efecto de las tecnologías de desecación 55 Dpd.</i> .....                                        | 35            |
| Figura 13: <i>Densidad de Conyza spp según la interacción de las tecnologías de desecación y los CS.</i> ..... | 37            |

| <b>Tabla No.</b>                                                                                                                  | <b>Página</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Tabla 1: <i>Características de los tratamientos asociadas a densidades de siembra, especies utilizadas y fertilización.</i> ..... | 18            |
| Tabla 2: <i>Actividades.</i> .....                                                                                                | 20            |
| Tabla 3: <i>Actividades referidas a las determinaciones.</i> .....                                                                | 21            |
| Tabla 4: <i>composición del enmalezamiento pre-desecación.</i> .....                                                              | 28            |
| Tabla 5: <i>Composición del enmalezamiento 32 (dpd).</i> .....                                                                    | 31            |
| Tabla 6: <i>Composición del enmalezamiento a los 55 Dpd.</i> .....                                                                | 36            |

## RESUMEN

Los cultivos de servicio (CS) se incorporan a los sistemas agrícolas para mejorar la sostenibilidad, pero requieren una desecación adecuada antes del siguiente cultivo. Este estudio evaluó dos tecnologías de desecación (química y mecánica) en cinco especies (*Avena strigosa*, *Avena byzantina*, *Trifolium resupinatum*, *Vicia villosa* y *Lupinus angustifolius*) y dos mezclas (*Avena strigosa* + *Vicia villosa* y *Avena byzantina* + *Vicia villosa*), comparándolas con un testigo sin cobertura (barbecho). El objetivo fue analizar la efectividad de desecación en la cobertura del suelo y el control de malezas.

El experimento se realizó en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (Paysandú, Uruguay) bajo un diseño de parcelas divididas con tres bloques. Se evaluaron las variables de cobertura verde y seca, densidad de malezas y efectividad de desecación a los 25, 32 y 55 días post desecación. Los resultados mostraron que la desecación química fue más rápida, pero el rolado mecánico logró niveles equivalentes con el tiempo. No se encontraron diferencias significativas entre las tecnologías en la densidad de malezas, indicando que la cobertura generada por los CS fue el factor más influyente en su control.

*Vicia villosa*, en monocultivo o en mezcla con avena, destacó por su alta cobertura y supresión de malezas, especialmente de especies resistentes como *Conyza spp.* En contraste, *Lupinus angustifolius* tuvo un desempeño limitado, similar al barbecho.

Estos resultados sugieren que la combinación de determinados CS bien establecidos con desecación mecánica es una estrategia viable para reducir el uso de herbicidas y promover sistemas más sostenibles.

*Palabras clave:* cultivos de servicio, desecación, rolado, malezas, sostenibilidad

## SUMMARY

Cover crops (CCs) are incorporated into agricultural systems to improve sustainability, but they require appropriate desiccation before the subsequent crop. This study evaluated two desiccation technologies (chemical and mechanical) on five species (*Avena strigosa*, *Avena byzantina*, *Trifolium resupinatum*, *Vicia villosa*, and *Lupinus angustifolius*) and two mixtures (*Avena strigosa* + *Vicia villosa* and *Avena byzantina* + *Vicia villosa*), comparing them to a control without cover (fallow).

The objective was to analyze the effectiveness of desiccation technologies, soil coverage, and weed control. The experiment was conducted at the Mario A. Cassinoni Experimental Station (Paysandú, Uruguay) using a split-plot design with three blocks. Variables such as green and dry soil coverage, weed density, and desiccation effectiveness were evaluated at 25, 32, and 55 days after desiccation.

Results showed that chemical desiccation was faster, while mechanical rolling achieved similar levels over time. No significant differences were found between technologies in weed density, indicating that soil coverage provided by CCs was the most influential factor in weed control.

*Vicia villosa*, either in monoculture or mixed with oats, was the most effective species for weed suppression, especially for resistant species like *Conyza spp.* In contrast, *Lupinus angustifolius* showed limited performance, similar to the fallow.

In conclusion, the combination of well-established CCs with mechanical desiccation is a viable strategy to reduce herbicide use and promote more sustainable systems.

*Keywords:* cover crops, desiccation, rolling, weeds, sustainability

## 1. INTRODUCCIÓN

Los cultivos de servicio (CS) son especies que se incorporan a los sistemas agrícolas con el objetivo de mejorar la sostenibilidad productiva y ambiental. En Uruguay, su introducción se vio impulsada por la implementación de los Planes de Uso y Manejo Responsable del Suelo en 2013, basados en el Decreto Ley n° 15.239 (1982), que establecen un criterio de erosión tolerable. Esta normativa obliga, en ausencia de cultivos de renta de invierno, a incorporar CS en la secuencia de cultivos para cumplir con niveles de erosión tolerables.

Aunque inicialmente su objetivo principal fue la regulación de la erosión, los CS generan también otros servicios ecosistémicos, como la reducción de la compactación, la minimización de la lixiviación de nitratos residuales, el incremento del carbono (C) y nitrógeno (N) orgánico del suelo, el control de malezas y plagas, el aporte de N mineral al cultivo de renta subsiguiente y el aumento de la conservación de agua en el suelo (Bacigaluppo et al., 2020).

Sin embargo, para que los CS cumplan con su función dentro de los sistemas agrícolas, es necesario desecarlos oportunamente antes de la siembra del siguiente cultivo de renta. Este proceso de desecación es crucial para evitar efectos negativos en el cultivo subsiguiente, como la competencia por agua y nutrientes y el retraso en el crecimiento. Tradicionalmente, la desecación se realiza mediante la aplicación de herbicidas. No obstante, como alternativa sostenible, se plantea la desecación mecánica mediante el uso de rolos, una herramienta que permitiría reducir la carga de herbicidas, disminuyendo tanto los costos de producción como el impacto ambiental, en línea con los principios de un sistema productivo sostenible.

El objetivo del trabajo final de grado fue evaluar el efecto de distintas alternativas de desecación sobre CS, sobre la efectividad de desecación y el manejo del enmalezamiento.

Se plantearon las siguientes hipótesis:

1. Existen diferencias significativas en el porcentaje de desecación entre las distintas tecnologías de desecación.

2. El efecto alcanzado por las distintas tecnologías de desecación dependerá de la especie de CS empleada.
3. Para aquellos CS que por sus características logren suprimir a las malezas: no se esperan diferencias significativas de enmalezamiento entre las distintas tecnologías de desecación.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. CULTIVOS DE SERVICIOS

Los cultivos de servicios (CS), también conocidos como cultivos de cobertura, son cultivos que se siembran entre dos cultivos de renta con un objetivo diferente al de la provisión de alimentos. Pueden ofrecer múltiples beneficios a los sistemas agrícolas, como el control de la erosión (Álvarez et al., 2006), el incremento de la materia orgánica a los suelos (Cazorla et al., 2017), el aporte de nitrógeno en el caso de leguminosas (Pinto & Piñeiro, 2018; Smith et al., 1987), la reducción de la pérdida de nitratos por lixiviación (Kaspar et al., 2012), la mejora de la actividad biológica de los suelos (Frasier et al., 2016) y la supresión de malezas (Sassano, 2020), entre otros. Estas razones, determinan la importancia de considerar a los CS como una parte del manejo agronómico integrado.

#### 2.1.1. Servicio ecosistémico: regulación de la población de malezas

Uno de estos beneficios puede ser su capacidad para la supresión del crecimiento de malezas, explicada principalmente por reducir la disponibilidad de luz en el suelo y por competir por recursos como agua y nutrientes, disminuyendo la germinación y debilitando el desarrollo de estas (Osipitan et al., 2018; Teasdale & Rosecrance, 2003). Por otro lado, Teasdale et al. (2007) afirma que los rastros del CS, son capaces de reducir la radiación incidente total que llega al suelo, lo que también ayuda a reducir la germinación de malezas.

Otros aspectos también pueden favorecer el control de malezas por algunas especies de CS como la liberación de sustancias químicas alelopáticas que provienen tanto de exudados radiculares mientras el cultivo se encuentra en activo crecimiento, como de la descomposición de sus residuos luego de la desecación (Kunz et al., 2016). Acevedo y Silva (2003) afirman que los rastros de los CS en muchos casos son capaces de generar compuestos alelopáticos a través de su descomposición; Cuando la planta muere, se activan enzimas hidrolíticas que permiten la liberación de estos compuestos. Sène et al. (2000) sugieren que este efecto alelopático que presentan algunas especies utilizadas como CS, se ve incrementado a medida que aumenta la cantidad de rastros

sobre el suelo, destacando la importancia de generar CS capaces de generar importantes cantidades de biomasa. Si bien la biomasa producida es importante, la especie que compone el rastrojo es la variable que más influye sobre su potencial alelopático. Diferentes especies presentan diferentes concentraciones de agentes alelopático (Da Silva et al., 2021).

Si bien los CS son una alternativa promisorio para controlar malezas, reducir las aplicaciones de herbicidas y evitar así posibles riesgos ambientales, no siempre el control es considerado exitoso. Referente a la alta variabilidad en los resultados obtenidos a nivel mundial en cuanto a supresión de malezas, Osipitan et al. (2018) sugiere que el problema es multifactorial, siendo algunos de estos: las condiciones ambientales, el manejo de los CS, las especies que se utilizan, fechas de siembra, densidad de siembra, fertilización, la sanidad del CS y/o la propia historia del enmalezamiento ya existente en el sitio (Reddy, 2003).

Diversos estudios han arrojado resultados contradictorios en cuanto a supresión de malezas por parte de los CS. Pero de manera general se puede asegurar que algunas especies gramíneas han mostrado frecuentemente controles de malezas cercanos al 100% (Akemo et al., 2000), mientras que las leguminosas logran niveles inferiores de control, a excepción de algunas especies como *Vicia villosa* que ha mostrado resultados similares a las gramíneas (Dorn et al., 2015). Lo cual revela que la elección correcta de la especie de CS puede llevar a realizar controles similares a los alcanzados por los herbicidas (Teasdale et al., 2007).

### 2.1.2. Especies de cultivos de servicio

#### 2.1.2.1. Gramíneas

Las gramíneas son las especies más utilizadas como CS en Uruguay, dentro de estas especies *Avena byzantina* y *Avena Strigosa* son las principales especies adoptadas a nivel comercial (Peloche et al., 2022).

Estas gramíneas invernales son reconocidas por su rápida implantación, aún en condiciones de suelos con poca agua disponible, logrando acumulaciones de biomasa área

tempranas en otoño (Perrachon, 2009). Estas características las posicionan como una buena herramienta para la interferencia con malezas.

Santanatoglia et al. (1989) afirman que la cantidad de nitrógeno presente en los tejidos vegetales es un regulador en la velocidad de descomposición de los rastrojos. Para el caso de las avenas, la relación C/N se encuentra en valores de entre 40 y 60, lo que genera que el rastrojo producido sea de lenta descomposición (Ilardia & Meirelles, 1998), lo que permite una cobertura del suelo por el rastrojo por mayor tiempo, y por ende una mayor capacidad de sombrear el suelo y evitar que la luz alcance las semillas de las malezas en primavera.

La cobertura de suelo que una especie es capaz de generar es determinante para evitar el desarrollo de las malezas. Elhakeem et al. (2021) afirman que las gramíneas tienden a generar coberturas de suelo de manera más precoz en el tiempo en comparación con las leguminosas, pero la cobertura de ciertas leguminosas como la *Vicia villosa*, suele ser mayor en comparación con las gramíneas al final del ciclo de los CS (Ahunchain Crusich et al., 2022). Lo que sugiere que la cobertura generada no depende únicamente de la cantidad de biomasa que cada especie es capaz de producir, sino que también depende de la arquitectura del canopeo.

La supresión de malezas ejercida por los CS está influenciada en gran parte por la cantidad de biomasa que estos producen (Finney et al., 2016). En referencia a esta característica los estudios de la *Red de Cultivos de Servicios Aapresid* (2023) constataron que las gramíneas puras logran mejores resultados en acumulación de biomasa aérea en relación con las mezclas con leguminosas y leguminosas solas. El género *Avena* ha demostrado una gran capacidad en producción de biomasa aérea obteniendo valores de referencia promedios superiores a los 5000 kg MS ha<sup>-1</sup> (Zibil et al., 2016).

#### 2.1.2.2. Leguminosas

Las leguminosas es una familia de especies no tan difundida como CS en Uruguay. Entre ellas se encuentran *Vicia villosa*, *Lupinus angustifolius*, *Trifolium*

*resupinatum*, entre otras, destacándose por su capacidad de generar entradas de nitrógeno al sistema.

*Vicia villosa* es una leguminosa anual invierno-primaveral (Ruiz et al., 2019) que, en los últimos años, ha tomado protagonismo en la región de la mano del manejo integrado de malezas (Bertolotto & Marzetti, 2017), debido a su adaptación a diversas fechas de siembra, siendo desde fines de verano, hasta mediados de invierno con producciones que pueden alcanzar los y 7.200 kg MS ha<sup>-1</sup> (Carfagno, Eiza, Babinec et al., 2013). Presenta también un porte postrado, el cual confiere una gran capacidad de cubrir el suelo, que sumado a su alta productividad primaveral (Vanzolini et al., 2013), le confiere una gran capacidad competitiva frente a otras especies.

Oliver Cortez (2017) obtuvo aportes de hasta 210 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno a partir de la mineralización de este cultivo. Si bien un incremento en las entradas de dicho nutriente es importante para los sistemas agrícolas, Longás et al. (2012) sugieren que, grandes alteraciones en las concentraciones de nitrógeno son capaces de romper la dormancia de semillas de malezas que se encuentran en el suelo. Lo que podría ser perjudicial para el control de malezas.

*Lupinus angustifolius* es una leguminosa anual invernifolia, de porte erecto, que (al igual que la soja) se destaca dentro de las leguminosas, por su gran adaptación a suelos con baja disponibilidad de fósforo (Arza et al., 2022). Su producción de biomasa depende en gran medida de la fecha de siembra, la cual se extiende desde mediados de abril, hasta fines de junio. Se destaca su capacidad de solubilizar fósforo en el suelo, mediante la liberación de ácidos orgánicos a través de su extenso sistema radicular (León Segura, 2001).

*Trifolium resupinatum* es una leguminosa anual invernifolia, aunque su principal aporte de biomasa se da en primavera, viéndose restringido en siembras tardías. Presenta un porte semi erecto y es capaz de adaptarse bien a suelos arcillosos con problemas de drenaje.

Las leguminosas son especies que, en su mayoría, presentan la particularidad de poseer menor relación C/N en sus tejidos, en comparación con las gramíneas. Esto se traduce en una descomposición más rápida de sus rastros (Mazzilli, 2015).

Comparando la producción de materia seca del cultivo de *Vicia villosa* respecto a la mezcla de *Vicia villosa* + *Avena sativa* en dos localidades, se observó que la mezcla de vicia + avena mostró un mayor aporte de materia seca, oscilando entre 4.367 y 7.792 kg/ha, en comparación con el monocultivo de *Vicia villosa* que osciló entre 2.730 y 3.056 kg/ha (Capurro et al., 2012). Por otra parte, especies como el *Trifolium resupinatum* es capaz de producir hasta 6.2 Mg ha<sup>-1</sup> (Barrios et al., 2014) y los valores de referencia para *Lupinus angustifolius* en Uruguay son de 11.000 a 15.000 kg/ha en cultivos comerciales (Maltese & Mazzilli, 2024).

La fecha de siembra del CS está condicionada por la fecha de cosecha del cultivo de renta estival que le antecede. En los sistemas productivos de Uruguay, se refleja en fechas de siembra que no son óptimas para especies de leguminosas, las cuales son sensibles a las siembras tardías (García-Favre et al., 2017). A diferencia de las gramíneas, como la *Avena byzantina* y *Avena Strigosa*, que son capaces de generar buenos niveles de cobertura de suelo, en cortos periodos de tiempo aun frente a siembras tardías en otoño (Perrachon, 2009). Las leguminosas son más exigentes en cuanto a temperatura y amplitud térmica refiera, para lograr buenas implantaciones.

## 2.2. DIFERENTES TECNOLOGÍAS DE DESECACIÓN DE CULTIVOS DE SERVICIOS.

El ciclo de los CS debe ser interrumpido en cierto momento para dar lugar al inicio del periodo de barbecho. El método más ampliamente utilizado consta en la aplicación conjunta de distintos herbicidas, lo que resulta habitualmente en un desecado rápido y uniforme del CS. Kelly et al. (1996) afirman que el desecado químico con una correcta elección de principios activos es la alternativa más utilizada debido a su alta eficacia y rapidez para controlar las malezas que lograron desarrollarse dentro del ciclo del CS, dando lugar a un barbecho libre de malezas previo a la siembra del cultivo de renta. Sin embargo, esta alternativa acarrea un costo económico y ambiental importante.

El aumento del costo de los herbicidas y la creciente presión social por el uso de agroquímicos ha despertado interés de encontrar alternativas (Baigorria et al., 2019). La práctica común para el manejo de los CS es desecarlos con herbicidas, aunque el rolado mecánico es una alternativa menos conocida pero potencialmente menos riesgosa para el medio ambiente (Baigorria et al., 2019). El rolado consta en utilizar una herramienta

mecánica con forma de tambor giratorio, que posee hojas sin filo que aplastan el vegetal cada 20 cm aproximadamente, provocando así su muerte (Ashford & Reeves, 2003). Baigorria et al. (2019) destacan que, en la región, el rolado de los CS se mostró como una herramienta efectiva para la desecación de avena y el control de malezas, sin tener efectos negativos sobre el cultivo posterior a la vez que se disminuye el impacto ambiental negativo. Además, este método genera que los residuos de los CS queden depositados de forma uniforme, lo que contribuye a sombrear el suelo y retener la humedad.

Si bien esta tecnología aparenta ser muy prometedora, exige cierta complejidad para definir el momento óptimo de rolado y una detallada planificación para decidir la especie de CS y su fecha de siembra. Ya que se deben hacer coincidir determinadas etapas fisiológicas del CS, con los tiempos de barbecho deseado. Estos aspectos pueden llevar a la necesidad de retrasar la fecha de siembra del cultivo de renta estival, con el consabido efecto negativo que esta práctica puede tener sobre el rendimiento de los cultivos (Satorre et al., 2003). Para evitarlo es necesaria una adecuada planificación en cuanto a fecha de siembra y especie seleccionada. Si al rolar el CS, este no se encuentra en un estado fenológico propicio, la desecación podría ser ineficaz, lo que resultaría en la supervivencia de especies durante el período de barbecho y por lo tanto de consumo de agua previo a la siembra. Acumular y evitar el consumo de agua del perfil del suelo es uno de los principales aspectos a controlar durante el barbecho previo a la siembra de los cultivos de renta (Carfagno, Eiza, Quiroga et al., 2013).

Las diferentes especies utilizadas como CS presentan diferentes comportamientos frente a la desecación por rolo, el cual está directamente relacionado a sus estados fenológicos (Curran et al., 2010; Mirsky et al., 2009). En *Vicia villosa* los mejores resultados de rolado se obtienen en estado de floración con vainas pequeñas, mientras que en gramíneas se recomienda rolar en el periodo de antesis, ya que es cuando la planta presenta menor capacidad de rebrote (Creamer & Dabney, 2002; Mirsky et al., 2009). Sin embargo, un aspecto relevante para tener en cuenta es no superar estas etapas fenológicas debido a que la formación de semillas puede convertir al actual CS en malezas durante los cultivos siguientes como por ejemplo en trigo (Curran et al., 2010).

El rolado de los CS, genera una mejora en la disposición de los residuos sobre la superficie del suelo. Al depositarlos de manera más uniforme la cobertura del suelo persiste por un mayor período de tiempo, mejorando así la supresión de malezas y la

retención de humedad (Creamer & Dabney, 2002; Morse, 2001 como se cita en Rubione, s.f.), además de facilitar la siembra del cultivo de renta posterior (Bird & Ikerd, 1993).

Si bien el rolado de los CS es una práctica que, por la uniformidad que le genera al rastrojo sobre el suelo, es capaz de aumentar la conservación de la humedad del perfil (Morse, 1993), este beneficio se logra solamente si el rolado es efectivo y logra desecar de forma rápida y eficiente al CS. Referente a esto, García et al. (2018), en una serie de experimentos realizados en Uruguay, constataron que la desecación de *Avena strigosa* mediante rolado, tardó 14 días más que el método químico, en desecar completamente al CS.

Otro aspecto importante que mencionar es la efectividad que proporciona cada tecnología de desecación para controlar malezas que crecieron dentro del CS. García et al. (2018), constataron que el rolado de CS compuestos por avena, resultó en una reducción del 44% en las poblaciones de *Conyza ssp.*, en comparación con un método químico de desecación.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL.

La etapa experimental a campo del estudio se llevó a cabo en el potrero 5D de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC) de la Facultad de Agronomía (UdelaR), departamento de Paysandú, kilómetro 363 de la ruta nacional No. 3. Tuvo una duración de 45 días, iniciándose el 14 de octubre del 2022, extendiéndose hasta el 28 de noviembre del mismo año.

#### 3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS TRATAMIENTOS

El trabajo se realizó en un experimento de cultivos de servicio iniciado en el año 2022 en el cual se evaluaron los siguientes tratamientos en un diseño en bloques completos al azar (DBCA): vicia (*Vicia villosa*), avena negra (*Avena strigosa*), lupino (*Lupinus angustifolius*), trébol persa (*Trifolium resupinatum*), avena amarilla (*Avena byzantina*), la mezcla de avena negra más vicia, la mezcla de avena amarilla más vicia, y un testigo sin cobertura vegetal (Tabla 1).

**Tabla 1**

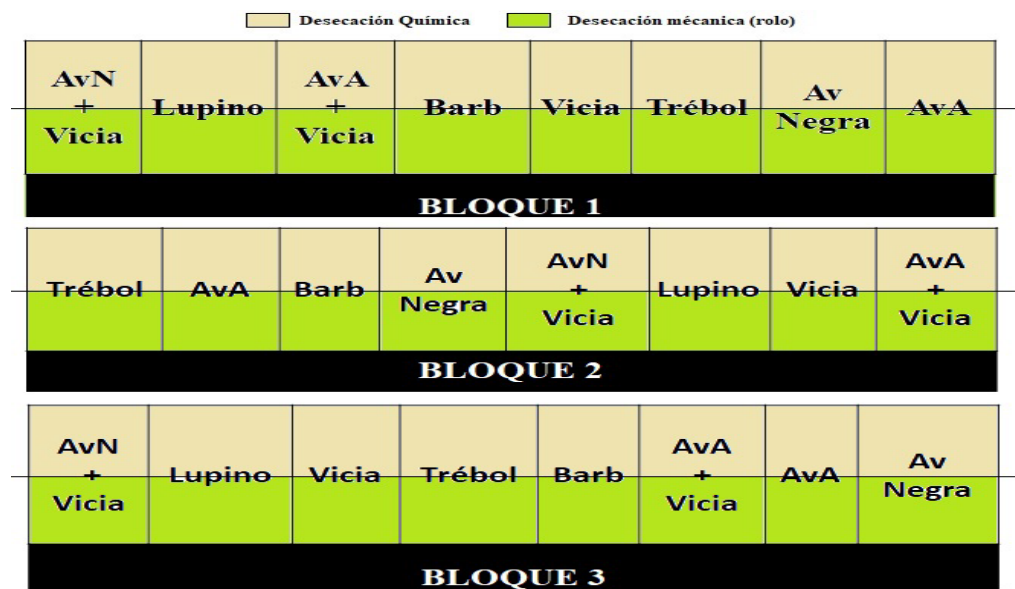
*Características de los tratamientos asociadas a densidades de siembra, especies utilizadas y fertilización*

| Tratamiento | Especie 1                    | Especie 2            | Código       | Densidad de siembra 1 Kg ha <sup>-1</sup> | Densidad de siembra 2 Kg ha <sup>-1</sup> | Fertilización* |
|-------------|------------------------------|----------------------|--------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|
| 1           | -                            | -                    | Barbecho     | -                                         | -                                         | No             |
| 2           | <i>Vicia villosa</i>         | -                    | Vicia        | 25                                        | -                                         | Si             |
| 3           | <i>Avena strigosa</i>        | -                    | Av Negra     | 40                                        | -                                         | Si             |
| 4           | <i>Lupinus angustifolius</i> | -                    | Lupino       | 120                                       | -                                         | Si             |
| 5           | <i>Trifolium resupinatum</i> | -                    | Trébol persa | 8                                         | -                                         | Si             |
| 6           | Av. <i>strigosa</i>          | <i>Vicia villosa</i> | Av N+ Vicia  | 30                                        | 25                                        | Si             |
| 7           | Av. <i>byzantina</i>         | <i>Vicia villosa</i> | AvB + Vicia  | 22,5                                      | 25                                        | Si             |
| 8           | Av. <i>byzantina</i>         | -                    | AvA          | 60                                        | -                                         | Si             |

*Nota.* Fertilización indica si se agregaron 100 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante 7-40 y 50 kg ha<sup>-1</sup> de Urea en caso de gramíneas puras.

Con el objetivo de desecar los bloques se dividieron en dos, convirtiendo el modelo en un DBCA en parcelas divididas. Se consideraron dos sistemas de desecación de los cultivos de servicio: desecación química con herbicidas y desecación mecánica con rolado.

**Figura 1**  
*Croquis del diseño experimental*



En la siguiente tabla se describen en forma detallada las actividades realizadas para la instalación y seguimiento del experimento.

**Tabla 2**  
*Actividades*

| FECHA      | ACTIVIDAD           | Principio activo – cultivo aplicado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13/05/2022 | Siembra             | Cultivos de servicio                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 13/05/2022 | Fertilización       | 100 kg ha <sup>-1</sup> de 7-40-0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 29/09/2022 | Desecación con rolo | Realizado en <i>Avena strigosa</i> 100% antesis, <i>Avena strigosa</i> + <i>Vicia villosa</i> 100% antesis, inicio de floración en <i>Vicia villosa</i> . <i>Lupinus angustifolius</i> comenzando a Formar grano.                                                                                                                                                                                                      |
| 29/09/2022 | Desecación química  | Sal glifosato 1440g ha <sup>-1</sup> , sal dimetilamina del ácido 2.4-D 1156g ha <sup>-1</sup> en <i>Avena strigosa</i> y <i>Lupinus angustifolius</i> .<br>Cletodim 192g ha <sup>-1</sup> en <i>Avena strigosa</i> + <i>Vicia villosa</i> .                                                                                                                                                                           |
| 17/10/2022 | Desecación química  | Sal glifosato 1440g ha <sup>-1</sup> Sal dimetilamina del ácido 2.4-D 1156g ha <sup>-1</sup> Cletodim 192g ha <sup>-1</sup> en <i>Avena byzantina</i> , <i>Avena byzantina</i> + <i>Vicia villosa</i> , <i>Trifolium resupinatum</i> , <i>Vicia villosa</i> y Barbecho.                                                                                                                                                |
| 17/10/2022 | Desecación con rolo | Sal glifosato 1440g ha <sup>-1</sup> Sal dimetilamina del ácido 2.4-D 1156g ha <sup>-1</sup> en <i>Avena strigosa</i> + <i>Vicia villosa</i><br><i>Avena byzantina</i> 100% antesis, <i>Avena byzantina</i> + <i>Vicia villosa</i> 100% antesis y 100% Floración respectivamente. También en <i>Trifolium resupinatum</i> y <i>Avena strigosa</i> + <i>Vicia villosa</i> 100% antesis y 100% floración respectivamente |
| 09/11/2022 | Desecación química  | Dicloruro de Paraquat 552g ha <sup>-1</sup> en Barbecho.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Al tratamiento testigo se le realizaron dos intervenciones químicas consecutivas con 21 días de intervalo entre ellas, en las cuales se aplicaron diferentes herbicidas al mismo lote. Esta técnica se conoce como doble golpe (Papa & Tuesca, s.f.), para este caso la primera aplicación de la técnica fue una mezcla de sal glifosato, sal dimetilamina del

ácido 2,4-D y cletodim, siendo la segunda aplicación con un herbicida con función desecante; dicloruro de paraquat.

En el rolado hay diferencias en días debido a que el objetivo buscado fue utilizar el implemento en el momento fisiológico adecuado según literatura para lograr buenos porcentajes de desecación.

### 3.3. DETERMINACIONES Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.

Las determinaciones realizadas fueron las siguientes:

- Biomasa seca producida: antes de la desecación de los ensayos se recolectó 4 muestras por bloque, utilizando un cuadrado de 0,160 m<sup>2</sup> de biomasa aérea por parcela. Las muestras obtenidas fueron sometidas a 60 °C durante 48 horas para estimar la producción de materia seca lograda a los 154 días post siembra (dps).
- Se estimó el porcentaje de cobertura ocupada por las especies de CS sembrados y las malezas. Para este fin se calculó el porcentaje del suelo cubierto por cada especie dentro del cuadro discriminando por cobertura seca y verde.
- A nivel del enmalezamiento, se realizaron 3 determinaciones que fueron contabilizadas en el tiempo como días post desecación (dpd) a los 25, 32 y 55 para *Avena strigosa* y *Bizantyna* y a los 0, 14 y 37 dpd para los demás tratamientos. En todos los casos se efectuaron 4 muestreos de 40 cm por 40 cm. Se estimó el grado de enmalezamiento contabilizando el número de malezas presentes dentro del cuadro discriminadas por especie (Tabla 3).

**Tabla 3**

*Actividades referidas a las determinaciones*

| Fecha      | Actividad          | Comentario                                                                                                                                                            |
|------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14/10/2022 | Primera evaluación | Se realizaron evaluaciones de cobertura y de enmalezamiento. Se realizaron cortes en todos los CC en verde para estimar materia fresca y materia seca pre-desecación. |
| 31/10/2022 | Segunda evaluación | Se realizaron evaluaciones de cobertura, estado del rastrojo (verde o seco) y de enmalezamiento.                                                                      |
| 23/11/2022 | Tercera evaluación | Se realizaron evaluaciones de cobertura, estado del rastrojo (verde o seco) y de enmalezamiento.                                                                      |

Hasta la primera determinación las variables medidas fueron evaluadas sobre la combinación de las 8 especies de CS, para la segunda y tercera determinación las variables fueron medidas sobre el CS sumándose el método de desecación, por lo tanto, se combinó tratamientos de CS con tratamientos de desecación, rolado mecánico y desecación química.

Para poder contar con los registros mensuales de temperaturas y precipitaciones del año en que se realizó el experimento, se recurrió a la información recabada por la Estación Meteorológica automática de EEMAC, la cual se encuentra a 1,5 km del sito experimental. Los registros históricos de precipitaciones se obtuvieron del Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET). Para así comparar el régimen climático del año en que se realizó el experimento, con los registros históricos.

### 3.4. PROCESAMIENTO DE DATOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL UTILIZADO.

El análisis del efecto de los tratamientos de desecación se realizó mediante un análisis de varianza con el programa informático INFOSTAT. Cuando se detectaron efectos significativos de tratamiento las medias fueron analizadas mediante el análisis comparativo múltiple de Tukey con un alfa de 5 %.

#### 3.3.1 Modelo estadístico

El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \gamma_k + \tau_i + (\gamma\tau)_{ki} + D_j + (\tau D)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Siendo  $Y_{ijk}$  las observaciones de la unidad experimental,  $\mu$  la media general,  $\gamma_k$  el efecto de los bloques,  $\tau_i$  el efecto de los CS,  $(\gamma\tau)_{ki}$  el error de la parcela grande (CS),  $D_j$  el efecto de la metodología de desecación  $(\tau D)_{ij}$  el efecto de interacción CS x metodología de desecación y  $\epsilon_{ijk}$  el error de la subparcela.

Este modelo cumple con los supuestos de que para la condición de parcela grande los errores son variables aleatorias independientes, idénticas, con distribución normal, con media 0 y varianza de error de la parcela grande. Y para la parcela chica cumple con los supuestos de que los errores son variables aleatorias independientes, idénticas, con distribución normal, con media 0 y varianza de error de la subparcela ( $p \leq 0,05$ ).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

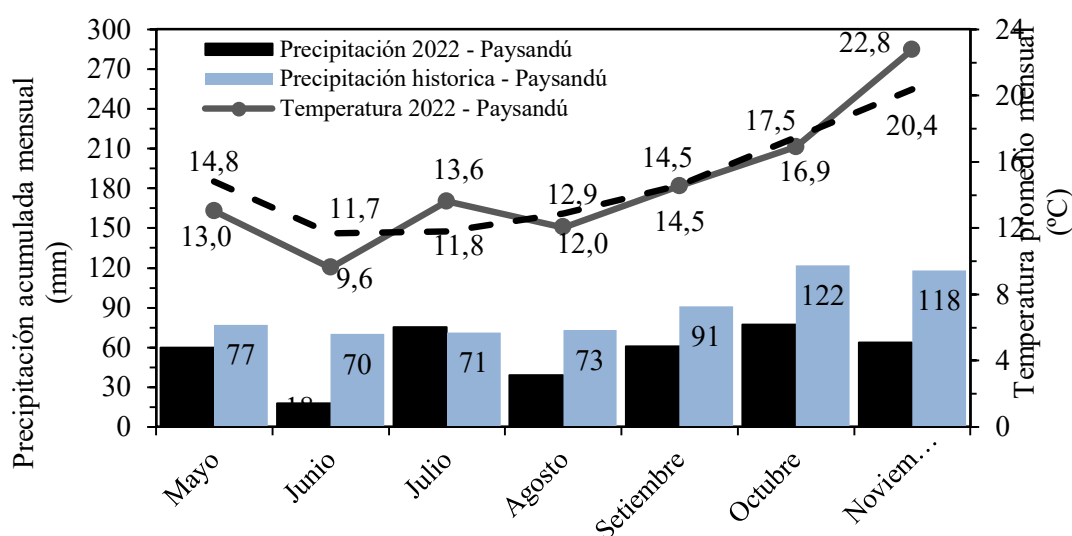
### 4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL PERÍODO DE ESTUDIO.

Las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo fueron anormales en comparación con el registro histórico, 1991-2020 (INUMET, s.f.) (Figura 2). El régimen de precipitaciones del ejercicio 2022 obtenidos de la estación meteorológica de la EEMAC, fueron inferiores a la media en casi todos los meses, esto se vio especialmente acentuado entre los meses de junio de 2022 a noviembre de 2022, periodo en el cual se desarrollaron los CS. Las precipitaciones ocurridas durante el año del ensayo sumaron 806 mm contrastando con la media histórica para la zona, 1291 mm por año. Durante los meses en los cuales transcurrió el desarrollo de los CS estuvieron 46% por debajo de la normal.

En referencia a las temperaturas se caracterizó por ser un período con meses de mayo y junio más fríos de lo normal, con una media menor a la histórica en 2,0 °C. Para los meses de julio, agosto, septiembre y octubre coincidieron temperaturas medias iguales a la media histórica llegando a noviembre donde la media estuvo 2,4 °C por encima de lo normal.

**Figura 2**

*Caracterización climática del periodo en estudio e histórica (1991-2020)*



*Nota.* Adaptado de INUMET (s.f.) [Temperatura media y precipitación acumulada]

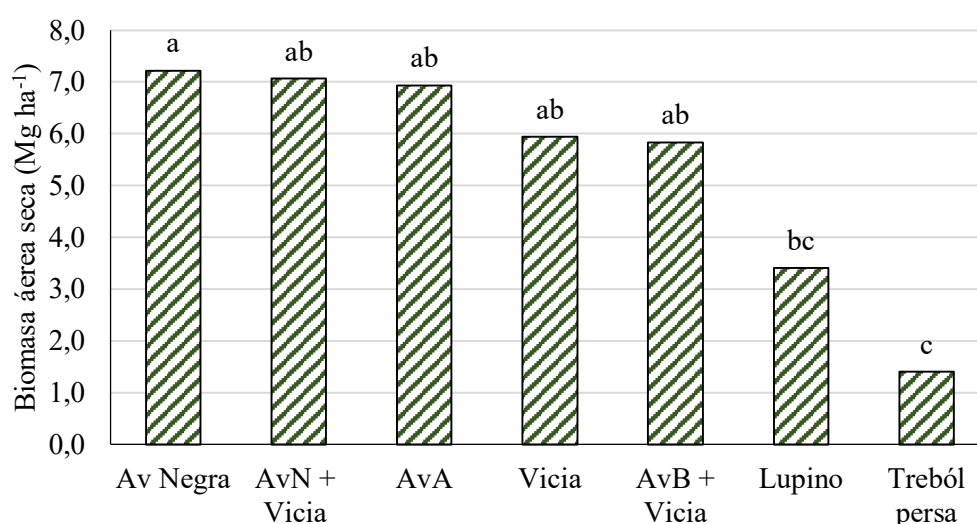
## 4.2. PRIMERA EVALUACIÓN: PRE-DESECACIÓN DE LOS CS

### 4.2.1 Biomasa y cobertura del suelo generada por los CS.

Existieron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en la producción de biomasa seca de los distintos CS. Las leguminosas Lupino y Trébol persa fueron los CS con menor nivel de productividad. Mientras que aquellos CS que incluyeron el género Avena y Vicia ya sea puro o en mezcla fueron los que alcanzaron mayor biomasa seca aérea (Figura 3).

**Figura 3**

*Biomasa seca ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) producida según tratamiento a supresión*



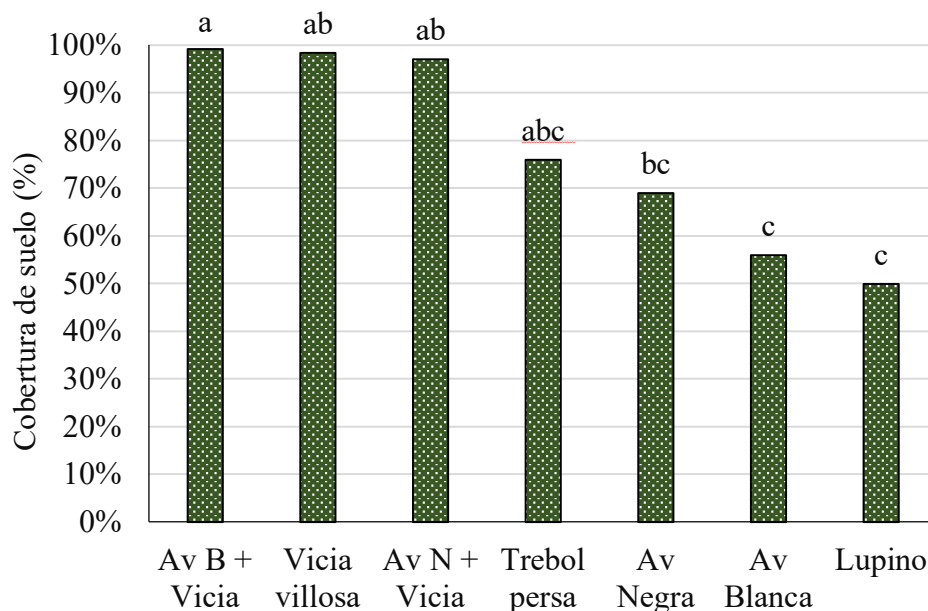
*Nota.* Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

La producción de biomasa de los CS se encontró dentro de valores reportados por otros autores (De Sá Pereira et al., 2017). Al igual que Finney et al. (2016), las mezclas de CS de gramíneas y leguminosas alcanzaron producciones similares a las gramíneas puras más productivas. En el caso de *Vicia villosa*, esta logró el mismo nivel de producción que las gramíneas, diferenciándose de las otras leguminosas. La biomasa producida es una variable relevante para la evaluación de los CS ya que se correlaciona con múltiples servicios ecosistémicos, como la regulación de la población de malezas (Dorn et al., 2015). A mayores niveles de biomasa producida, mayores son las posibilidades de obtener un control exitoso de malezas (*Cultivos de servicios*, 2022; Kahl et al., 2021).

Existieron diferencias significativas en la cobertura del suelo ( $p \leq 0,05$ ) entre los diferentes CS. Siendo superior en aquellos tratamientos que incluyeron avena en mezcla con vicia e inferior en avenas puras y lupino (Figura 4).

**Figura 4**

*Cobertura de suelo por tratamiento a supresión*



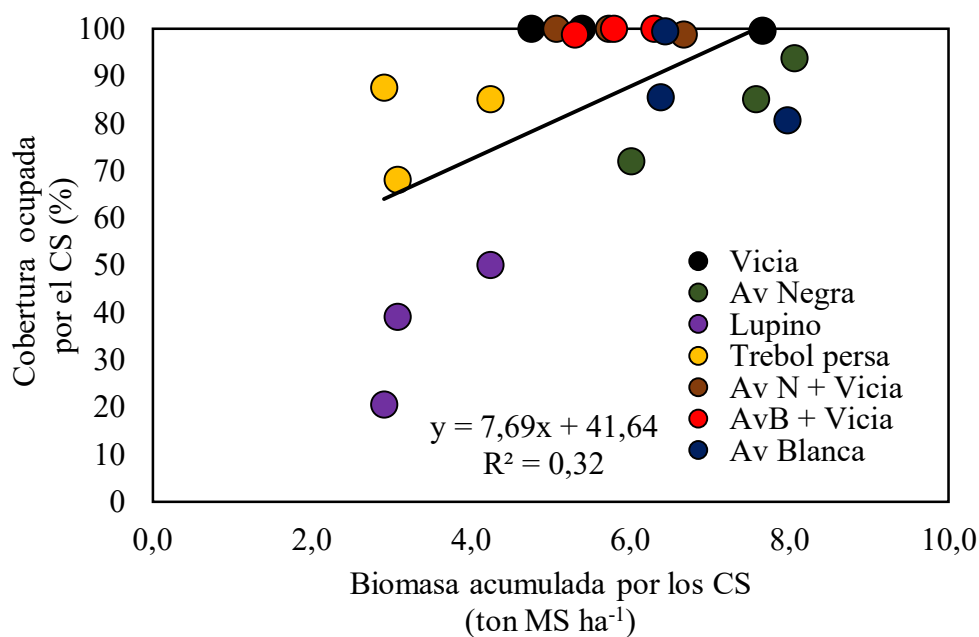
*Nota.* Letras indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

El ajuste de la relación muestra que el aumento en cobertura de los CS está explicado en un 32% por la acumulación de biomasa (Figura 5). A pesar de esta correlación positiva, existen diferencias en la capacidad de cobertura entre especies con valores de biomasa similares, lo que muestra el impacto del hábito de crecimiento y la arquitectura de cada especie. Por ejemplo, Vicia logró niveles de cobertura superiores al 90% con acumulaciones de biomasa alrededor de 5 ton MS ha<sup>-1</sup>, mientras que especies como lupino y trébol persa, con biomasa similar, alcanzaron solo coberturas entre el 40% y el 60%.

El tipo de crecimiento rastrero y denso de Vicia le permite una mejor cobertura del suelo, incluso con una acumulación moderada de biomasa. En contraste, las gramíneas como AvB y AvN aunque alcanzan altos niveles de cobertura (cerca del 100%), dependen más de la acumulación de biomasa, que en este caso superó las 7 ton MS ha<sup>-1</sup>.

**Figura 5**

*Biomasa seca acumulada 154 días post siembra y niveles de cobertura ocupados por los CS*



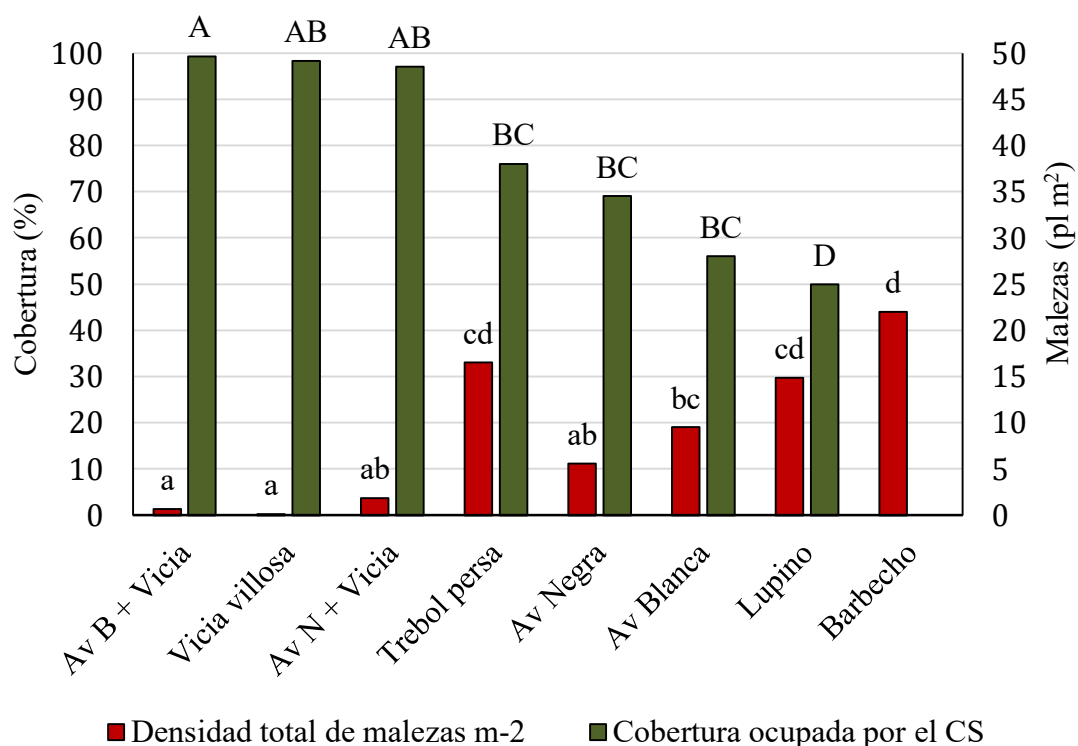
A 154 días post siembra, varias especies presentan diferencias en la cobertura debido al alargamiento de entrenudos en gramíneas, que genera espacios en el suelo expuesto. Sin embargo, mezclas como AvN + Vicia muestran un comportamiento sinérgico, alcanzando alta cobertura (más del 90%) con menor acumulación de biomasa que las gramíneas puras, lo que sugiere ventajas agronómicas al combinar hábitos de crecimiento complementarios.

#### 4.2.2 Enmalezamiento en pre-dsecación de los CS

Se detectaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ), en cuanto a densidad total de malezas ( $\text{pl m}^{-2}$ ). Los tratamientos que incluyeron Vicia mostraron un buen desempeño. Mientras que Lupino, Trébol y barbecho fueron los que mostraron un peor resultado respecto a la densidad de malezas ( $p \leq 0,05$ ). Las gramíneas puras exhibieron un comportamiento intermedio (Figura 6).

**Figura 6**

*Efectividad de los CS en cobertura de suelo y supresión de malezas pre-dsecacion*



*Nota.* Letras diferentes dentro de un mismo tratamiento indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

Todos aquellos tratamientos que lograron niveles de cobertura de suelo  $\geq 70\%$ , no presentaron diferencias significativas en supresión de malezas. Los CS que generaron menores coberturas de suelo y producción de biomasa como Lupino y el Barbecho (testigo) fueron los que presentaron mayores niveles de densidad de malezas.

El valor superior en la densidad de malezas de Trébol persa y Lupino se explica por la menor cobertura que permitió que la luz alcanzara las semillas de malezas en el

suelo, promoviendo su germinación y resultando en un mayor enmalezamiento como también concluyen Teasdale y Rosecrance (2003).

Se observó una baja presencia de malezas gramíneas en todas las parcelas sin encontrarse diferencias significativas entre tratamientos ( $p > 0,05$ ) (Tabla 4).

**Tabla 4**

*Composición del enmalezamiento pre-dsecación*

| Especies      | Densidad hojas anchas<br>(pl. m <sup>-2</sup> ) | Densidad gramíneas<br>(pl. m <sup>-2</sup> ) |
|---------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Av B + Vicia  | 1,3 <sup>a</sup>                                | 0,0 <sup>a</sup>                             |
| Vicia villosa | 0,3 <sup>a</sup>                                | 0,0 <sup>a</sup>                             |
| Av N + Vicia  | 0,0 <sup>a</sup>                                | 3,7 <sup>a</sup>                             |
| Trebol persa  | 26,7 <sup>bc</sup>                              | 6,3 <sup>a</sup>                             |
| Av Negra      | 10,5 <sup>ab</sup>                              | 0,7 <sup>a</sup>                             |
| Av Blanca     | 18,3 <sup>bc</sup>                              | 0,7 <sup>a</sup>                             |
| Lupino        | 23,3 <sup>bc</sup>                              | 6,3 <sup>a</sup>                             |
| Barbecho      | 38,3 <sup>c</sup>                               | 5,7 <sup>a</sup>                             |

*Nota.* Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

Respecto a la variable densidad de malezas de hoja ancha, el tratamiento con AvN presentó diferencias significativas con el testigo ( $p \leq 0,05$ ), mientras el tratamiento con AvB no lo hizo. En el caso de las malezas de hoja ancha invernales, esto podría estar explicado por el vigor inicial diferencial entre estas dos especies del mismo género. Dentro del género avena, *Avena strigosa* (Avena negra) es la que más se destaca en esta característica (Perrachon, 2009). Si bien ambos CS acumularon similares cantidades de biomasa al momento de ser desecados, el tratamiento con *Avena strigosa* (Avena negra), fue capaz de generar mayores niveles de cobertura de suelo, lo que podría haber explicado la supresión de malezas de hoja ancha de ciclo estival.

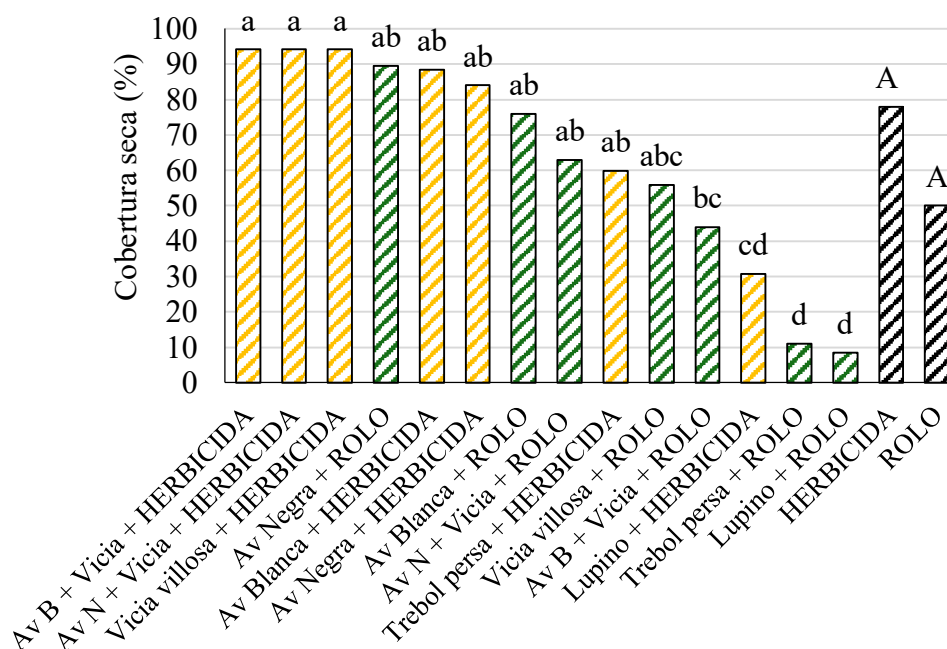
### 4.3 SEGUNDA EVALUACIÓN: 32 DÍAS POST DESECACIÓN

#### 4.3.1 Efectividad de la tecnología de desecación sobre los cultivos de servicio

Existieron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre interacciones de tecnología de desecación con los distintos CS.

**Figura 7**

*Efectividad de las tecnologías de desecación 32 Dpd*



*Nota.* Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ), colores diferentes indican métodos de desecación.

Según Kelly et al. (1996), la superioridad de la desecación química, combina alta efectividad, simplicidad y rapidez de acción, explicando su amplia adopción en los sistemas agrícolas. A pesar de esto, los resultados 32 días post-desecación revelan que, no existió diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre ambos métodos de desecación.

Se observaron interacciones entre métodos de desecación y CS, donde se destaca que fue más eficiente desecar el CS de AvB+Vicia con herbicida que, mediante rolo. Otra interacción similar ocurre al desecar el Trébol persa con herbicida, donde se obtuvieron mejores resultados de desecación que con la utilización de la desecación mecánica.

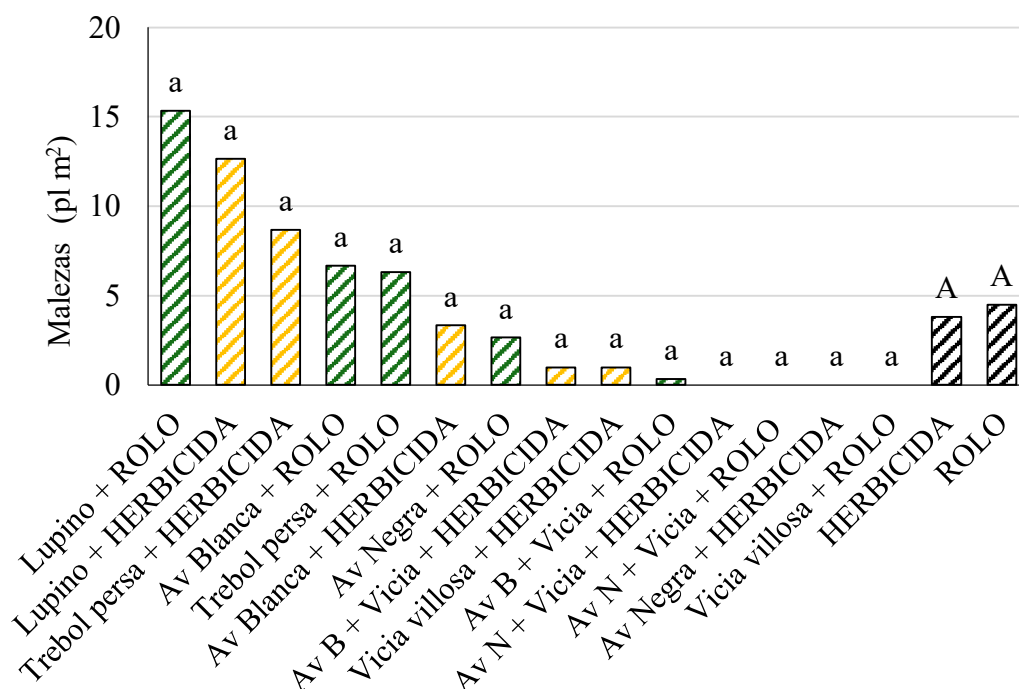
Las peores combinaciones de tratamientos se observaron al desecar el Lupino y el Trébol persa mediante rolado, lo que destaca la dificultad de este método para desecar leguminosas.

#### 4.3.2 Efecto de la tecnología de desecación sobre el enmalezamiento.

No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre las tecnologías de desecación en cuanto a su efecto en la densidad de malezas ( $\text{pl m}^{-2}$ ) ni entre la interacción de la tecnología con los CS.

**Figura 8**

*Efecto de las tecnologías de desecación sobre el enmalezamiento 32 Dpd*



*Nota.* Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

Las parcelas con mayores densidades de malezas corresponden a aquellas que presentaban un mayor grado de enmalezamiento previo a la aplicación de las tecnologías de desecación, no se observaron efectos del método de desecación sobre el enmalezamiento (Figura 7).

Referido a la composición del enmalezamiento (hojas anchas o gramíneas) existieron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) para hojas anchas según el CS empleado y el enmalezamiento por especies gramíneas fue bajo en general sin diferir significativamente ( $p > 0,05$ ) entre los CS (Tabla 5).

**Tabla 5**  
*Composición del enmalezamiento 32 (dpd)*

| Especies      | Especies hojas anchas (pl m <sup>2</sup> ) | Especies Gramíneas (pl m <sup>2</sup> ) |
|---------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Vicia villosa | 0,5 <sup>a</sup>                           | 0,0 <sup>a</sup>                        |
| Av B + Vicia  | 0,7 <sup>a</sup>                           | 0,0 <sup>a</sup>                        |
| Av N + Vicia  | 0,7 <sup>a</sup>                           | 0,0 <sup>a</sup>                        |
| Av Negra      | 2,6 <sup>ab</sup>                          | 0,3 <sup>a</sup>                        |
| Av Blanca     | 9,7 <sup>abc</sup>                         | 0,3 <sup>a</sup>                        |
| Trébol persa  | 12,3 <sup>bc</sup>                         | 2,7 <sup>a</sup>                        |
| Lupino        | 24,5 <sup>c</sup>                          | 3,2 <sup>a</sup>                        |
| Barbecho      | 4,7 <sup>d</sup>                           | 1,0 <sup>a</sup>                        |

*Nota.* Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

Dentro de la predominancia de especies de hoja ancha, especialmente *Conyza spp.* (especie estival) y *Silene gallica* (especie invernol) son las que se encontraron en mayor frecuencia, siendo las principales contribuyentes a la infestación observada.

La maleza que tomó mayor relevancia por frecuencia de aparición fue *Conyza spp.* Si bien es una maleza invernol, también presenta flujos de germinación a comienzos de primavera. Los CS que presentaron menores niveles de cobertura del suelo, y que luego de la desecación se tradujeron en bajos niveles de rastrojo, permitieron que la radiación alcanzara las semillas de esta maleza, induciendo su germinación. En los tratamientos con lupino, el 68% del enmalezamiento estaba compuesto por *Conyza spp.*, mientras que en trébol persa este valor fue del 55% (Figura 10).

**Figura 9**

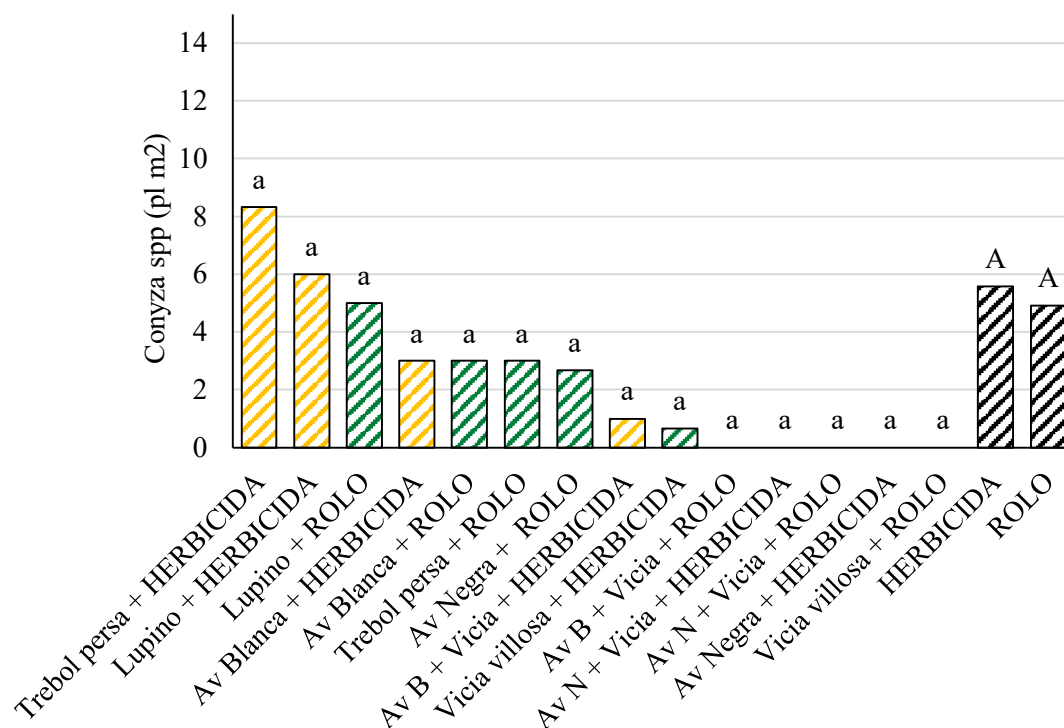
*Demostración ilustrativa de las tecnologías de desecación 32 dpd (Av Blanca)*



No se observaron diferencias estadísticas significativas en la densidad de *Conyza spp.* ( $p > 0.05$ ) entre los distintos tratamientos de desecación y cultivos de servicio evaluados. En general, los tratamientos con Vicia, tanto en monocultivo como en mezcla con gramíneas, presentaron las menores densidades de *Conyza spp.*, sin diferencias entre los métodos de desecación utilizados.

**Figura 10**

*Densidad de Conyza spp según la interacción de las tecnologías de desecación y los CS*



*Nota.* Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

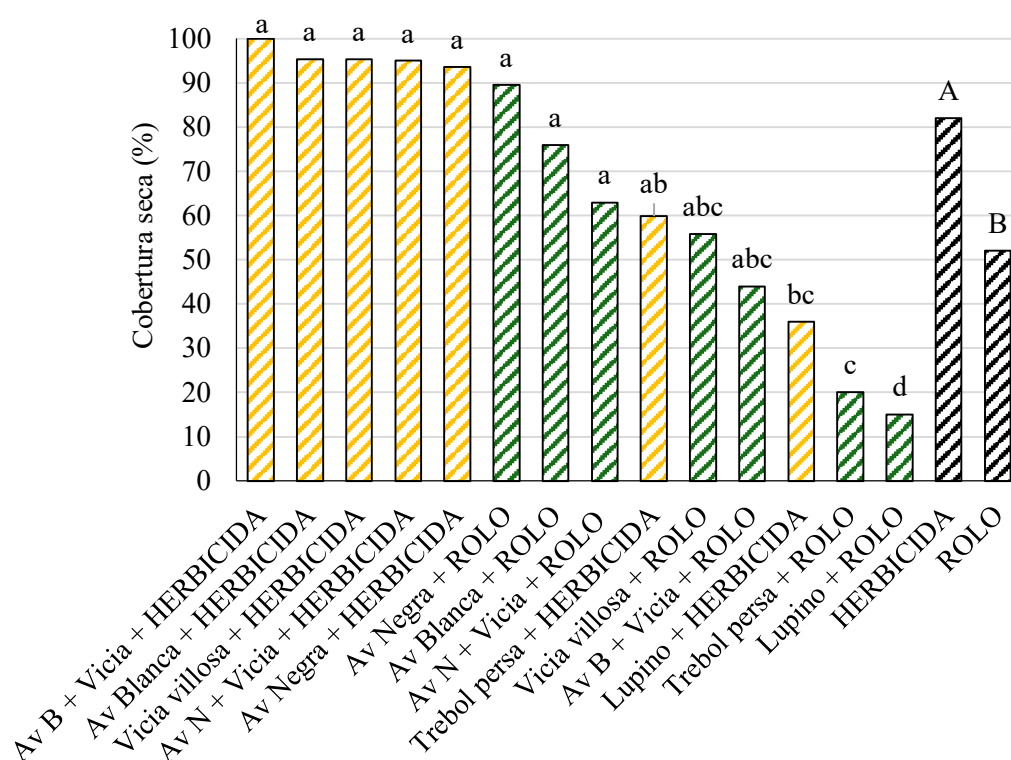
#### 4.4 TERCERA EVALUACIÓN: 55 DÍAS POST DESECACIÓN

##### 4.4.1 Efectividad de la tecnología de desecación sobre los cultivos de servicio

Existieron diferencias significativas entre las distintas metodologías de desecación ( $p \leq 0,05$ ), y en la interacción con los CS medida como cobertura seca del CS (%) luego de la desecación.

**Figura 11**

*Efectividad de las tecnologías de desecación 55 Dpd*



*Nota.* Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

Los tratamientos con herbicida (en amarillo) presentaron, en general, una eficacia significativamente mayor, logrando porcentajes de desecación cercanos al 100% en la mayoría de las combinaciones. La peor combinación fue el tratamiento con Lupino+Rolo, presentando diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) con los demás tratamientos, sin embargo, cuando se combina Lupino+Herbicida, se observa una mejoría significativa en la eficacia de desecación, aunque sigue siendo menor que los demás tratamientos, lo cual destaca la dificultad de la especie para ser desecada.

La interacción del Trébol persa+Rolo, también se destaca por su poca eficacia de desecación diferenciándose estadísticamente de la mayoría de los tratamientos, sin

embargo, cuando es desecado mediante herbicidas, presenta buenos niveles de desecación, sin diferenciarse de las demás combinaciones que presentaron los mejores resultados; Como fueron, todos los tratamientos compuestos por gramíneas puras, o en mezcla con Vicia, o incluso Vicia pura, los cuales no presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) al ser desecadas con un método u otro.

Por otro lado, los tratamientos con rolo evidenciaron una mayor variabilidad en la eficacia, alcanzando valores entre el 20% y el 80% de cobertura seca, dependiendo de la especie o combinación evaluada. Como ya mencionado anteriormente las bajas eficacias que se observaron en los tratamientos Lupino + rolo y Trébol persa + rolo, podría deberse a las características morfológicas de estas especies, como tallos flexibles y una mayor capacidad de rebrote. En contraste, combinaciones como Avena + vicia respondieron mejor a ambas tecnologías, lo que sugiere una mayor susceptibilidad de estas especies tanto al aplastamiento mecánico del rolo como a la acción química del herbicida.

La eficacia del rolo presenta una mayor dependencia de factores ambientales, los cuales, en el año, y más específicamente, en el mes en que se realizó la desecación, se caracterizó por temperaturas por encima y precipitaciones por debajo de las medias históricas. La eficacia de desecación también depende del momento de aplicación. Según Mischler et al. (2010) y Ashford y Reeves (2003), el rolo es más efectivo cuando las gramíneas están en etapas fenológicas avanzadas (floración o inicio de senescencia), debido a la mayor lignificación de los tallos.

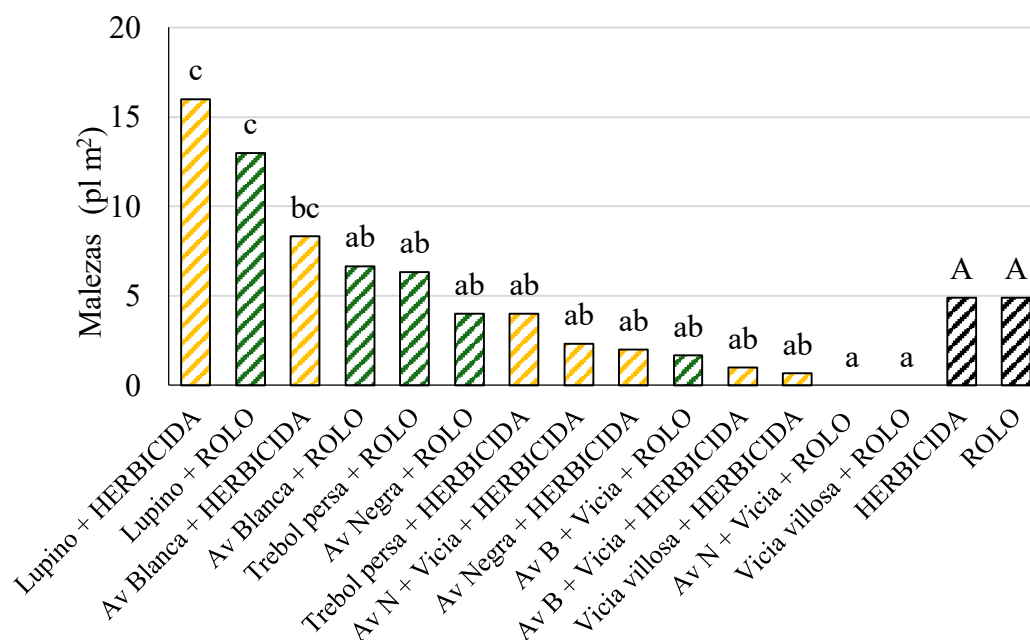
Las leguminosas, como trébol o lupino, presentan una menor susceptibilidad debido a sus tallos más flexibles y a su capacidad de rebrote, lo cual coincide con los resultados observados en este estudio, para estas especies Creamer y Dabney (2002), recomiendan un estado de floración con vainas pequeñas para realizar el rolado. Además, Mirsky et al. (2009) enfatizan que la morfología de las especies, como el grosor y la rigidez de los tallos, es un factor importante que explica las diferencias en la eficacia de desecación entre gramíneas y leguminosas. El estado de los CS, tanto gramíneas como leguminosas al momento del rolado en este experimento, coincidió con el estado óptimo recomendado por la bibliografía.

#### 4.4.2 Efecto de la tecnología de desecación sobre el enmalezamiento

No se detectaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en el enmalezamiento entre ambos métodos de desecación en general, si existieron diferencias para la interacción entre tecnologías de desecación y los CS.

**Figura 12**

*Efecto de las tecnologías de desecación 55 Dpd*



*Nota.* Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

Si bien la cantidad de malezas varió según la interacción entre CS y la tecnología de desecación utilizada, cuando se considera exclusivamente el efecto de las tecnologías (rolo vs. herbicida), no se observaron diferencias significativas en el control de malezas, ya que ambas lograron un enmalezamiento bajo. Esto sugiere que tanto el rolo como el herbicida pueden ser herramientas eficaces para el manejo de malezas, aunque su efectividad depende del tipo de cultivo de servicio.

Estos resultados destacan la importancia de la cobertura del suelo en el mantenimiento del barbecho limpio a largo plazo. La falta de cobertura en ciertos CS, como el lupino, facilitó el enmalezamiento 55 días dpd, cuando ya no había residualidad de los herbicidas. Esto indica que, independientemente de la tecnología de desecación utilizada, la presencia de una cobertura permanente es clave para reducir la emergencia de malezas. En este sentido, los tratamientos con Vicia o mezclas con avena mostraron

menores niveles de enmalezamiento, lo que resalta su efectividad para cubrir el suelo y mantener el control de malezas a lo largo del tiempo.

Referido a la composición del enmalezamiento como en la anterior evolución (32dpd) existieron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) para hojas anchas según el CS empleado y el enmalezamiento por especies gramíneas fue bajo en general sin diferir significativamente ( $p > 0,05$ ) entre los CS (Tabla 6).

**Tabla 6**  
*Composición del enmalezamiento a los 55 Dpd*

| <b>Especies</b> | <b>Especies hojas anchas m<sup>2</sup></b> | <b>Especies Gramíneas m<sup>2</sup></b> |
|-----------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Vicia villosa   | 0,3 <sup>a</sup>                           | 0,0 <sup>a</sup>                        |
| Av N + Vicia    | 1,5 <sup>a</sup>                           | 0,5 <sup>a</sup>                        |
| Av B + Vicia    | 2,5 <sup>a</sup>                           | 0,5 <sup>a</sup>                        |
| Av Negra        | 5,7 <sup>ab</sup>                          | 0,3 <sup>a</sup>                        |
| Trebol persa    | 9,2 <sup>ab</sup>                          | 0,8 <sup>a</sup>                        |
| Av Blanca       | 15 <sup>ab</sup>                           | 0,0 <sup>a</sup>                        |
| Lupino          | 25,2 <sup>c</sup>                          | 3,8 <sup>a</sup>                        |
| Barbecho        | 27,7 <sup>c</sup>                          | 1,0 <sup>a</sup>                        |

*Nota.* Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

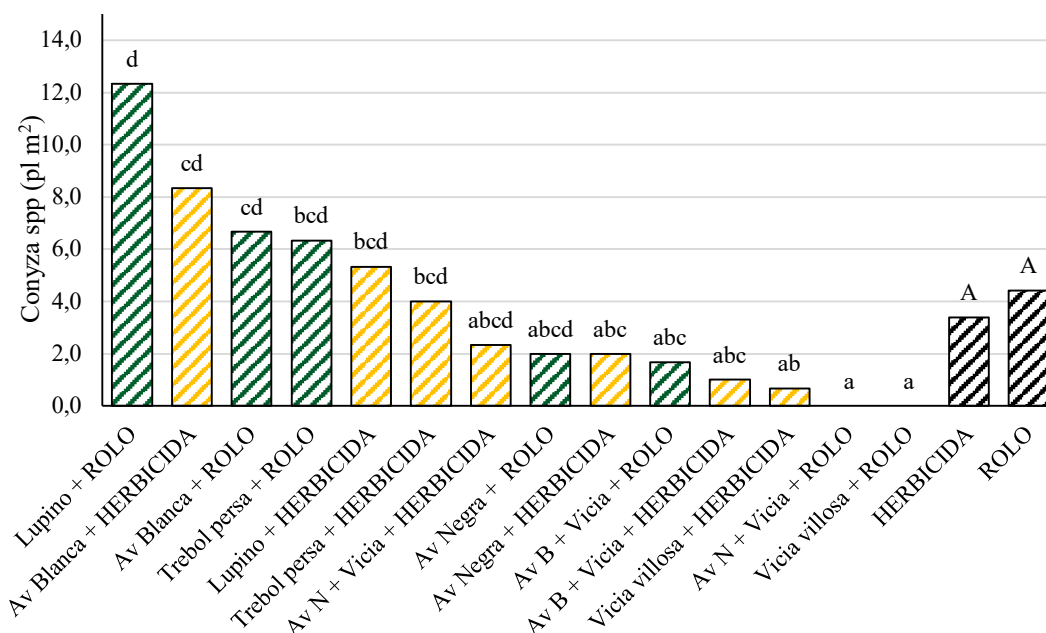
El tratamiento con Lupino, a diferencia de las evaluaciones anteriores, finalizó el periodo de estudio sin presentar diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) con el tratamiento testigo en densidad de especie de hoja ancha (pl m<sup>2</sup>). Esto podría deberse a que sus bajos niveles de cobertura de suelo y la poca capacidad de competir por luz y recursos.

No existieron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) dentro de las tecnologías de desecación sobre la densidad de *Coniza spp* en general. Por otro lado, si se encontraron

diferencias significativas para la misma variable cuando se estudió la interacción entre las tecnologías de desecación y los CS.

**Figura 13**

*Densidad de Conyza spp según la interacción de las tecnologías de desecación y los CS*



*Nota.* Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

El lupino desecado con rolo presentó la mayor densidad de *Conyza spp.* (13 pl m<sup>-2</sup>), lo que indica que la tecnología de desecación tuvo un efecto determinante en este caso. Por otro lado, la vicia villosa y las mezclas de avena y vicia desecadas con rolo mostraron las menores densidades de *Conyza spp.*, con valores cercanos a cero.

Estos resultados sugieren una vez más que la efectividad del rolo como tecnología de desecación depende en gran medida del cultivo de servicio utilizado y su capacidad de competencia con las malezas. En algunos casos, como vicia, la cobertura residual generada tras el rolado pudo haber inhibido la emergencia de *Conyza spp.* Sin embargo, en otros cultivos como el lupino, la desecación con rolo no fue suficiente para controlar la maleza, lo que podría estar relacionado con una menor biomasa residual o con la velocidad de descomposición de los residuos.

## 5. CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de desecación entre las dos tecnologías evaluadas ( $p < 0,05$ ). El herbicida permitió una desecación más rápida, mientras que el rolado presentó una tasa de secado más lenta, aunque en algunos tratamientos alcanzó niveles finales de desecación similares. No obstante, la efectividad del rolado fue variable y dependió de la biomasa y la arquitectura del cultivo de servicio (CS), lo que indica que su desempeño no es uniforme en todos los casos.

Los resultados confirmaron la segunda hipótesis, evidenciando que la efectividad de la desecación dependió del cultivo de servicio utilizado. Dado que el rolado se realizó en el momento fenológico adecuado, las diferencias observadas responden a la interacción entre el método de desecación y la arquitectura del CS. En especies con tallos lignificados, como avena en floración, el rolado alcanzó niveles de desecación similares al herbicida, aunque en un período de tiempo mayor. En contraste, especies con tallos flexibles y capacidad de rebrote, como *Vicia villosa*, mantuvieron una mayor proporción de cobertura verde tras el rolado. Esto evidencia que, si bien el rolado puede lograr el mismo nivel de desecación que el herbicida, su eficacia depende del tipo de CS utilizado.

Cumpliendo con la tercera hipótesis planteada no existieron diferencias significativas entre las tecnologías de desecación en general, aunque si existieron diferencias en la interacción con los CS. Los resultados evidencian que la elección del CS es un factor determinante tanto para la desecación como para la supresión de malezas. La combinación de gramíneas y leguminosas, particularmente Vicia con avena, optimizó ambos procesos, logrando alta cobertura y menor densidad de malezas.

Asimismo, el rolado puede ser una alternativa viable al herbicida, pero su efectividad está condicionada por el tipo de CS utilizado, lo que refuerza la importancia de una selección adecuada según el sistema productivo.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, E., & Silva, P. (2003). *Agronomía de la cero labranza*. Universidad de Chile.

<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/169992>

Ahunchain Crusich, J., Felló Rivero, L., & Soba Bentancur, M. (2022). *Cobertura del suelo, captura y uso de la radiación y el agua, por vicia y centeno como antecesor de soja* [Trabajo final de grado, Universidad de la República].

Colibri.

<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/32807/1/AhunchainCrusichJuan.pdf>

Akemo, M. C., Regnier, E. E., & Bennett, M. A. (2000). Weed suppression in spring-sown rye (*Secale cereale*)-pea (*Pisum sativum*) cover crop mixes. *Weed Technology*, 14(3), 545-549.

Álvarez, C., Scianca, C., Barraco, M., & Díaz-Zorita, M. (2006). Impacto de cereales de cobertura sobre propiedades edáficas y producción de soja. En Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (Ed.), *Reunión de suelos de la Región Andina: Resúmenes* (p. 424).

Arza, A., Costa, L., González, H., & Moreira, F. (2022). *Efecto de niveles crecientes de inclusión de grano de lupino (*Lupinus angustifolius*) en dietas de terminación sobre la performance a corral y a la faena de novillos Hereford* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.

<https://hdl.handle.net/20.500.12008/36536>

- Ashford, D. L., & Reeves, D. 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. <https://doi.org/10.1079/AJAA200232>
- Bacigaluppo, S., Enrico, J. M., Estancich, E. P., Kehoe, E., Garcia, A., Lago, M. E., Papa, J. C., Rótolo, G. C., Sanmarti, N., & Salvagiotti, F. (2020). La intensificación sustentable de la producción, los servicios ecosistémicos y los cultivos de cobertura. *Para Mejorar la Producción*, (59), 179-191.
- Baigorria, T., Alvarez, C., Cazorla, C., Belluccini, P., Aimetta, B., Pegoraro, V., Boccolini, M., Conde, B., Faggioli, V., Ortiz, J., & Tuesca, D. (2019). Impacto ambiental y rolado de cultivos de cobertura en producción de soja bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo*, 37(2), 355-366.  
[https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672019000200013&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672019000200013&script=sci_arttext&tlng=en)
- Barrios, E., Ayala, W., Macedo, I., & Terra, J. (2014). Cultivos de cobertura en esquemas agrícolas: Resultados 2012-2013, 2013-2014. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Suelos, agua y rotaciones: Claves para la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios* (pp. 177-192).
- Bertolotto, M., & Marzetti, M. (2017). *Manejo de malezas problema: Cultivos de cobertura: Bases para su manejo en sistemas de producción*. AAPRESID.  
[https://issuu.com/aapresid/docs/aap-original\\_cultivos\\_de\\_cobertura](https://issuu.com/aapresid/docs/aap-original_cultivos_de_cobertura)
- Bird, G. W., & Ikerd, J. E. (1993). Sustainable agriculture: A twenty-first-century system. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 529(1), 92-102. <https://doi.org/10.1177/0002716293529001009>

Capurro, J., Dickle, M. J., Ninfi, D., Zazzarini, A., Tosi, E., & González, M. C. (2012).

Vicia y avena como cultivos de cobertura en maíz. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, (6), 20-22. <https://fertilizar.org.ar/wp-content/uploads/2012/06/20.pdf>

Carfagno, P., Eiza, M., Babinec, F., & Quiroga, A. (2013). Inclusión de cultivos de cobertura en la dinámica hídrica de Hapludoles y Haplustoles del oeste de la provincia de Buenos Aires y noreste de La Pampa. En C. Álvarez, A. Quiroga, D. Santos, & M. Bodrero (Eds.), *Contribución de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción* (pp. 36-49). INTA.

Carfagno, P., Eiza, M., Quiroga, A., Babinec, F., Chagas, C., & Michelena, R. (2013). Agua disponible en monocultivos de soja con cultivos de cobertura y barbechos reducidos en la región semiárida y subhúmeda pampeana. *Ciencia del Suelo*, 31(1), 67-81.

Cazorla, C. R., Cisneros, J. M., Moreno, I. S., & Galarza, C. M. (2017). Mejora en el carbono del suelo y estabilidad de agregados por fertilización y cultivos de cobertura. *Ciencia del Suelo*, 35(2), 301-313.  
<https://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v35n2/v35n2a10.pdf>

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. <https://doi.org/10.1079/AJAA20014>

*Cultivos de servicios: ¿Cómo maximizar su efecto en el control de malezas?* (2022, 30 de septiembre). AAPRESID. <https://www.aapresid.org.ar/blog/cultivos-servicios-maximizar-efecto-control-malezas>

- Curran, W., Ryan, M. R., & Mirsky, S. B. (2010). *Cover crop rollers for Northeastern grain production*. USDA. <https://www.kingsagriseeds.com/wp-content/uploads/2013/07/cover-crop-rollers-for-northeastern-grain-production.pdf>
- Da Silva, M. A. D., Da Silva, J. N., Alves, R. M., Gonçalves, E. P., & Viana, J. da S. (2021). Allelopathy of Caatinga species. *Research, Society and Development*, 10(4), Artículo e57610414328. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14328>
- Decreto Ley nº 15.239: *Declaración de interés nacional: Uso y conservación de los suelos y de las aguas superficiales destinados a fines agropecuarios* (1982). IMPO. <https://www.impo.com.uy/bases/decretos-ley/15239-1981>
- De Sá Pereira, E., Galantini, J., & Quiroga, A. (2017). Calidad de cultivos de cobertura en sistemas de siembra directa del sudoeste bonaerense. *Ciencia del Suelo*, 35(2), 337-350.
- Dorn, B., Jossi, W., & van der Heijden, M. G. A. (2015). Weed suppression by cover crops: Comparative on-farm experiments under integrated and organic conservation tillage. *Weed Research*, 55(6), 586-597. <https://doi.org/10.1111/wre.12175>
- Elhakeem, A., van der Werf, W., & Bastiaans, L. (2021). Radiation interception and radiation use efficiency in mixtures of winter cover crops. *Field Crops Research*, 264, Artículo e108034. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.108034>
- Finney, D. M., White, C. M., & Kaye, J. P. (2016). Biomass production and carbon/nitrogen ratio influence ecosystem services from cover crop mixtures. *Agronomy Journal*, 108(1), 39-52. <https://doi.org/10.2134/agronj15.0182>

- Frasier, I., Noellemeyer, E., Figuerola, E., Erijman, L., Permingeat, H., & Quiroga, A. (2016). High quality residues from cover crops favor changes in microbial community and enhance C and N sequestration. *Global Ecology and Conservation*, 6, 242-256. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2016.03.009>
- García, A., Jorajuría, P., Cabrera, M., & Kaspary, T. (2018). *Estimación de la reducción potencial en el uso de herbicidas a través del uso adecuado de los cultivos de cobertura: Efecto de la densidad de avena negra y el rolado como método de desecación sobre el control de malezas y el rendimiento de soja*. INIA. [https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/CdA\\_INIA\\_Informe\\_Final.pdf](https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/CdA_INIA_Informe_Final.pdf)
- García-Favre, J., Zanoniani, R., Cadenazzi, M., & Boggiano, P. (2017). Incidencia de variables biológicas y edáficas en el establecimiento de mezclas forrajeras. *Agro Sur*, 45(1), 3-10. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2017.v45n1-02>
- Ilardía, A., & Meirelles, F. (1998). *Efecto de dos materiales orgánicos y tres dosis de nitrógeno sobre la producción de frutilla* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Instituto Uruguayo de Meteorología. (s.f.). *Características climáticas*. <https://inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/caracteristicas-climaticas>
- Kahl, M., Ecclesia, R. P., Marnetto M. J., & Maydana, C. (2021). Supresión de malezas por los cultivos de servicio. *Serie Extensión INTA Paraná*, (88), 36-46. [https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/10717/INTA\\_CREntreRios\\_EEAParana\\_Kahl\\_M\\_Supresion\\_malezas\\_cultivos\\_servicio.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/10717/INTA_CREntreRios_EEAParana_Kahl_M_Supresion_malezas_cultivos_servicio.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

- Kaspar, T. C., Jaynes, D. B., Parkin, T. B., Moorman, T. B., & Singer, J. W. (2012). Effectiveness of oat and rye cover crops in reducing nitrate losses in drainage water. *Agricultural Water Management*, 110, 25-33.  
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.03.010>
- Kelly, T. C., Lu, Y.-C., & Teasdale, J. (1996). Economic-environmental tradeoffs among alternative crop rotations. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 60(1), 17-28. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(96\)01064-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(96)01064-X)
- Kunz, C., Sturm, D. J., Varnholt, D., Walker, F., & Gerhards, R. (2016). Allelopathic effects and weed suppressive ability of cover crops. *Plant, Soil and Environment*, 62(2), 60-66. <https://doi.org/10.17221/612/2015-PSE>
- León Segura, O. A. (2001). *Respuesta a la inoculación en dos especies de lupino (Lupinus albus L. y Lupinus angustifolius L.)* [Trabajo final de grado]. Universidad de Chile.
- Longás, M. de las M., Sabbatini, M. R., & Chantre Balacca, G. R. (2012). Efecto materno sobre la dormición en semillas de malezas. *AgroUNS*, (17), 13-16.  
[https://st02.uns.edu.ar/contenidos/documentos/1\\_AP\\_0\\_17.pdf](https://st02.uns.edu.ar/contenidos/documentos/1_AP_0_17.pdf)
- Maltese, N., & Mazzilli, S. R. (2024). Cultivo de lupino: Una alternativa promisorio para agroecosistemas de Uruguay. *Revista INIA*, (77), 37-41.
- Mazzilli, S. (2015). *Dinámica del carbono en sistemas agrícolas bajo siembra directa: Nuevas evidencias obtenidas mediante el uso de  $^{13}C$  sobre la importancia de las raíces, la calidad de los residuos y el laboreo* [Disertación doctoral]. Universidad de Buenos Aires.

- Mirsky, S. B., Curran, W. S., Mortensen, D. A., Ryan, M. R., & Shumway, D. L. (2009). Control of cereal rye with a roller/crimper as influenced by cover crop phenology. *Agronomy Journal*, 101(6), 1589-1596.  
<https://doi.org/10.2134/agronj2009.0130>
- Mischler, R. A., Curran, W. S., Duiker, S. W., & Hyde, J. A. (2010). Use of a rolled-rye cover crop for weed suppression in no-till soybeans. *Weed Technology*, 24(3), 253-261. <https://doi.org/10.1614/WT-D-09-00004.1>
- Morse, R. D. (1993). Components of sustainable production systems for vegetables conserving soil moisture. *HortTechnology*, 3(2), 211-214.  
<https://doi.org/10.21273/HORTTECH.3.2.211>
- Oliver Cortez, J. C. (2017). Producción de biomasa de Haba (Vicia faba L.) para abono verde bajo tres densidades de plantación en el Centro Experimental Cota Cota. *Apthapi*, 3(1), 39-49. [http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?pid=S2519-93822017000100004&script=sci\\_arttext&tIng=es](http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?pid=S2519-93822017000100004&script=sci_arttext&tIng=es)
- Osipitan, O. A., Dille, J. A., Assefa, Y., & Knezevic, S. Z. (2018). Cover crop for early season weed suppression in crops: Systematic review and meta-analysis. *Agronomy Journal*, 110(6), 2211-2221.  
<https://doi.org/10.2134/agronj2017.12.0752>
- Papa, J. C., & Tuesca, D. (s.f.). *El doble golpe como táctica para controlar malezas "difíciles": Características de una técnica poco comprendida*. INTA.  
[https://aws.agroconsultasonline.com/documento.html?op=d&documento\\_id=527](https://aws.agroconsultasonline.com/documento.html?op=d&documento_id=527)

- Peloché, D., Cordin, V., Cidade, G., González, E., Malarini, F., Mas, L., Moran, E., Pereyra, M., Sanchis, M., & Álvarez, S. (2022). Cultivos de servicio: Características de su adopción en los sistemas agrícolas. *Revista INIA*, (70), 97-101. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/16802/1/Revista-INIA-70-setiembre-2022-21.pdf>
- Perrachon, J. (2009). Pensemos en los verdeos de invierno. *Revista del Plan Agropecuario*, (132), 42-46. [https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R132/R\\_132\\_42.pdf](https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R132/R_132_42.pdf)
- Pinto, G., & Piñeiro, G. (2018, 5-6 de junio). *Cultivos de servicios: Una alternativa para el manejo de malezas* [Contribución]. II Congreso Argentino de Malezas, Rosario, Argentina. [https://www.researchgate.net/profile/Priscila-Pinto/publication/325933765\\_Cultivos\\_de\\_servicios\\_una\\_alternativa\\_para\\_el\\_manejo\\_de\\_malezas/links/5b2d3ee24585150d23c5ed1a/Cultivos-de-servicios-una-alternativa-para-el-manejo-de-malezas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Priscila-Pinto/publication/325933765_Cultivos_de_servicios_una_alternativa_para_el_manejo_de_malezas/links/5b2d3ee24585150d23c5ed1a/Cultivos-de-servicios-una-alternativa-para-el-manejo-de-malezas.pdf)
- Red de Cultivos de Servicios Aapresid - BASF: Informe avances de resultados 2023.* (2023). Aapresid. [https://issuu.com/aapresid/docs/revista\\_rcs\\_2023\\_aapresid](https://issuu.com/aapresid/docs/revista_rcs_2023_aapresid)
- Reddy, K. N. (2003). Impact of rye cover crop and herbicides on weeds, yield, and net return in narrow-row transgenic and conventional soybean (*Glycine max* L.). *Weed Technology*, 17(1), 28-35. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2003\)017\[0028:IORCCA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2003)017[0028:IORCCA]2.0.CO;2)
- Rubione, C. (s.f.). *Opciones de terminación de cultivos de servicios*. Maleza en foco. <https://www.malezaenfoco.com/herramientas-mim/cultivos-de-cobertura/opciones-de-terminacion-de-cultivos-de-servicios/>

- Ruiz, M., Kent, F., & Fontana, L. (2019). Vicias. En F. S. Kent (Ed.), *Forrajeras cultivadas anuales y perennes más difundidas en la provincia de La Pampa* (pp. 65-68). INTA.  
[https://www.researchgate.net/publication/337948538\\_Forrajeras\\_cultivadas\\_anuales\\_y\\_perennes\\_mas\\_difundidas\\_en\\_la\\_provincia\\_de\\_La\\_Pampa](https://www.researchgate.net/publication/337948538_Forrajeras_cultivadas_anuales_y_perennes_mas_difundidas_en_la_provincia_de_La_Pampa)
- Santanatoglia, O., Alvarez, R., Daniel, P. E., Brazzola, G., & García, R. (1989). Descomposición de rastrojo de trigo, respiración y biomasa microbiana bajo labranza convencional y siembra. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 48(5-12), 787-798.  
[https://digital.csic.es/bitstream/10261/219387/1/AnalesEdafologia\\_A1989\\_N5-12\\_TXLVIII.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/219387/1/AnalesEdafologia_A1989_N5-12_TXLVIII.pdf)
- Sassano, F. (2020). *Gestión de malezas con cultivos de cobertura* [Tesis de maestría, Universidad de Concepción del Uruguay, Hochschule Neubrandenburg]. RIUCU.  
<http://repositorio.ucu.edu.ar/jspui/bitstream/522/213/1/Sassano%20Federico%20Tesis%20Final.pdf>
- Satorre, E. H., Benech Arnold, R. L., Slafer, G. A., de la Fuente, E. B., Miralles, D. J., Otegui, M. E., & Savin, R. (2003). *Producción de granos: Bases funcionales para su manejo*. Universidad de Buenos Aires.
- Sène, M., Doré, T., & Gallet, C. (2000). Relationships between biomass and phenolic production in grain sorghum grown under different conditions. *Agronomy Journal*, 93(1), 49-54. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.93149x>

Smith, S. D., Strain, B. R., & Sharkey, T. D. (1987). Effects of CO<sub>2</sub> enrichment on four Great Basin grasses. *Functional Ecology*, 1(2), 139-143.

<https://doi.org/10.2307/2389717>

Teasdale, J. R., Brandsæter, L. O., Cavigari, A., & Skora Neto, F. (2007). Cover crops and weed management. En M. K. Upadhyaya & R. E. Blackshaw (Eds.), *Non-chemical weed management: Principles, concepts and technology* (pp. 49-64). CABI.

Teasdale, J. R., & Rosecrance, R. C. (2003). Mechanical versus herbicidal strategies for killing a hairy vetch cover crop and controlling weeds in minimum-tillage corn production. *American Journal of Alternative Agriculture*, 18(2), 95-102.

Vanzolini, J. I., Galantini, J., & Agamennoni, R. (2013). Cultivos de cobertura de Vicia villosa Roth. en el valle bonaerense del Río Colorado. En C. Álvarez, A. Quiroga, D. Santos, & M. Bordero (Eds.), *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción* (pp. 21-28). INTA.

Zibil, S., Zanoniani, R., Bentancur, O., Ernst, O., & Chilibróste, P. (2016). Control de intensidad de defoliación sobre la producción de forraje estacional y total en sistemas lecheros. *Agro Sur*, 44(2), 45-53.

<https://doi.org/10.4206/agrosur.2016.v44n2-06>