

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EFECTO RESIDUAL DE DISTINTOS CULTIVOS DE SERVICIO SOBRE EL
ENMALEZAMIENTO INVERNAL**

por

Agustina Soledad AZCOITÍA ARAMBURO

María Milagros GIUDICE BARBAGELATA

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2024

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por:

Directora:

Ing. Agr. MSc. Luciana Rey Arocena

Co-director:

Ing. Agr. MSc. Santiago Álvarez

Tribunal:

Grisel Fernández

Luciano Dabalá

Luciana Rey

Fecha: 04 de diciembre de 2024

Estudiante:

Agustina Soledad Azcoitia Aramburo

María Milagros Giudice Barbagelata

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, por su apoyo constante y por confiar siempre en nosotras, incluso en los momentos más desafiantes; y a los amigos por acompañarnos en cada paso de esta etapa.

A la Facultad de Agronomía y Estación Experimental “Dr Mario A. Cassinoni” por la oportunidad y el espacio para formarnos y desarrollar este proyecto.

A nuestra tutora, Ing. Agr. MSc. Luciana Rey, por su orientación, dedicación y compartir con nosotras su experiencia; y a nuestro co-tutor, Ing. Agr. MSc. Santiago Álvarez por sus aportes y participación.

A la Ing. Agr. Dra. Juana Villalba, Ing. Agr. Oscar Bentancur, a Téc. Patricia Choca y Lic. Mag. Carol Guillemintot por su colaboración, quienes nos brindaron su apoyo y generosidad.

TABLA DE CONTENIDO

<i>PÁGINA DE APROBACIÓN</i>	2
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	3
<i>LISTA DE TABLAS Y FIGURAS</i>	6
<i>RESUMEN</i>	7
<i>ABSTRACT</i>	8
<i>1. INTRODUCCIÓN</i>	9
<i>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</i>	11
2.1. CULTIVOS DE SERVICIO.....	11
2.1.1. Servicios ecosistémicos	12
2.1.1.1. Servicios ecosistémicos: Manejo de malezas	13
2.1.2. Especies de CS y su efecto sobre el enmalezamiento	16
2.2. ENMALEZAMIENTO.....	19
2.2.1. Dinámica poblacional	21
<i>3. MATERIALES Y MÉTODOS</i>	23
3.1. EXPERIMENTO A CAMPO	23
3.1.1. Localización y período experimental.....	23
3.1.2. Diseño experimental y descripción general de los tratamientos	24
3.1.3. Determinaciones y metodología de evaluación.....	27
3.1.4. Análisis estadístico	28
<i>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	30
4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL PERÍODO	30
4.2. ENMALEZAMIENTO EN PRE-DESECACIÓN DE LOS CULTIVOS DE SERVICIO 2022	31
4.2.1. Cobertura de suelo de los cultivos de servicio y malezas	31
4.3. ENMALEZAMIENTO DURANTE EL PERÍODO DE BARBECHO PRE- SIEMBRA DE CEBADA.....	34
4.3.1. Cobertura de rastrojo durante el barbecho	34

4.3.2. Perfil del enmalezamiento.....	36
4.4. ENMALEZAMIENTO DURANTE EL PERÍODO DE IMPLANTACIÓN DE CEBADA.....	41
4.4.1. Cobertura de malezas y rastrojo durante la implantación.....	41
4.5. ENMALEZAMIENTO EN PRE-COSECHA DEL CULTIVO DE CEBADA ..	45
5. <i>CONCLUSIONES</i>	48
6. <i>BIBLIOGRAFÍA</i>	49

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla No	Página
Tabla 1 Tratamientos: nomenclatura, densidad de siembra, biomasa seca aérea, nitrógeno absorbido y relación carbono:nitrógeno (C:N)	25
Tabla 2 Manejos de herbicidas realizados en los cultivos de servicio.....	26
Tabla 3 Número de malezas que alcanzaron estado reproductivo según CS	33
Tabla 4 Cobertura de <i>Cerastium glomeratum</i> y <i>Stellaria media</i> en barbecho previo a la aplicación de herbicidas (%)	38
Figura No	Página
Figura 1 Localización del experimento.....	23
Figura 2 Croquis del diseño experimental.....	24
Figura 3 Temperatura promedio y precipitación acumulada mensual en el 2023 y su comparación con medias históricas	30
Figura 4 Cobertura de CS y malezas en evaluación realizada en 2022 previo a la desecación	31
Figura 5 Cobertura de CS (2022), de malezas y del rastrojo en barbecho (2023).....	35
Figura 6 Cobertura de malezas hojas anchas y gramíneas en barbecho según CS del invierno anterior.....	37
Figura 7 Fotos en el barbecho (2023) con efectos residuales de los cultivos de servicio	41
Figura 8 Cobertura de malezas y rastrojo en la etapa de implantación de cebada 2023 (%).....	42
Figura 9 Fotos durante la implantación de cebada con efectos residuales de los cultivos de servicio.....	45
Figura 10 Cobertura de malezas y del cultivo de cebada en la etapa previo a cosecha (%).....	46

RESUMEN

Con el propósito de evaluar los efectos residuales de distintos cultivos de servicios (CS) sobre el enmalezamiento invernal al siguiente año, se llevó a cabo un experimento durante el año 2023 en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (E.E.M.A.C) de la Facultad de Agronomía, departamento de Paysandú. El diseño experimental fue de bloques completos al azar (DBCA) con 3 repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron trébol persa (*Trifolium resupinatum*), vicia (*Vicia villosa*), avena negra (*Avena strigosa*), mezcla de avena negra más vicia, avena amarilla (*Avena byzantina*), y un testigo sin cobertura vegetal. Durante el otoño e invierno de 2023, se evaluó el enmalezamiento en tres etapas: barbecho previo a la siembra de cebada, en la implantación del cultivo y precosecha, identificando y cuantificando las especies de malezas presentes y su estado fenológico, así como la cobertura total del enmalezamiento, del rastrojo del cultivo antecesor y del suelo desnudo, sumándole la cobertura alcanzada por el cultivo de cebada. Para complementar el análisis, se utilizaron datos recopilados al finalizar el ciclo de los CS en 2022. Los resultados fueron analizados con ANAVA utilizando el software estadístico InfoStat, aplicando el test de Tukey con un 5% de significancia para la separación de medias. Los CS que a final del ciclo lograron una mayor y más rápida cobertura de suelo, avena negra, vicia, la mezcla de avena negra con vicia y avena amarilla, mostraron menos malezas en estado reproductivo. Este efecto continuó hasta el barbecho, previo a la siembra de cebada, excepto para vicia, traduciéndose en menor enmalezamiento. Avena negra y la mezcla avena negra-vicia mantuvieron su efecto supresor en la implantación, mientras que el trébol persa fue el menos efectivo, incluso peor que el testigo. En la precosecha de cebada, se alcanzó un 100% de cobertura, sin diferencias significativas en el total ni en el espectro del enmalezamiento. Estos resultados demuestran que los efectos residuales de los CS sobre el enmalezamiento invernal el año siguiente variaron según CS y las malezas presentes en el campo, siendo más evidente en el barbecho previo a la siembra de cebada, que dentro del cultivo.

Palabras clave: cultivos de servicio, efecto residual, enmalezamiento, cobertura, re-infestación

ABSTRACT

In 2023 an experiment was conducted in the Experimental Station “Dr. Mario A. Cassinoni” (E.E.M.A.C) of the Faculty of Agronomy in Paysandú (Uruguay) in order to evaluate the residual effects of different cover crops (CC) on winter weed infestation the following year. The experimental design was a randomized complete block design (RCBD) with 3 replications. The treatments evaluated were Persian clover (*Trifolium resupinatum*), hairy vetch (*Vicia villosa*), black oats (*Avena strigosa*), a mixture of black oats and hairy vetch, yellow oats (*Avena byzantina*) and a control without plant cover. During the fall and winter of 2023, the weeding was evaluated in three stages: fallow prior to barley sowing, crop establishment and pre-harvest. The assessment included identifying and quantifying present weed species, their phenological stage, total weed coverage, residue cover from the previous crop, bare soil coverage, and barley crop coverage. To complement the analysis, data collected at the end of the CCs cycle in 2022 was used. The results were analyzed with ANOVA using the statistical software InfoStat, applying Tukey's test at a 5% significance level for mean separation. The CCs that at the end of the cycle achieved greater and faster soil cover —black oats, hairy vetch, black oat-hairy vetch mixture and yellow oats— showed fewer weeds in the reproductive stage. This effect continued until fallow period, prior to barley planting, except for hairy vetch, resulting in less weeding. Black oats and the black oat-hairy vetch mixture maintained their suppressive effect at planting, while Persian clover was the least effective, performing even worse than the control. In barley preharvest, 100% cover was achieved, with no significant differences in the total or spectrum of weeding. These results demonstrate that the residual effects of CCs on winter weeding the following year varied according to the CC and weeds present in the field, being more evident during the fallow period prior to barley sowing than during the crop cycle.

Keywords: cover crops, residual effect, weed infestation, coverage, re-infestation

1. INTRODUCCIÓN

Las malezas compiten por luz, agua y nutrientes con los cultivos, afectando directamente el rendimiento y la calidad, lo que hace imprescindible su control eficiente para obtener buenos resultados en la producción. El efecto de la interferencia maleza/cultivo depende de la combinación de dos grandes factores: la velocidad de implantación y la tasa de crecimiento inicial.

En la agricultura actual, el enmalezamiento se ha convertido en un desafío con el aumento de especies resistentes a los herbicidas, lo que está poniendo en jaque la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

La intensificación de la agricultura en el control de malezas basado solamente en el control químico, con uso intensivo y reiterado de herbicidas de modos de acción similares, ha acelerado el desarrollo de malezas resistentes. Estas prácticas han favorecido la proliferación de malezas, generando un desequilibrio ecológico y una mayor dependencia de productos químicos para su control. A nivel global, la agricultura enfrenta actualmente 273 especies de malezas resistentes a herbicidas, distribuidos en 156 especies dicotiledóneas y 117 monocotiledóneas, específicamente en nuestro país se han reportado siete casos de malezas resistentes (Heap, 2024).

Frente a este escenario, los productores han intensificado el uso de herbicidas, generando efectos negativos para el medio ambiente, la salud humana y la seguridad alimentaria. Además, el aumento de la resistencia lleva a que la interferencia con los cultivos persista, lo que hace que la situación sea aún más compleja.

Este contexto ha replanteado y valorizado el manejo integrado de malezas, destacando la incorporación de cultivos que posean capacidad inhibitoria sobre las malezas en la rotación. Estos son denominados cultivos de servicio (CS) y son incluidos en la rotación como una posible solución a este problema, ya que se espera que tenga efectos positivos en la disminución del problema de malezas (del tamaño y/o potencial interferidor del enmalezamiento). Si bien estudios previos han demostrado su efectividad en el manejo de malezas a corto plazo (Andriolo Irurueta & Berger Bárcena, 2019; Fernández, 2020), surge la interrogante de si su implementación también podría tener efectos residuales significativos en la reducción del enmalezamiento durante el barbecho y la estación siguiente.

Con el fin de lograr estos efectos, los cultivos deben tener una fuerte capacidad de interferencia contra las malezas y deben ser seleccionados y colocados estratégicamente dentro de la rotación. En particular, se deben elegir CS con rápido crecimiento inicial, buena capacidad competitiva y cobertura de suelo. Además, es importante que estos cultivos generen un buen rastrojo de calidad que cubra bien el suelo durante las siguientes estaciones, lo que ayuda a evitar la germinación en etapas siguientes. Si bien a nivel nacional se incorporan en las rotaciones agrícolas, con el objetivo de regular la erosión de suelo, también pueden proveer otros servicios ecosistémicos de regulación y soporte al agro ecosistema.

Sin embargo, no se conocen estudios a nivel nacional del efecto residual de los CS sobre el enmalezamiento en el cultivo de invierno siguiente.

Para abordar el trabajo, se proponen las siguientes hipótesis:

1. La inclusión de CS en sustitución del barbecho invernal en la rotación agrícola reducirá significativamente el enmalezamiento durante el invierno posterior a su implementación.
2. El efecto sobre la dinámica y manejo de malezas dependerá de la especie de CS empleada.

En base a la problemática existente, y a las hipótesis planteadas sobre la posible respuesta de esta estrategia, se plantea el siguiente objetivo: Evaluar el efecto residual de la incorporación de distintas especies de CS sobre el enmalezamiento invernal del año siguiente, en comparación a una situación de barbecho invernal largo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CULTIVOS DE SERVICIO

Los CS son especies sembradas entre dos cultivos de renta, con un objetivo diferente al de la provisión de alimentos. Su propósito no es el de ser incorporados al suelo a diferencia de los abonos verdes, así como tampoco ser pastoreados a diferencia de los verdeos (Ruffo & Parsons, 2004). Su función es proveer servicios ecosistémicos específicos a los agroecosistemas con el objetivo de contribuir al equilibrio de estos. El cual podría perderse en sistemas de agricultura continúa con un bajo nivel de diversidad (Pinto & Piñeiro, 2018a).

La agricultura se encuentra frente a un cambio de paradigma, en el cual se propone pasar de una visión centrada en la tecnología al servicio del incremento de la productividad (revolución verde), a un escenario que priorice los ecosistemas y sus servicios, sin descuidar el rendimiento (Piñeiro et al., 2014). Esta transición implica adoptar estrategias que optimicen el uso de los recursos disponibles, para lograr una producción sostenible (Bianchini, 2018). Una de estas consiste en la incorporación de los CS a las rotaciones agrícolas.

A nivel nacional, inicialmente, el objetivo de los CS (también llamados cultivos de cobertura) fue cumplir con los Planes de Uso y Manejo Responsables de Suelo (Ley n° 15.239, 1982) implementados en 2013, que requerían mantener la cobertura del suelo para prevenir la erosión hídrica, una de las principales amenazas a la sostenibilidad en Uruguay (Lattanzi, 2019). Sin embargo, su inclusión también permite proveer de otros servicios ecosistémicos, como controlar las poblaciones de malezas tanto durante su crecimiento como cuando sus residuos permanecen en la superficie (Vanzolini & Galantini, 2013)

Incluir y diversificar los CS promueve la sostenibilidad en los sistemas de producción (Lin, 2011; Smith et al., 2008). Para que cumplan con su función, los CS deben planificarse en función de los servicios ecosistémicos deteriorados demandados por el sistema agrícola y por las propias características que estos presentan, considerando tanto objetivos a corto como a largo plazo (Pinto & Piñeiro, 2018b).

Esta práctica no solo busca mejorar la estabilidad del sistema y aumentar la capacidad productiva del suelo, sino que también contribuye a incrementar la rentabilidad en el sistema agrícola en su conjunto (Bianchini, 2018).

No obstante, la elección de la especie del CS depende del propósito, de la condición del suelo y la ubicación donde se cultivará (Koudahe et al., 2022; Van Eerd et al., 2023). Las ventajas varían según la especie, ya sea *Poaceae* (gramínea), *Fabaceae* (leguminosa) o *Brassicaceae*, así como sus características biológicas, como la capacidad de crecimiento inicial, competencia, y de la cantidad de biomasa producida (Kumar et al., 2023).

2.1.1. Servicios ecosistémicos

Los sistemas de producción que siembran un cultivo por año, donde los periodos de barbechos tienden a ser muy prolongados, puede aumentar el riesgo de pérdidas; ya sea de suelo y nutrientes. Por ende, incluir CS en ese periodo improductivo de barbecho, mantiene el suelo cubierto, mejora las condiciones del suelo brindando protección, mejoras en el aporte y reciclaje de nutrientes, y genera nuevos ingresos de rastrojo; esperando que ello redunde en el mediano (Ernst, 2004; Kumar et al., 2023), y largo plazo (Bianchini, 2018).

Estos cultivos brindan múltiples servicios ecosistémicos o beneficios para los sistemas agrícolas. Por lo que, desempeñan un rol crucial en la optimización de prácticas agrícolas sostenibles (Magdoff & Van Es, 2021).

Algunos de los servicios ecosistémicos ofrecidos por los CS se encuentran asociados con mejoras en la calidad, conservación y dinámica de agua, asociadas a una mejora en la estructura del suelo (Ravasi, 2023; Rillo, 2022; Ruffo, 2003), la regulación de la erosión (Kumar et al., 2023; Ravasi, 2023; Van Eerd et al., 2023), captura de carbono orgánico y mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) (Ordoñez & Masera, 2001; Ravasi, 2023), regulación de plagas y enfermedades mediante el control biológico generado por un aumento en la biodiversidad vegetal (Ovalle et al., 2020; Van Eerd et al., 2023) y control de malezas (Bertolotto & Marzetti, 2017; Van Eerd et al., 2023; Walsh et al., 1996, entre otros).

Respecto al control de malezas, urge profundizar sobre cómo las diferentes especies de CS pueden contribuir al Manejo Integrado de Malezas (MIM) en distintos períodos. La clave está en comprender cómo estos cultivos pueden beneficiar el sistema agrícola promoviendo un uso más racional de herbicidas, en respuesta a la creciente dependencia de métodos químicos y las resistencias generadas en el país. Por lo tanto, es

fundamental generar información sobre cómo la inclusión de estos cultivos puede controlar a las malezas integrando diferentes métodos de control cultural.

2.1.1.1. Servicios ecosistémicos: Manejo de malezas

El uso continuo de herbicidas post y pre emergentes incrementó la presión de selección de las malezas, generando especies de malezas resistentes a los herbicidas (Acuña, 2019). Esta situación, no solo tiene consecuencias económicas, sino que también conlleva a una mayor contaminación ambiental. Si bien la recomendación para abordar esta problemática es la implementación del MIM, combinando diversos métodos de control, en la práctica aún no se ha logrado una adopción generalizada en el sector productivo.

Entre los manejos planteados por el MIM, se destaca la incorporación de CS como una estrategia clave para el control de malezas (Garay, 2018). El MIM regula la dinámica poblacional y mantiene sus densidades en niveles por debajo del umbral de daño económico para los cultivos, mediante el uso de conocimientos, prácticas y métodos disponibles (Kruk et al., 2022).

Mientras que los herbicidas pueden interrumpir el ciclo de vida de las malezas, la lógica en la utilización de los CS se basa fundamentalmente en la interferencia y competencia por recursos, permitiendo suprimir el crecimiento y desarrollo de las malezas. A su vez, estos cultivos alteran el ambiente del suelo impactando en la germinación y aparición de las malezas (Rubione, 2021), contribuyendo a disminuir la presión de selección y mitigar la expansión de la resistencia de malezas en los sistemas agrícolas (Buratovich & Acciaresi, 2019).

Los CS controlan a las malezas principalmente interfiriendo con las plantas y evitando que las semillas se establezcan en el suelo (Van Eerd et al., 2023; Walsh et al., 1996).

Su éxito depende de dos ventajas competitivas como la velocidad de implantación y la tasa de crecimiento inicial. Por ende, cuando estos cultivos logran una rápida cobertura del suelo, optimizan su capacidad competitiva por los recursos aéreos (luz) y subterráneos (agua y nutrientes). Esta cobertura temprana y densa tiene impactos significativos en la reducción de la germinación, la emergencia y desarrollo de malezas, al disminuir su acceso a los recursos y alterar las condiciones del suelo (Kaspary et al., 2022). Estos efectos son consecuencia también de la cobertura verde en pie o por el

“mulch” (Bertolotto & Marzetti, 2017). Pero también, presentan beneficios potenciales de control en el largo plazo al retrasar la emergencia de plántulas, disminuir la densidad poblacional y mejorar el control en la dispersión de las semillas, resultando en una disminución del banco de semillas del suelo (Baraibar et al., 2018; Liebman et al., 2022; Malaspina et al., 2022; Nichols et al., 2020).

Es fundamental también conocer las malezas presentes en el campo, por las características biológicas y ecológicas de estas, como sus flujos de germinación y los recursos necesarios para su normal crecimiento y desarrollo, que serán determinantes para que el manejo y control del enmalezamiento sea efectivo con los CS (Fernández, 2020).

Distintos autores han encontrado que los CS logran suprimir entre un 88 a 98% la emergencia de malezas en comparación con los testigos (Buratovich & Acciaresi, 2019; Malaspina et al., 2022). Lo cual resulta en una mayor densidad de malezas invernales cuando se compara con barbechos con un alto porcentaje de suelo desnudo (Aapresid, 2022).

La presencia de estos cultivos y sus residuos generan interferencia en la germinación, establecimiento y desarrollo de malezas a través de efectos físicos, alelopáticos y biológicos; reduciendo la emergencia con el aumento de residuos voluminosos (Rebora et al., 2022). Este efecto supresor es mayor en especies dicotiledóneas, por su forma de emergencia, así como en malezas que no poseen suficientes reservas para completar su emergencia por encima del mantillo (Aapresid, 2022).

Estas influencias combinadas, reducen la densidad de malezas y permiten reducir el uso de herbicidas en ciertos momentos del ciclo del cultivo (Kaspary et al., 2020).

El termino interferencia engloba relaciones de competencia y de alelopatía. Mientras que la competencia se refiere a la remoción o reducción de un factor esencial del ambiente compartidos por diferentes plantas, la alelopatía implica el uso de compuestos químicos para afectar a otras especies (Fernández, 1993). Son conceptos diferentes entre sí, pero desde un punto de vista ecofisiológico se pueden considerar estrechamente ligados y complementarios en su efecto (Sampietro, 2003).

Centrándose en el concepto de competencia entre plantas, se produce cuando la disponibilidad de ciertos recursos subterráneos y aéreos se ven reducidos, ya que son

utilizados por un individuo vegetal que también es necesario para otro individuo que comparte el mismo hábitat (Jha et al., 2017; Sampietro, 2003).

Cuando estos recursos cambian su dirección hacia el CS aumenta su habilidad competitiva, esto conlleva a una reducción en la emergencia, supervivencia, crecimiento, y capacidad reproductiva de las malezas (Buratovich & Acciaresi, 2019; Kruk et al., 2021), provocando que estas desarrollen menor altura y reducida producción de biomasa (Rubione, 2021).

Como se mencionó anteriormente, la interferencia no solo implica competencia, sino que también abarca la acción de alelopatía. Este fenómeno es un proceso donde las plantas liberan compuestos secundarios tóxicos que inhiben el crecimiento de otras especies (Al-Shatti et al., 2014; Sampietro, 2003). Estos compuestos, liberados por descomposición o secreción de raíces, reducen el crecimiento de malezas (Liu et al., 2022).

Por otro lado, el canopeo del cultivo altera la temperatura y luz del suelo, afectando la germinación de las semillas al modificar su microambiente influyendo en los cambios en el nivel de dormición, resultando en un retraso o disminución de la emergencia de malezas (Baigorria, 2022; Kruk et al., 2021). La cobertura superficial, o "mulch", también ayuda a regular la temperatura, limitar la luz y conservar la humedad (Baigorria, 2021; Teasdale & Mohler, 1993). Este efecto de la interferencia física de los residuos en la superficie del suelo afecta la dinámica de las malezas, ya que la cobertura bloquea la radiación solar que llega al suelo, impidiendo que progresen las malezas (Baigorria, 2021; Ravasi, 2023).

El efecto en la supresión de las malezas, también dependen directamente de las especies utilizadas como CS, varía tanto entre especies como dentro de la misma especie (Fernando & Sherstha, 2023; Mirsky et al., 2011).

La familia de especies gramíneas tiene como característica general una alta tasa de crecimiento inicial por lo cual se establecen rápidamente y compiten eficazmente contra las malezas, mientras que las leguminosas de lento establecimiento son malas competidoras (Baraibar et al., 2018; INTA Marcos Juárez, 2020). Además, las leguminosas estimulan la emergencia de las malezas, posiblemente debido a su contribución de nitrógeno al suelo (Blum et al., 2009). Este aporte de nitrógeno, podría

estimular la germinación y crecimiento de las semillas de malezas al siguiente año (Blackshaw et al., 2003).

La eficacia de los CS en la supresión de las malezas también está condicionada por otros factores; incluyendo la producción de biomasa, la capacidad de generar cobertura rápido, el efecto año, la densidad y fecha de siembra, su terminación, la frecuencia de aparición de la población de malezas, y la respuesta de las especies a los CS (Mirsky et al., 2011).

En el caso de la productividad, valores de 4000 a 5000 kg ha⁻¹ de materia seca son suficientes para suprimir a las malezas (Ferreira et al., 2018). Esto, sumado a siembras con densidades óptimas que permitan un rápido establecimiento y cobertura del suelo por parte del cultivo son factores claves para una supresión efectiva de malezas (Brennan & Smith, 2005; Kaspary et al., 2020).

En resumen, los CS pueden ejercer una influencia significativa en las poblaciones de malezas, aunque su efectividad puede ser parcial y no total en la supresión de estas últimas. Es importante tener en cuenta que, si bien los CS por sí solos pueden no ser suficientes para eliminar por completo las malezas, desempeñan un papel crucial como componente principal en un enfoque integral para el manejo de malezas (Fernando & Shrestha, 2023). A su vez, permiten reducir el uso de herbicidas en gran medida, ya que los CS alcanzan altos niveles de supresión de malezas sin necesidad de aplicar productos químicos. Esto se logra cuando se manejan en tiempo y forma, con siembras antes de la emergencia de malezas invernales (Buratovich & Acciarsi, 2017).

2.1.2. Especies de CS y su efecto sobre el enmalezamiento

Al momento de seleccionar un CS, es fundamental considerar el ambiente para evaluar qué especies son más efectivas para la supresión de malezas en ese entorno (Rubione, 2021).

De manera general, las especies más utilizadas como CS pertenecen a las familias de las gramíneas y leguminosas. Las gramíneas se destacan por su rápido crecimiento inicial y su capacidad para producir una mayor cantidad de biomasa (Clark, 2007).

En el caso de las leguminosas, estas se presentan como alternativas viables cuando el objetivo es la fijación de nitrógeno atmosférico mediante la asociación entre las raíces y los rizobios. En comparación con las gramíneas poseen una tasa de desarrollo inicial

más lenta y una menor capacidad de producción de materia seca (Clark, 2007; Rimski-Korsakov & Álvarez, 2016).

Dentro de las gramíneas, las avenas son las principales especies utilizadas como CS en Uruguay (Sawchik et al., 2015).

La avena pertenece al grupo de los cereales de invierno con ciclo otoño-invierno-primaveral. Se caracterizan por un buen vigor inicial y una precocidad otoñal destacada (Carámbula, 2007).

La *Avena strigosa* conocida como avena negra, es la especie más utilizada (Sawchik et al., 2015), tiene un hábito de crecimiento erecto (Carámbula, 2007), alta tasa de crecimiento durante el invierno, y un gran potencial en la supresión de malezas (Sawchik et al., 2015). Aunque no necesariamente produce más materia seca que otras variedades de avena, se destaca por su rápida implantación y su importante aporte de cobertura inicial (Gilsanz, 2012).

La *Avena byzantina* conocida como avena amarilla, manifiesta un hábito de crecimiento semiprostrado, con plantas que presentan variaciones desde tipos erectos a muy prostrados; genera altas ofertas de forraje en otoño temprano e invierno, y excelente implantación en un amplio rango de épocas de siembra (Ayala et al., 2010). Este tipo de cereal presenta un desarrollo más lento en comparación con la avena negra (Gilsanz, 2012).

Ambas especies han mostrado bajo distintas condiciones resultados satisfactorios en el control de malezas. Estos autores destacan en las avenas la capacidad de generar rápida cobertura de suelo y duradera por la alta relación carbono:nitrógeno (C/N) de sus residuos, altos niveles de productividad y efectos alelopáticos como factores determinantes para contribuir significativamente a un alto grado de supresión de malezas. Lo cual le permite generar reducciones en la infestación de malezas de hasta un 95% (Flower et al., 2012; Gilsanz, 2012; Mora, 2012).

Dentro de las leguminosas vicias y tréboles son los principales géneros utilizados en Uruguay. En el caso específico de *Vicia villosa* posee una producción de forraje otoño-invierno-primaveral y se caracteriza por poseer un hábito de crecimiento prostrado, lento crecimiento inicial, pero tiene buena cobertura de suelo con bajos niveles de producción de biomasa (Renzi & Cantamutto, 2007). Su ciclo de crecimiento es de tipo indeterminado, lo que determina que en etapas reproductivas aún se encuentren tallos

vegetativos, permitiendo así la acumulación de materia seca (Vanzolini & Galantini, 2013).

Si bien genera menor volumen de biomasa que las gramíneas, su cobertura homogénea en el suelo le permite interceptar una gran cantidad de luz, lo cual le permite poseer un alto nivel de competencia con las malezas (Clark, 2007) y evitar la germinación de semillas del banco del suelo (Aapresid, 2022).

Debido a su baja relación C/N, tiende a descomponerse rápidamente por lo que la supresión de la emergencia de malezas disminuye a medida que estos residuos se descomponen y es menos eficiente en el caso de utilizar como CS gramíneas (Clark, 2007).

También pueden generar cambios en el micrositio modificando la germinación de las semillas de malezas, lo suficiente como para reducir, retrasar o, por el contrario, en algunas ocasiones incrementar la frecuencia de malezas (Teasdale & Mohler, 1993). Este incremento puede explicarse por diversos mecanismos que incluyen, la retención de humedad del suelo por los residuos de cobertura en superficie y/o la liberación de compuestos nitrogenados (Teasdale, 2004).

En el caso de *Trifolium resupinatum*, comúnmente conocido como trébol persa, también es una leguminosa anual invernal, que se siembra en otoño y completa su ciclo en primavera. Presenta un hábito de crecimiento que va desde erecto a semierecto, alto vigor inicial, buen aporte de nitrógeno y un sistema radicular profundo. La capacidad de producción de biomasa de esta especie se encuentra directamente relacionada con la temperatura, donde condiciones menores a 12 °C comprometen su desarrollo inicial (Picasso, s.f.).

Su lento desarrollo inicial, el porte semi erecto y su nulo crecimiento durante el invierno generan que sea una especie con una baja capacidad de competir contra las malezas (Picasso, s.f.). Experimentos realizados por INTA en San Ramón encontraron que el trébol persa presentó 31% de la maleza *Gamochaeta spicata* en comparación al testigo (barbecho), lo cual lo adjudicaron por la escasa biomasa producida por el cultivo (Kahl et al., 2021).

Es importante comprender cómo actúan las mezclas de estos cultivos como supresores de malezas, donde sería beneficioso diseñar mezclas que aún puedan brindar otros servicios ecosistémicos (Baraibar et al., 2018).

El uso de mezclas puede generar ventajas, donde cada especie utilizada (gramínea + leguminosa) aporta complementariedad de efectos combinando sus diferentes hábitos de crecimiento (Clark, 2007). La propia diversidad de especies ha mostrado resultados significativos en el control de malezas al compararse con CS mono especie (Lawson et al., 2015).

Aapresid (2022) encontró un mayor control en CS mezclas en comparación con especies puras, explicada por diferencias en la producción de biomasa. Respecto al nitrógeno en suelo, el uso de mezclas (avena + vicia) en comparación a leguminosas puras genera menores niveles de concentración de nitrógeno residual. Esta característica es clave para mejorar la sincronización entre la liberación de nitrógeno de los residuos de los CS y la demanda de los cultivos de cosecha (Restovich et al., 2012), pero también para evitar que el nitrógeno libre pueda ser capturado por las malezas.

De manera general, las características buscadas en las especies para un buen control de malezas son la tasa de crecimiento inicial, alto nivel de productividad (Blum et al., 2009; Rillo, 2022), rápida cobertura del suelo (Dorn et al., 2015; Rubione, 2021), generación de efectos alelopáticos (Liu et al., 2022) y alta relación C/N de sus residuos (Aapresid, 2022). Estas características le pueden permitir al CS no solo disminuir la presencia de malezas durante el ciclo de crecimiento del cultivo de renta siguiente, sino que también extender su efecto supresor hasta la etapa de cosecha del cultivo (Baigorria, 2022) o incluso en cultivos subsiguientes. Además, la biomasa generada por los CS contribuye a reducir la proliferación de malezas durante su ciclo y en la descomposición de los residuos (Buratovich & Acciaresi, 2019), sin afectar el rendimiento del cultivo siguiente (Rubione, 2021).

Para lograr estos objetivos no solo basta con seleccionar la especie correcta, sino que también el momento, tipo y densidad de siembra del CS (Kaspary et al., 2022). Además, utilizar semillas de alta calidad, aplicar la tecnología de producción correcta para la especie y finalizar el cultivo en el momento adecuado. Además de elegir la especie en función del enmalezamiento presente en el sitio.

2.2. ENMALEZAMIENTO

La comunidad de malezas puede afectar negativamente la rentabilidad de los cultivos de distintas maneras. Compiten con los cultivos por recursos, contaminan los productos de cosecha, aumentan el riesgo de plagas y enfermedades, dificultan la

preparación de la cama de siembra y pueden reducir el crecimiento de los cultivos de forma directa o indirecta al liberar sustancias químicas en el medio (Bedmar et al., 2002).

Bernal (1996) señala algunas características de malezas como, alto poder de invasión, persistencia, alta capacidad de reproducción, rápido crecimiento y desarrollo. Además, tienen una alta producción y dispersión de semillas, así como buena capacidad de propagación vegetativa. Son adaptables a diversas condiciones ambientales, resisten la humedad y a la variación de temperatura. Su ciclo de vida a menudo es similar al de los cultivos, lo que contribuye a su éxito como malezas en los sistemas agrícolas. Las malezas más problemáticas tienden a ser especies anuales, cuya persistencia está estrechamente relacionada con la reposición en el banco de semillas (Davis, 2006).

Rebora et al. (2022) afirman que las malezas anuales, con semillas pequeñas y altos requerimientos de luz, son las más afectadas por los residuos de los CS. Aunque crecen rápidamente gracias a la absorción de recursos, superando a los cultivos de lento crecimiento, dependen de fuentes externas de nutrientes al inicio de su ciclo de vida (Liebman et al., 2022).

Las especies anuales de semillas grandes, las malezas perennes y aquellas con fenología similar al CS son las menos afectadas por la incorporación de estos cultivos (Mirsky et al., 2011; Rebora et al., 2022; Rubione, 2021; Teasdale, 2004). Estas especies presentan menores requerimientos para romper la latencia y cuentan con suficientes reservas de energía para penetrar el material de cobertura, lo que facilita su establecimiento y reproducción (Teasdale, 2004).

Las especies que presentan mayores ventajas competitivas, incluyen aquellas con rápida germinación, mayor área foliar, hojas horizontales y gruesas, plantas erectas, tallos altos y ramificados, crecimiento rápido de raíces y brotes (Clements et al., 1929 como se cita en Zimdahl, 2004).

Por estos motivos, es relevante dirigir las prácticas de manejo hacia el control del banco de semillas para lograr una reducción efectiva en la germinación de este tipo de malezas y prevenir su reposición, siendo que constituye la principal fuente de reinfestación de malezas en los lotes agrícolas cada año (Davis, 2006; “Mejor prevenir”, 2022). La eficiencia de estas prácticas dependerá de si las especies presentan una baja o alta fecundidad y persistencia (Davis, 2006).

2.2.1. Dinámica poblacional

El objetivo del manejo de malezas, no está centrado en la erradicación total de las especies de malezas, sino en mantener su tamaño poblacional por debajo de un umbral que no cause perjuicios a los cultivos comerciales (Aapresid, 2022). Para comprender y predecir la dinámica poblacional de las malezas, es esencial relacionar los cambios en el tamaño poblacional con los procesos demográficos principalmente como la emergencia, fecundidad y mortalidad (Zambrano-Navea et al., 2018). Implica analizar las variaciones en el número de individuos dentro de una población durante un determinado tiempo. Este análisis puede servir como una herramienta predictiva para desarrollar estrategias nuevas y efectivas que permitan controlar el crecimiento y desarrollo de las malezas a corto y largo plazo (Kruk et al., 2016).

El ciclo de vida de las especies anuales y perennes, comprende una serie de estados funcionales y procesos demográficos que regulan la transición entre ellos. Los estados funcionales incluyen la semilla, la plántula, el adulto, el adulto reproductivo y las semillas dispersadas, los cuales están vinculados con los procesos demográficos. Entre estos procesos se encuentran cambios en el nivel de dormición, germinación y emergencia, que son determinantes para el establecimiento de plántulas, la supervivencia y la fecundidad de plantas que están influenciados por niveles de competencia intra e interespecífica, así como por la dispersión de semillas. Esto es fundamental para regular el nivel de infestación de malezas (Kruk et al., 2016).

Dado que las semillas ingresan al banco del suelo por dispersión y egresan mediante la germinación, muerte o depredación. Es esencial comprender los flujos de emergencia, los momentos de germinación desde el banco de semillas y sus períodos de dormición (Bertolotto & Marzetti, 2017).

La dormición es un proceso altamente variable incluso entre individuos pertenecientes a una misma especie. Este proceso se caracteriza, por la capacidad inherente de las semillas para germinar a través de mecanismos internos, tanto físicos como fisiológicos. Estos mecanismos aseguran que la semilla no germine de inmediato, incluso bajo condiciones ambientales favorables (Mérola & Díaz 2012).

Los CS interrumpen dentro de estos procesos y en el ciclo de vida, funcionando como “filtros” que impiden o favorecen la capacidad de las malezas para establecerse y crecer en un área determinada. Estos cultivos intervienen en el flujo de emergencia, su

susceptibilidad a fitotoxinas, así como en su hábito de crecimiento y tiempo de producción de semillas. Son elementos claves en el manejo de la biología de las malezas, ya que interfieren y compiten por recursos tanto aéreos como subterráneos, lo que contribuye a reducir la prevalencia de especies con una fuerte capacidad competitiva (Buratovich & Acciaresi, 2021).

Estos cultivos ejercen una marcada influencia y efectividad sobre los procesos demográficos, que actúan en la principal fuente de malezas, representada por el tamaño del banco de semillas del suelo. Esta influencia se manifiesta a través de tres efectos principales. Por un lado, efectos no competitivos que alteran la calidad de la luz, reduciendo la radiación que alcanza al suelo e inhibiendo la germinación de las semillas. Por otro lado, se presentan efectos competitivos por agua, nutrientes y radiación, una vez que las malezas germinan y emergen dentro del CS. Finalmente, efectos alelopáticos que ciertos CS ejercen contra las malezas (Aapresid, 2022).

A partir de los factores expuestos, resulta de interés estudiar el impacto residual de los CS en el manejo de malezas y su influencia en los sistemas de producción. Dado que la literatura no ofrece resultados concluyentes sobre su efecto en el invierno posterior a su implementación, es fundamental estudiar cómo estos cultivos pueden contribuir al manejo de malezas de manera residual, aumentando las estrategias de manejo y promoviendo la sostenibilidad en los sistemas de producción.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. EXPERIMENTO A CAMPO

3.1.1. Localización y período experimental

La investigación a campo se llevó a cabo en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” de Facultad de Agronomía de la Universidad de la República Oriental del Uruguay, ubicada en el departamento de Paysandú en el km 363 de la ruta nacional n° 3.

Se efectuó el experimento en el potrero n° 5, situado en las siguientes coordenadas geográficas 32°22'34.06" S y 58°02'41.08" O; sobre suelos de tipo Brunosol formación Fray Bentos.

El ensayo comenzó el día 31 de mayo del 2023 días previos a la siembra del cultivo de cebada y finalizó con la cosecha el día 25 de noviembre del 2023, por lo que este experimento tuvo una duración de 6 meses.

Figura 1

Localización del experimento



Nota. Adaptado de Google (2024).

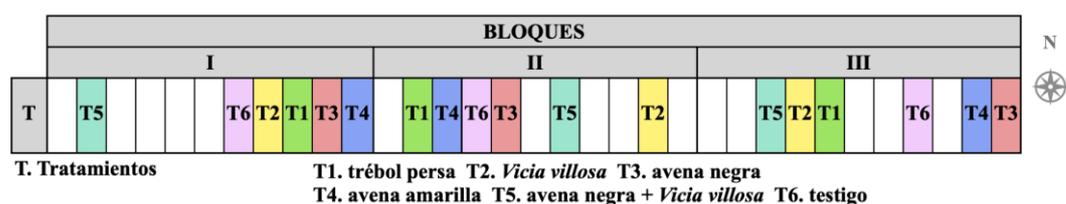
3.1.2. Diseño experimental y descripción general de los tratamientos

El experimento evaluó el efecto residual de los CS antecesores sobre el enmalezamiento invernal al siguiente año, en un cultivo de cebada sembrado en el año 2023.

El diseño experimental fue en bloques completos al azar (DBCA) con 3 repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue la parcela, presentando un tamaño 7,5 m de largo por 4,2 m de ancho, con un total de 18 unidades experimentales (Figura 2).

Figura 2

Croquis del diseño experimental



Se evaluaron un total de 6 tratamientos, conformados por 5 especies de CS antecesores y un testigo sobre el cual no se había sembrado ninguna cobertura vegetal durante el año 2022. Los CS utilizados fueron *Trifolium resupinatum*, *Vicia villosa*, *Avena strigosa*, *Avena byzantina* y *Avena strigosa* + *Vicia villosa* (Tabla 1).

Tabla 1

Tratamientos: nomenclatura, densidad de siembra, biomasa seca aérea, nitrógeno absorbido y relación carbono:nitrógeno (C:N)

Tratamientos	Nomenclatura	Densidad (kg ha⁻¹)	Biomasa seca (kg ha⁻¹)	N absorbido (kg ha⁻¹)	C:N
trébol persa	trébol	8	1402	46	13
vicia	vicia	25	5939	254	10
avena negra	Av N	40	6971	78	38
avena amarilla	Av A	60	6934	69	42
avena negra + vicia	Av N + vicia	30 + 25	6281	197	13
testigo	testigo	-	1058	17	27

Los cultivos fueron sembrados el 13 de mayo en el año 2022 a una distancia entre hilera de 0,19 metros y permanecieron creciendo normalmente en el campo, hasta el momento de su desecación química realizada a partir del mes de septiembre (Tabla 2).

Tabla 2*Manejos de herbicidas realizados en los cultivos de servicio*

Tratamientos	19/9/22	17/10/22	9/11/22
Av N - Av A	cletodim 192 g ha ⁻¹	-	-
Av N + vicia - vicia	cletodim 192 g ha ⁻¹	cletodim 192 g ha ⁻¹ + glifosato 1440 g ha ⁻¹ + 2,4D 970 g ha ⁻¹	-
testigo	-	cletodim 192 g ha ⁻¹ + glifosato 1440 g ha ⁻¹ + 2,4D 970 g ha ⁻¹ .	-
trébol	-	cletodim 192 g ha ⁻¹ + glifosato 1440 g ha ⁻¹ + fluroxipir 100 g ha ⁻¹	2,4D 970 g ha ⁻¹ + fluroxipir 100 g ha ⁻¹

Para la desecación química, se utilizaron herbicidas seleccionados para cada especie, contemplando el enmalezamiento presente. Los momentos de aplicación fueron ajustados al ciclo de crecimiento de cada especie sembrada.

A diferencia del resto de los tratamientos, el cultivo de trébol persa, fue el único que necesitó de aplicación en el mes de noviembre debido al difícil control de esta especie.

Posteriormente a las aplicaciones de desecación, se realizó una aplicación de herbicida presembrado al cultivo de soja siguiente, debido a la presencia de algunas especies invernales al final del ciclo. Esta aplicación se efectuó el día 23 de noviembre de 2022 con la utilización de glifosato con dosis de 1440 g e.a. ha⁻¹ y saflufenacil 35 g ha⁻¹, junto al adyuvante DASH (coadyuvante al 0,50%).

La siembra de soja, posterior a los CS se realizó el 5 de diciembre del 2022 y su cosecha fue realizada el día 31 de mayo del 2023.

Durante el invierno 2023, el 8 de junio, se sembró cebada variedad Arrayán a una densidad de siembra de 100 kg ha⁻¹.

Para la siembra de este cultivo, se aplicó únicamente un tratamiento pre-siembra durante los días de barbecho que consistió en no aplicar herbicidas residuales con el fin de observar los efectos de los CS sobre el banco de semillas del suelo. Esta aplicación se realizó el 1 de junio del 2023 utilizando glifosato a una dosis de 1920 g e.a. ha⁻¹, con la intención de eliminar malezas ya desarrolladas del período anterior. No se utilizaron herbicidas en pre-emergencia, ni durante el crecimiento del cultivo de cebada, también con el objetivo de evaluar exclusivamente si existía un efecto residual diferencial por parte de cada uno de los CS.

Por otro lado, se efectuaron dos fertilizaciones en el cultivo con urea a dosis de 200 kg ha⁻¹ y 80 kg ha⁻¹ respectivamente. El experimento llegó a su fin con la cosecha del cultivo de cebada el día 25 de noviembre del 2023.

3.1.3. Determinaciones y metodología de evaluación

Durante las estaciones de otoño e invierno del 2023, se evaluó el enmalezamiento presente en tres fechas: barbecho previo a la siembra de cebada (31/05/2023), a la implantación del cultivo (26/07/2023) y en la etapa de precosecha del mismo (25/10/2023).

Todas las evaluaciones fueron realizadas, utilizando un cuadrado de 30x30 centímetros que se lanzó al azar tres veces en cada parcela.

Las mismas permitieron obtener la cobertura generada por las especies de malezas y por el rastreo de los CS antecesores, discriminando el enmalezamiento por especie y estado de desarrollo. Una vez sembrado el cultivo, además de las evaluaciones anteriormente mencionadas, también se evaluó cobertura alcanzada por el cultivo de cebada.

Para poder complementar el análisis de los resultados obtenidos en este trabajo final de grado, fue necesaria la utilización de datos recopilados en el año 2022 dentro de los CS. El objetivo de tomar estos datos de evaluaciones anteriores, fue comparar si el potencial de re-infestación del enmalezamiento presente al final del ciclo de cada CS, se transforma en re-infestación real en las evaluaciones del año 2023. Cabe destacar, que los datos recopilados en el año 2022, no provienen de evaluaciones enmarcadas en este

trabajo final de grado, sino de pasantías realizadas por un grupo de estudiantes de 4^{to} año de Facultad de Agronomía en ese año. La metodología utilizada para ese año fue idéntica a la empleada en nuestro experimento; en particular, se utilizaron datos de la evaluación realizada el 15 de septiembre de 2022. Las evaluaciones de estos resultados fueron efectuadas utilizando el mismo análisis estadístico descrito a continuación.

En cuanto a las condiciones climáticas durante el período experimental del año 2023 para contextualizar los resultados experimentales y evaluar cómo estas condiciones podían influir en el enmalezamiento presente en cada tratamiento. La temperatura media diaria (T_{mean}) y la precipitación acumulada fueron registradas por datos tomados de la Estación Meteorológica automática de EEMAC (L. Rey, Comunicación personal, 16 de julio, 2024). También se obtuvieron de la misma estación los promedios a largo plazo de estas variables con el fin de comparar los datos meteorológicos del 2023 con los promedios históricos mensuales registrados en la misma estación.

3.1.4. Análisis estadístico

Para analizar el efecto de los tratamientos de CS sobre el porcentaje de área cubierta y el conteo de malezas, se ajustó el siguiente modelo estadístico. Este modelo fue presentado como un Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA), cuya ecuación se representa de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad \text{con } \varepsilon_{ij} \text{ iid } \sim N(0; \sigma^2)$$

Siendo:

Y_{ij} = Variable de respuesta estudiada.

μ = Media poblacional.

τ_i = Efecto relativo del i -ésimo tratamiento.

β_j : Efecto de los bloques.

ε_{ij} = Error experimental.

$i = 1, 2, \dots, 6$ tratamientos

$j = 1, 2, 3$ repeticiones

Para la evaluación correspondiente al año 2022, la variable estudiada fue el porcentaje de área cubierta de los CS, del total de malezas y de las especies de cada maleza según estado fenológico.

En nuestra evaluación en el año 2023, se analizaron como variable de respuesta los conteos de malezas y el porcentaje de área cubierta, tanto de malezas como del cultivo de cebada y el rastrojo del cultivo antecesor (soja + CS).

Se realizaron transformaciones estadísticas de los datos necesarios para el análisis debido a la subjetividad de las evaluaciones.

Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANAVA) utilizando el software estadístico InfoStat. Una vez realizado el ANAVA, aplicamos la prueba de comparaciones múltiples de Tukey con un nivel de significancia del 5%. Este análisis nos permitió identificar específicamente si existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

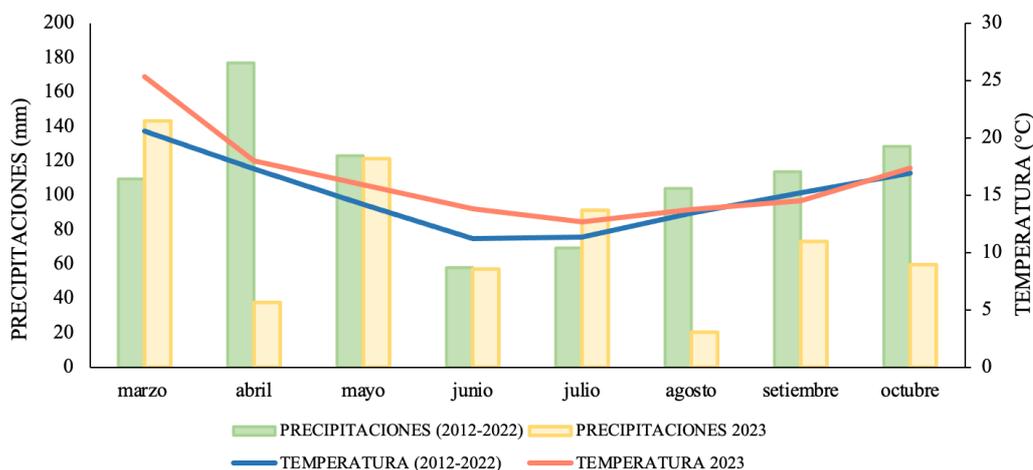
4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL PERÍODO

Las precipitaciones para el mes de marzo fueron superiores al promedio histórico, mientras que para el mes de abril estuvieron por debajo de dicho promedio. En contraste, para el mes de mayo fueron similares a los valores históricos. En este período, que abarca de marzo a mayo, se concentran el mayor flujo de germinaciones de malezas otoño - invernales. Las temperaturas durante estos meses, estuvieron por encima del valor histórico, y sumado a las precipitaciones ocurridas en el mes de marzo, generaron un ambiente propicio para un potencial de germinación de las primeras cohortes de algunas especies de malezas (Figura 3).

Luego de la siembra del cultivo, las precipitaciones registradas no resultaron limitantes. Si bien se registraron valores de temperaturas superiores a la media histórica en el mes de junio, en los meses siguientes estas se normalizaron, lo que permitió que el potencial de enmalezamiento se desarrollara con normalidad.

Figura 3

Temperatura promedio y precipitación acumulada mensual en el 2023 y su comparación con medias históricas



Nota. Elaborado a partir de datos meteorológicos tomados de la Estación Meteorológica automática EEMAC (L. Rey, Comunicación personal, 16 de julio, 2024).

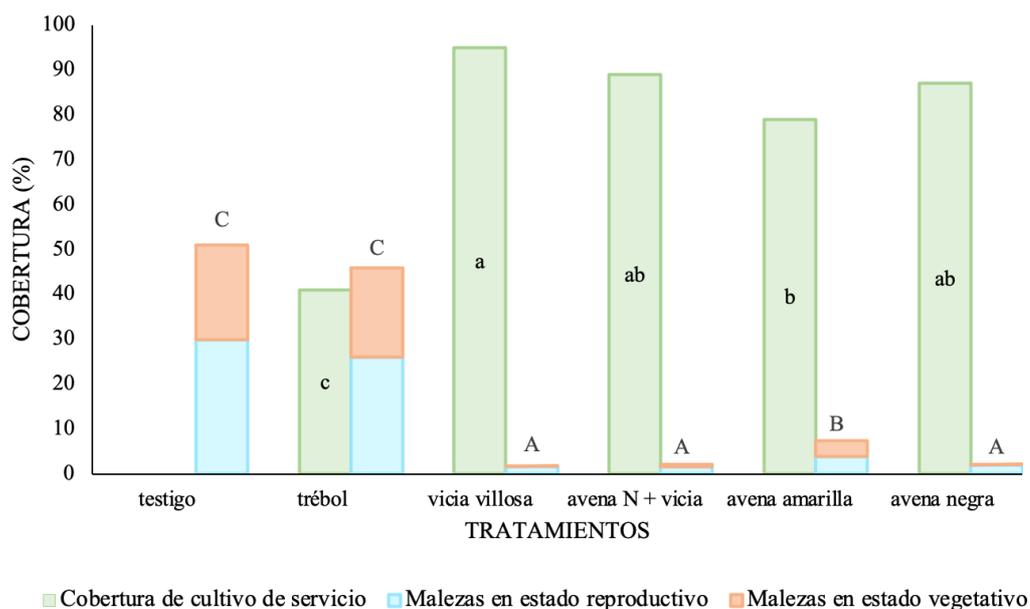
4.2. ENMALEZAMIENTO EN PRE-DESECACIÓN DE LOS CULTIVOS DE SERVICIO 2022

4.2.1. Cobertura de suelo de los cultivos de servicio y malezas

La evaluación de la cobertura de malezas evaluada en la pre-desección de los CS mostró diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los distintos tratamientos al final del ciclo de los cultivos. Los tratamientos de barbecho invernal y trébol presentaron las mayores coberturas de malezas, seguidos por la avena amarilla. En cambio, los tratamientos que incluyeron avena negra y/o vicia lograron la menor cobertura de malezas. Estos resultados están asociados con la cobertura alcanzada por cada CS, la cual varió significativamente entre especies (Figura 4).

Figura 4

Cobertura de CS y malezas en evaluación realizada en 2022 previo a la desecación



Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0,05$).

Letras mayúsculas corresponden a la significancia entre cobertura de malezas totales.

Letras minúsculas corresponden a la significancia entre cobertura de cultivo de servicio.

Los resultados obtenidos confirman lo reportado por otros autores, donde coberturas de suelo superiores a un 80% lograda por los CS, son capaces de suprimir hasta el 90% de las malezas. En consonancia con el proyecto EEMAC-FAO también se

demonstró que la adopción de CS puede reducir el enmalezamiento entre 69 al 85 % (Fernández, 2020). Los tratamientos evaluados que incluyeron, avena negra, vicia, su mezcla y avena amarilla; mostraron una reducción significativa en la cantidad de malezas totales y, un bajo porcentaje de estas en estado reproductivo.

Además, es clave resaltar que la elección de la especie de CS debe priorizar aquellas que logren una rápida cobertura del suelo y un vigoroso crecimiento inicial (Brennan & Smith, 2005; Kaspary et al., 2020; Rey, 2023). Todas las especies mencionadas anteriormente, con excepción de la vicia, presentan la capacidad de generar una cobertura rápida en sus etapas iniciales.

Se observó que el trébol persa presentó un porcentaje de malezas (26 %) en estado reproductivo comparable al del tratamiento testigo sin cobertura vegetal (30%). Esto indica que el uso de trébol persa como CS fue ineficaz para manejar el enmalezamiento, resultando en una dinámica de crecimiento de malezas similar a la observada en la ausencia total de cobertura. Esto está explicado en gran parte por su bajo porcentaje de cobertura (41%) y el hecho de alcanzarla hacia el final de su ciclo, lo que les permitió a las malezas germinar, crecer y reproducirse antes de que el trébol sea lo suficientemente competitivo. Estos resultados demuestran su menor capacidad de interferencia en comparación a las otras especies evaluadas, lo que a su vez genera una alta probabilidad de re-infestación potencial de malezas al año siguiente (Kahl et al., 2021).

En contraposición, el uso de mezclas logró un excelente nivel de control de malezas, lo cual está explicado por la complementariedad de efectos de cada especie utilizada (gramínea + leguminosa), mejorando así la cobertura del suelo, el uso de energía solar, el aporte de nitrógeno, y la competencia contra las malezas (Aapresid, 2020; Clark, 2007).

Si bien los resultados muestran una tendencia clara, en la que una mayor cobertura de los CS se asocia con una mayor interferencia y una reducción en el enmalezamiento total, las especies de malezas no respondieron de igual manera a los diferentes CS ($p \leq 0,05$). Además, el ingreso en fase reproductiva de las malezas fue diferencial según el cultivo que tuvieran como cobertura (Tabla 3).

Tabla 3

Número de malezas que alcanzaron estado reproductivo según CS

Tratamientos	<i>Cerastium glomeratum</i>	<i>Stellaria media</i>	<i>Veronica pérsica</i>	<i>Conyza sp.</i>	<i>Poa annua</i>
Av N	0,17 A	0 A	1 AB	0 A	0 A
Av A	1,17 AB	1 B	1,58 AB	0 A	0 A
vicia	1 AB	0 A	0,98 AB	0 A	0 A
Av N + vicia	0,67 A	0,5 AB	0,17 A	0 A	0,08 A
trébol	12,67 B	0,33 AB	10 B	0 A	0 A
testigo	11,67 B	0,17 AB	5 AB	4,67 B	3,33 B

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0,05$).

En *Conyza sp.* y *Poa annua*, los resultados fueron particularmente alentadores, ya que la inclusión de cualquier CS impidió que estas especies alcancen estado reproductivo, contrastando con el testigo sin cobertura, donde un número significativamente mayor de ambas especies alcanzó esta etapa. Esto sugiere que los CS interfirieron de manera efectiva, evitando la producción de semillas viables y, por lo tanto, la reinfestación de estas malezas. Aunque el número de malezas no fue elevado, es importante destacar que incluso una sola maleza tiene la capacidad de producir muchas semillas, re infestando de esta forma el campo.

Por el contrario, *Cerastium glomeratum*, *Stellaria media* y *Veronica pérsica* mostraron un comportamiento distinto. Aunque estas especies también alcanzaron el estado reproductivo en el testigo sin cobertura, presentaron respuestas variables entre los distintos tratamientos de CS. En el caso del trébol, se observó que permitió un número significativamente mayor de plantas de *C. glomeratum* y *V. pérsica* en estado reproductivo, mientras que el tratamiento con avena amarilla favoreció de manera similar a *S. media*. Esto indica que algunos CS, como la avena negra o la combinación de avena negra con vicia, no solo lograron reducir la cobertura total de enmalezamiento, sino que además fueron los más efectivos en evitar que estas especies alcancen el estado reproductivo, limitando así su capacidad de producir semillas y reinfestar el banco del suelo.

Conocer cuántas malezas en estado reproductivo al final del ciclo del cultivo o previo de su desecación es de particular importancia, ya que proporciona una estimación del potencial de infestación futura en el campo para el siguiente año. Es importante implementar estrategias efectivas para prevenir su reposición, ya que el banco de semillas presentes en el suelo constituye la principal fuente de malezas en las chacras agrícolas anualmente (“Mejor prevenir”, 2022).

Ante estos resultados, las estrategias más eficientes para regular el enmalezamiento de un año a otro mediante el uso de CS incluyen la selección de especies de alto poder de interferencia, como avena negra o avena negra con vicia, que retrasen el desarrollo de las malezas y su pasaje a estado reproductivo. Por otra parte, es de suma importancia colocar de manera estratégica la fecha de desecación del CS, no solo para interrumpir su ciclo, sino también controlando las malezas presentes antes de que florezcan (Balkcom et al., 2007; Fernández, 2020).

El análisis de los datos obtenidos en el año 2022, permiten estimar cuáles son las especies de malezas que podrían presentarse en mayor densidad al año siguiente en función del CS utilizado como antecesor.

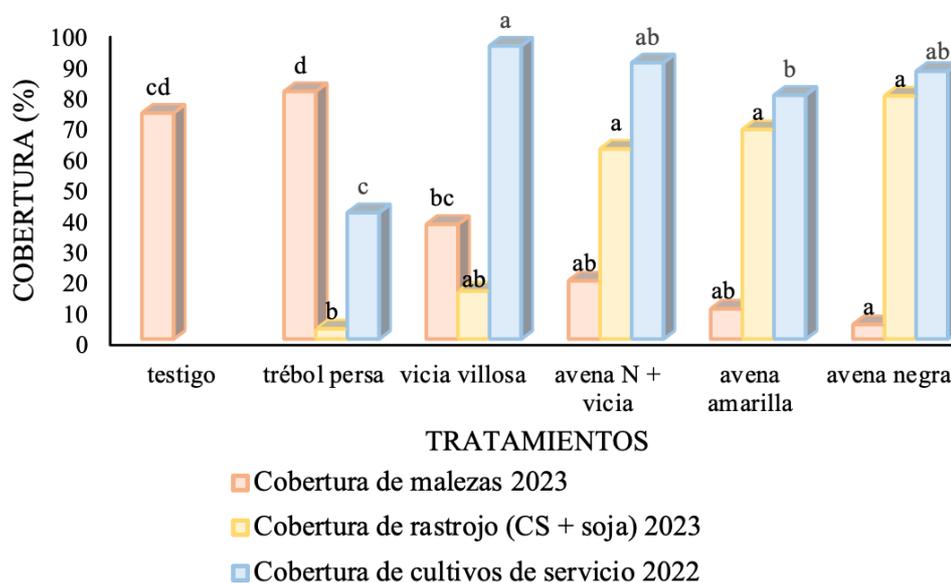
4.3. ENMALEZAMIENTO DURANTE EL PERÍODO DE BARBECHO PRE-SIEMBRA DE CEBADA

4.3.1. Cobertura de rastrojo durante el barbecho

La cobertura generada por los rastrojos de CS durante el barbecho otoñal del 2023, mostró una relación directa con la cantidad de materia seca producida por estos cultivos en el año anterior. El análisis estadístico reveló diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, destacando la avena negra, avena amarilla y la mezcla de avena negra y vicia, como los tratamientos que generaron la mayor cantidad de rastrojo. En contraposición, el rastrojo de trébol presentó menor cobertura residual (Figura 5).

Figura 5

Cobertura de CS (2022), de malezas y del rastrojo en barbecho (2023)



Nota. Medias con una letra común en columnas de un mismo color no son significativamente diferentes ($p \geq 0,05$). Elaborado a partir de datos tomados por un grupo de estudiantes en la pasantía de CS del año 2022, y datos propios de la cobertura de malezas y rastrojo presente en el 2023.

A pesar de que existe una relación entre la cobertura generada por el CS previo a la desecación y la cobertura residual del rastrojo, esta última depende en gran medida de la relación C/N de cada CS. En particular, al evaluar el comportamiento de las leguminosas, especialmente de vicia, se observa que, a pesar de haber logrado una buena cobertura al final de su ciclo, su baja relación C/N resulta en un rastrojo con mínima cobertura de suelo.

La baja relación C/N de las leguminosas favorece una descomposición acelerada del material vegetal, dejando el suelo expuesto en un corto período de tiempo. En comparación, las gramíneas que presentan una mayor relación C/N, ofrecen una descomposición más lenta, proporcionando una cobertura más duradera (Aapresid, 2022; Clark, 2007; Flower et al., 2012; Gilsanz, 2012; Mora, 2012).

En el caso de la mezcla de leguminosas y gramíneas (avena negra + vicia), esta disminución de materia seca no se observó con tanta claridad, gracias a la modificación de esta relación.

La importancia de estos resultados se encuentra en que la cantidad de rastrojo presente en superficie se vuelve un factor de concreción del poder de re-infestación evaluado anteriormente. La presencia del rastrojo no solo afecta la germinación inicial de las malezas, sino que también modifica su capacidad de crecimiento posterior, desempeñando un papel crucial en la dinámica de re-infestación real.

Se observó, que en la medida que aumenta la cobertura de rastrojo de los distintos tratamientos, disminuyó el porcentaje de cobertura de malezas en la evaluación realizada en barbecho 2023 (Figura 5). Todos los tratamientos que incluyeron CS, con la excepción del tratamiento de trébol, mostraron diferencias significativas, en la reducción de la infestación de malezas durante el invierno, en comparación con el tratamiento testigo.

El rastrojo de avena negra, registró el mayor efecto residual en el barbecho invernal siguiente, logrando un 94% de control en comparación con el tratamiento testigo. De lo contrario, el rastrojo de trébol mostró los peores resultados, con una ineficiencia en el control del enmalezamiento del orden del 10% respecto al testigo. Específicamente, presentó un 80% de cobertura de malezas mientras que el testigo tuvo un 73%, lo que instala la hipótesis de que el rastrojo de trébol puede estar promoviendo la germinación y crecimiento de las semillas de malezas al siguiente año, debido a la incorporación de nitrógeno por su fijación biológica y a su baja cobertura generada (Blum et al., 2009). El resto de los tratamientos mostraron un comportamiento intermedio.

4.3.2. Perfil del enmalezamiento

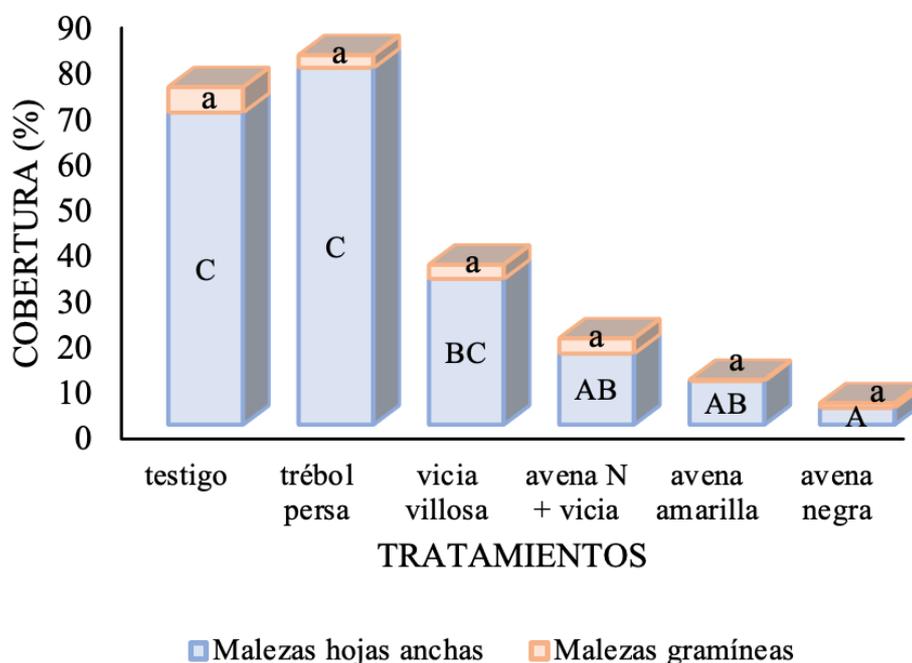
Al evaluar los tratamientos, se observó no sólo una reducción del enmalezamiento invernal total, sino también cambios en la composición del enmalezamiento.

El enmalezamiento en el área del ensayo, presentó una mayor proporción de malezas latifoliadas con aproximadamente un 90% de estas especies y 10% de malezas gramíneas. Las malezas de hojas anchas incluyeron especies como: *Cerastium glomeratum*, *Conyza sp*, *Nierembergia hippomanica*, *Capsella bursa-pastoris*, *Stellaria media*, *Coronopus didymus*, *Amaranthus sp*, *Veronica pérsica*, *Sida sp*, *Gamochaeta spicata* y *Apium leptophyllum*; mientras que las malezas gramíneas incluyeron: *Poa annua*, *Eustachys bahiensis*, *Echinochloa colona* y avena guacha. También se comprobó la presencia de *Cyperus sp*.

Ninguno de los CS mostró un efecto significativo en la supresión de la germinación, crecimiento o desarrollo de las malezas gramíneas ($p \leq 0,05$). Sin embargo, debido a la baja incidencia de gramíneas en el enmalezamiento, esta observación no puede considerarse concluyente. En contraste, se observaron diferencias significativas en el control de malezas latifoliadas ($p \leq 0,05$), lo que podría explicarse por la variabilidad en la efectividad de los CS utilizados para su control (Figura 6).

Figura 6

Cobertura de malezas hojas anchas y gramíneas en barbecho según CS del invierno anterior



Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0,05$).

Letras mayúsculas corresponden a la significancia entre cobertura de malezas hojas anchas. Letras minúsculas corresponden a la significancia entre cobertura de malezas gramíneas.

El enmalezamiento invernal de 2023 estuvo dominado por dos especies: *Cerastium glomeratum* y *Stellaria media*. Debido a su predominancia, estas especies fueron las más indicativas del posible efecto residual de los CS (Tabla 4).

Se determinó una reducción significativa en la cobertura de *Cerastium glomeratum* en el tratamiento con rastrojo de avena negra. Los otros tratamientos,

registraron valores intermedios de cobertura de esta maleza, situándose entre el escenario menos favorable, correspondiente a la ausencia de CS (testigo), y el más eficiente, representado por el rastreo de avena negra. Estos resultados destacan la superioridad del efecto residual del rastreo de avena negra en el control de malezas, en relación con el resto de los rastreos analizados.

En relación a la maleza *Stellaria media*, los resultados en el barbecho 2023 indican que los tratamientos más efectivos para su control fueron el rastreo de avena negra y de avena amarilla. En contraste, el tratamiento con rastreo de trébol presentó una alta cobertura de esta especie, destacándose como el tratamiento menos efectivo para el manejo del enmalezamiento en el sistema, incluso mostrando un control numéricamente inferior al de la ausencia de CS en el invierno anterior.

Tabla 4

Cobertura de Cerastium glomeratum y Stellaria media en barbecho previo a la aplicación de herbicidas (%)

Tratamientos	Cobertura			
	<i>Cerastium glomeratum</i>		<i>Stellaria media</i>	
Av N	0	A	2	A
Av A	2	AB	1	A
vicia	4	AB	16	AB
Av N + vicia	2	AB	9	AB
trébol	20	AB	35	B
testigo	29	B	20	AB

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0,05$).

Al comparar los resultados obtenidos al final del ciclo de los CS con los del barbecho en 2023 (Tabla 3), se observó que la presencia de malezas en estado reproductivo al final del ciclo de los CS indicó un potencial de re-infestación, que se concretó durante el barbecho. En 2022, los tratamientos con avena negra y la mezcla para *C. glomeratum* limitaron la cantidad de malezas en estado reproductivo. Sin embargo,

solo el rastrojo de avena negra logró mantener este efecto en el año siguiente. Esto puede explicarse, en primer lugar, por la alta cobertura de rastrojo generada en otoño, la cual actúa como una barrera física que limita la luz y reduce la germinación de malezas (Kruk et al., 2021). Aunque otros rastrojos como la avena amarilla o la mezcla de avena con vicia, también mostraron alta cobertura, su capacidad para reducir la re-infestación fue intermedia entre el mejor (avena negra) y el peor tratamiento (testigo). Esto sugiere que otro factor, además de la cobertura, está en juego.

Un aspecto clave que diferenció a la avena negra fue su capacidad de reducir el número de plantas que alcanzaron estados reproductivos, lo que disminuyó la cantidad de semillas que ingresaron al banco del suelo. En cambio, en avena amarilla, a pesar de tener una cobertura de rastrojo similar, el poder de re-infestación generado por *C. glomeratum* en el 2022 fue numéricamente superior al de avena negra, resultando en valores similares al testigo sin cobertura. Por otro lado, la mezcla de avena negra y vicia, que también generó una buena cobertura de rastrojo en 2023, no logró los mismos resultados que la avena negra pura, presentando niveles de enmalezamiento intermedios entre el mejor tratamiento y el testigo. Esto sugiere la posible intervención de otro factor que impulse la germinación de malezas, como la existencia de un mayor nivel de nitrógeno residual en suelo proveniente de la descomposición de las leguminosas, que podría estimular la germinación al reducir la dormancia de las semillas.

A pesar de que el trébol siempre mostró resultados negativos en la supresión de malezas, esta claro que es por su mala cobertura de suelo generada en 2022 y por su alto potencial de re-infestación. En cambio el tratamiento de vicia presentó resultados variables. En 2022, vicia se destacó como uno de los mejores tratamientos en el manejo de malezas, pero en 2023 su efectividad disminuyó. Este cambio sugiere que la vicia por su alta cobertura de suelo en el año anterior estaría compensando la inyección nitrógeno al suelo beneficiando tanto al cultivo sucesor, como a la germinación de malezas otoño - invernales. A diferencia el trébol, aparte de la inyección de nitrógeno se le suma su mal desempeño en 2022. La vicia mostró una tendencia creciente en la aparición de malezas, lo que podría atribuirse a este fenómeno.

Debido a lo anterior, es fundamental evitar generalizaciones al considerar a los CS como herramientas siempre efectivas para la supresión de malezas. La efectividad de

los CS o de sus rastrojos, varía según las especies de malezas presentes en el campo (Fernández, 2020).

Con respecto a *Stellaria media* en el año 2022, el porcentaje de malezas que alcanzaron el estado reproductivo fue relativamente bajo en todos los tratamientos (Tabla 3). Es importante destacar que, en este año, ningún CS logró disminuir el potencial de reinfestación en comparación con el tratamiento testigo, implicando que las diferencias observadas en el barbecho del año 2023 (Tabla 4) no pudieran ser atribuidas a una interferencia diferencial de los CS sobre el enmalezamiento en el 2022. En 2023, los únicos tratamientos que mostraron diferencia estadística significativa fueron los rastrojos de avena negra y avena amarilla en comparación con el rastrojo de trébol, siendo este último, el tratamiento menos efectivo. El testigo presentó un valor intermedio entre el mejor tratamiento, avena negra y avena amarilla, y el peor tratamiento que fue trébol. Estos resultados enfatizan el impacto positivo de los rastrojos con mayor cobertura en el control del enmalezamiento.

Las estrategias de manejo de malezas que emplean barreras físicas, como el rastrojo, para bloquear la luz sólo resultan efectivas si las malezas a controlar son fotoblásticas positivas, como *C. glomeratum*, que depende de la luz para germinar. Aunque *S. media* no presenta fotoblasticidad inicialmente, estudios previos sugieren que las semillas adquieren esta característica con el tiempo cuando son enterradas (Ríos & Gimenez, 1992). Esto explica la mayor germinación de *S. media* y *C. glomeratum* en condiciones de bajos rastrojo de trébol (3,3% de cobertura) o sin cobertura, en comparación con el rastrojo de avena negra y amarilla (79 y 68% de cobertura respectivamente).

Es relevante destacar que no todas las malezas emergidas en 2023 derivaron de semillas producidas por aquellas que alcanzaron la fase reproductiva en 2022. El enmalezamiento predominante del sitio, compuesto mayoritariamente por malezas latifoliadas que ya incluían las especies referidas, sugiere que el banco de semillas del suelo estaba previamente enriquecido con propágulos de ciclos anteriores. En este sentido, la interrupción del ciclo reproductivo de las malezas no conlleva necesariamente su eliminación de un ciclo anual a otro, sino que debe entenderse como una estrategia de manejo poblacional que genera beneficios a largo plazo. No obstante, el impacto más inmediato en la reducción de la emergencia de malezas proviene de la selección adecuada

de CS que maximice la cobertura residual en el suelo, impidiendo la germinación. Una vez más, el control efectivo de las malezas dependerá del tipo de malezas que estén presentes en el sistema, determinando la elección adecuada del CS a sembrar, subrayando la importancia en el manejo de rastrojos y la relación C/N en la planificación de estrategias para el control de malezas.

En cuanto a otras especies de malezas que en 2022 alcanzaron estados reproductivos al final del ciclo de los CS, *Poa annua*, *Veronica Pérsica* y *Conyza sp*, mostraron un potencial diferencial de re-infestación entre los distintos CS. Sin embargo, no presentaron una re-infestación efectiva en el barbecho del año 2023. Estos resultados sugieren que no hubo diferencias significativas en la respuesta a los tratamientos durante el barbecho, probablemente debido a su limitada capacidad germinativa o presencia de dormancia, lo cual resultó en una baja infestación que dificultó su análisis.

Figura 7

Fotos en el barbecho (2023) con efectos residuales de los cultivos de servicio



4.4. ENMALEZAMIENTO DURANTE EL PERÍODO DE IMPLANTACIÓN DE CEBADA

4.4.1. Cobertura de malezas y rastrojo durante la implantación

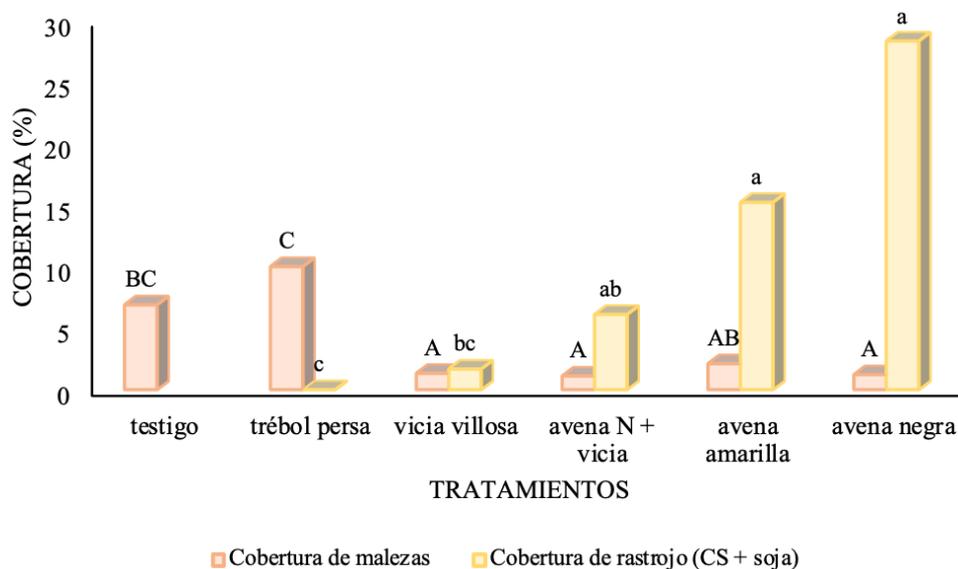
Al comparar la evaluación de implantación con la de barbecho, se evidenció una reducción en el porcentaje total de malezas en todos los tratamientos. Este efecto es

previsible, dado a la aplicación de glifosato previo a la siembra del cultivo eliminando la germinación de las primeras cohortes de cada especie de maleza. No obstante, a pesar de este control inicial, los efectos residuales de cada cultivo se manifestaron nuevamente durante el ciclo del cultivo.

En esta evaluación se reafirmó la tendencia observada previamente: a mayor cobertura de rastrojo, menor fue la cobertura de malezas. Los tratamientos con cultivo antecesor avena negra, vicia pura y la mezcla de ambas fueron los únicos que lograron diferenciarse significativamente del testigo sin cobertura en la reducción del enmalezamiento. En contraste, el rastrojo generado por la avena amarilla y trébol no fue suficiente para inhibir la germinación de malezas, presentando niveles de enmalezamiento similares a los observados en el testigo.

Figura 8

Cobertura de malezas y rastrojo en la etapa de implantación de cebada 2023 (%)



Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0,05$).

Letras mayúsculas corresponden a la significancia entre cobertura de malezas. Letras minúsculas corresponden a la significancia entre cobertura de rastrojo.

Estos resultados confirman que el efecto residual de los CS sobre el enmalezamiento en el barbecho otoñal también se manifestó dentro del cultivo de cebada. Esto es de particular relevancia, ya que, aunque la cebada tiene una alta tasa de crecimiento inicial, puede enfrentar serios problemas de interferencia por malezas en sus primeras etapas de desarrollo, antes del cierre de su entre fila, afectando su crecimiento y

su desarrollo. Si bien existen herbicidas selectivos para cebada que permiten controlar las malezas dentro del cultivo, estos requieren que el cultivo alcance un estado de desarrollo específico, impidiendo su uso temprano para eliminar la competencia. Es por esto que reducir el enmalezamiento en estas fases tempranas es crucial. Además, las herramientas culturales que contribuyan a disminuir la necesidad de herbicidas resultan estrategias altamente atractivas para mejorar la sostenibilidad del sistema.

El tratamiento de trébol siguió manifestando el mismo patrón, presentando la mayor cobertura de malezas. Durante el período de barbecho y hasta la etapa de implantación, se observó una disminución progresiva en la cantidad de rastrojo producido por esta especie, alcanzando su ausencia total en la presente evaluación. Aunque en esta evaluación, la vicia mostró niveles de cobertura similares a los de trébol, generó un enmalezamiento significativamente menor. Esto sugiere que ambas especies influyen de manera diferenciada en la dinámica poblacional de malezas, lo que indica que poseen capacidades de supresión distintas y podrían desempeñar roles complementarios en el manejo de enmalezamiento.

Difiriendo a lo sostenido por Baigorria (2022), quien afirma que los CS inhiben la germinación de las malezas independientemente de la especie utilizada, nuestros resultados mostraron una tendencia opuesta. En nuestro estudio, el tratamiento con trébol persa resultó no ser efectivo como controlador de malezas. Es por este motivo, que nos lleva a concluir que la inhibición de la germinación de malezas, sí depende de la especie utilizada como CS, resaltando la importancia de considerar las características de cada especie para evaluar su impacto sobre el control de malezas.

Los niveles de cobertura de rastrojo de vicia y su mezcla con avena negra fueron bajos al momento de la implantación, estos CS lograron el mismo control de enmalezamiento que el tratamiento de avena negra, el cual mantuvo niveles de cobertura de rastrojo superior. Estos resultados subrayan la presencia de un efecto residual de los CS que va más allá de la simple barrera física proporcionada por el sombreado del rastrojo, sugiriendo que otros mecanismos de regulación de población de malezas se encontraron influyendo en la magnitud de la supresión.

Esto podría explicarse como mencionó Aapresid (2022), por la capacidad de los CS de impedir que las malezas alcancen estados reproductivos, resultando en efectos significativos en el banco de semillas.

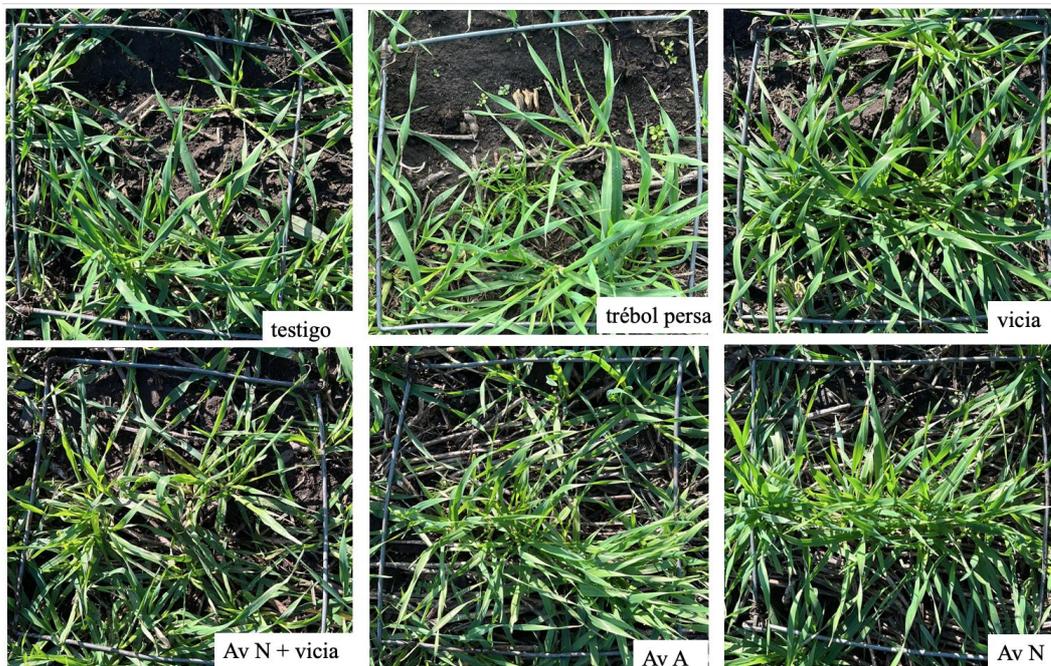
A pesar de la alta cobertura de rastrojo observada en el tratamiento de avena amarilla, el control de malezas en este período se comporta similar al testigo. Surgiendo como hipótesis de que, aunque la avena amarilla es eficaz en cubrir el suelo, su capacidad en inhibir la germinación de malezas es limitada en este período. Esta limitación podría estar relacionada con la característica fenológica de la avena amarilla, quien concentra en su ciclo la mayor parte de su producción de materia seca en la primavera (Zanoniani & Ducamp, 2000). Al generar esta cobertura más tarde, es posible que genere una ventana en el otoño e invierno permitiendo que las malezas se establezcan, logren llegar al final del ciclo del CS, aumentando el banco de semillas en el suelo. En cambio, la avena negra genera su mayor producción de materia seca en otoño e invierno (Zanoniani & Ducamp, 2000), logrando así una interferencia temprana contra las malezas. Este comportamiento se observó en los resultados del año 2022 (Figura 4), donde, en comparación con la avena negra, la avena amarilla mostró mayor porcentaje de malezas a pesar de tener buena cobertura de CS.

Los rastrojos de avena negra, vicia y su mezcla demostraron que tienen una capacidad superior para competir contra las malezas en el período de implantación, destacándose como opciones viables para el manejo de malezas en sistemas agrícolas. Estas especies no permiten que las malezas desarrollen su potencial de re-infestación, lo que resulta en menor re-infestación real durante la evaluación de implantación.

La evaluación reveló un promedio de cobertura del cultivo de 40%, no encontrándose diferencias significativas entre tratamientos. Este resultado es particularmente positivo, ya que los CS lograron una supresión efectiva de las malezas sin afectar negativamente el crecimiento del cultivo de cebada. Incluir CS apunta también a mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo; esperando que ello redunde en el mediano-largo plazo en mejores rendimientos para los cultivos siguientes en la rotación (Bianchini, 2018; Ernst, 2004).

Figura 9

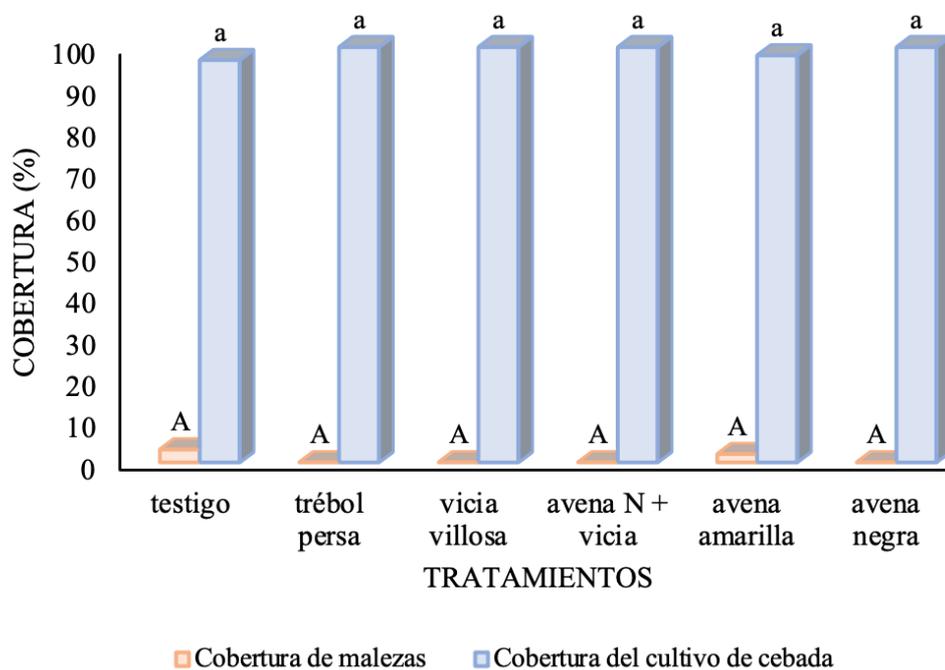
Fotos durante la implantación de cebada con efectos residuales de los cultivos de servicio

**4.5. ENMALEZAMIENTO EN PRE-COSECHA DEL CULTIVO DE CEBADA**

En la evaluación realizada el día 25 de octubre de 2023, se registró una cobertura del cultivo de cebada cercana al 100%, acompañada de una baja presencia de malezas en todos los tratamientos (Figura 10). No se detectaron diferencias significativas en el perfil del enmalezamiento invernal entre los tratamientos, evidenciándose porcentajes mínimos de presencia de malezas.

Figura 10

Cobertura de malezas y del cultivo de cebada en la etapa previo a cosecha (%)



Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0,05$).

Letras mayúsculas corresponden a la significancia entre cobertura de malezas. Letras minúsculas corresponden a la significancia entre cobertura de cultivo.

El cultivo de cebada presenta un potencial de interferencia significativo en comparación con otras especies cereales. La interferencia generada por cebada explica el descenso de este enmalezamiento sin la utilización de herbicidas por dos razones. En primer lugar, la significativa cobertura del cultivo de cebada limitó el espacio y los recursos disponibles, tanto aéreos como subterráneos, para el crecimiento de las malezas, reduciendo su proliferación por competencia. Por otro lado, es importante mencionar que el cultivar Arrayán, seleccionado para este ensayo posee efectos alelopáticos que pueden contribuir a la supresión de malezas, adicionando otra medida de manejo cultural más en la introducción de este cultivo (Capurro Barcia & Sotelo Rico, 2010). Es importante aclarar que, las condiciones meteorológicas ocurridas en el período pueden haber favorecido el crecimiento y desarrollo del cultivo, permitiéndole ejercer un mayor control cultural sobre las malezas, que, frente a la inexistencia de control químico, explica el bajo enmalezamiento a nivel de toda la chacra. Esto demuestra una vez más la efectividad de las coberturas en el manejo sostenible y control de malezas.

Aunque el efecto residual de los CS no fue evidente en la etapa de pre-cosecha, es importante mencionar que los resultados deben interpretarse en relación con el tipo de enmalezamiento presente en este ensayo, lo que deja abierta la posibilidad de que dichos efectos podrían diferir en situaciones de enmalezamiento más agresivo.

En la misma línea, a pesar de que el efecto residual se haya atenuado en la última etapa del cultivo, es importante destacar que contar con herramientas que permitan alcanzar barbechos limpios y de fácil control es sumamente valioso para el sistema, especialmente en aquellos barbechos cortos que limitan las opciones de control. Asimismo, disponer de una herramienta que muestre un efecto residual en el manejo de malezas durante las primeras etapas del cultivo de cebada es especialmente interesante, dado que es en esta la etapa donde el cultivo es más susceptible a la interferencia de malezas.

Contar con herramientas que permitan manejar el enmalezamiento de una manera más cultural, complementando los mecanismos de control químicos y reduciendo su uso en alguna etapa de la rotación, resulta de gran interés. Esto añade un servicio ecosistémico adicional al uso de CS, el manejo de malezas en el sistema.

5. CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación demuestran la existencia de un efecto residual de la incorporación de diversos CS, favorable en el manejo del enmalezamiento invernal del año siguiente, en comparación con un barbecho invernal prolongado.

El efecto sobre malezas varió según la especie de CS utilizada, de las especies de malezas presentes en el campo y del tiempo transcurrido.

Se destacó una relación entre la cobertura de rastrojo generada por los CS y la reducción del enmalezamiento invernal.

La incorporación de avena negra, avena amarilla y la mezcla de avena negra y vicia en la rotación contribuyó a lograr barbechos con menor enmalezamiento al año siguiente.

Durante la implantación del cultivo de cebada los rastrojos de avena negra y la mezcla de avena negra y vicia fueron los únicos que lograron mantener su efecto supresor.

Este trabajo sugiere que los CS son una herramienta efectiva para el manejo integrado de malezas en sistemas agrícolas en el mediano y largo plazo, siempre que se seleccione la especie adecuada para cada situación, minimizando así el riesgo de re-infestación.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aapresid. (2020, 23 de julio). *Cultivos de servicio multiespecie*.
<https://www.aapresid.org.ar/blog/cultivos-de-servicios-multiespecie>
- Aapresid. (2022, 30 de setiembre). *Cultivos de servicio: ¿Cómo maximizar su efecto en el control de malezas?* <https://www.aapresid.org.ar/blog/cultivos-servicios-maximizar-efecto-control-malezas>
- Acuña, L. A. (2019, 30 de setiembre). *Escenario de malezas tolerantes y resistentes*. Rainbow. <https://www.rainbowagrolatam.com/co/detalle-de-escenario-de-malezas-tolerantes-y-resistentes-174>
- Al-Shatti, A. H., Redha, A., Suleman, P., & Al-Hasan, R. (2014). The Allelopathic Potential of *Conocarpus lancifolius* (Engl.) Leaves on Dicot (*Vigna sinensis* L.), Monocot (*Zea mays* L.) and Soil-Borne Pathogenic Fungi. *American Journal of Plant Sciences*, 5(19), 2889-2903.
https://www.scirp.org/pdf/AJPS_2014091615181809.pdf
- Andriolo Irurueta, F., & Berger Bárcena, P. (2019). *Efectos de la especie y manejo de cultivos de servicio en el enmalezamiento invernal* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/29428/1/AndrioloIruruetaFelipe.pdf>
- Ayala, W., Bemhaja, M., Cotro, B., Docanto, J., García, J., Olmos, F., Real, D., Rebuffo, M., Reyno, R., Rossi, C., & Silva, J. (2010). *Forrajeras: Catálogo de cultivares*. INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1810/1/18429300810155513.pdf>
- Baigorria, T. (2021). Manejo de cultivos de cobertura para el control de malezas. En J. A. Scursoni (Ed.), *III Congreso Argentino de malezas* (pp. 19-20). ASACIM.
- Baigorria, T. (2022). *Método de interrupción (químico o rolado) de cultivos de cobertura y la influencia en la dinámica del agua, nitratos y malezas* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Rosario.
- Balkcom, K., Schomberg, H., Reeves, W., & Clark, A. (2007). Managing cover crops in conservation tillage systems. En A. Clark (Ed.), *Managing cover crops profitably* (3rd ed., pp. 44-61). SARE. <https://www.sare.org/wp-content/uploads/Managing-Cover-Crops-Profitably.pdf>
- Baraibar, B., Mitchell, C. H., Meagan E. S., Abbe, H., & Mortensen. D. A. (2018). Weed suppression in cover crop monocultures and mixtures. *Weed Science*, 66(1), 121-133. <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/A64B7FFE8A491B56C94385E8CF232A5C/S0043174517000595a.pdf/weed-suppression-in-cover-crop-monocultures-and-mixtures.pdf>

- Bedmar, F., Eyherabide, J. J., & Satorre, E. H. (2002). Bases para el manejo de malezas. En F. H. Andrade & V. O. Sadras (Eds.), *Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja* (2^{da} ed., pp. 273-311). INTA.
https://www.researchgate.net/publication/278405736_Bases_para_el_manejo_de_malezas
- Bernal, J. (1996). Manejo integrado de malezas. En Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Pasturas Tropicales* (pp. 129-139).
https://books.google.es/books?id=HbhVEeUzPjYC&pg=PA129&dq=malezas+caracter%C3%ADsticas&lr=&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=2#v=onepage&q=malezas%20caracter%C3%ADsticas&f=false
- Bertolotto, M., & Marzetti, M. (2017). *Cultivos de cobertura: Bases para su manejo en sistemas de producción*. Aapresid. https://issuu.com/aapresid/docs/aap-original_cultivos_de_cobertura
- Bianchini, A. (2018, 27 de febrero). Beneficios de los cultivos de cobertura. *Diario digital Horizonte*. <https://horizonteadigital.com/beneficios-de-los-cultivos-de-cobertura-por-agustin-bianchini-okandu/>
- Blackshaw, R. E., Brandt, R. N., Janzen, H. H., Entz, T., Grant, C. A., & Derksen, D. A. (2003). Differential Response of weed species to added nitrogen. *Weed Science*, 51(4), 532-539. <https://www.jstor.org/stable/4046599>
- Blum, U., King, L. D., Gerig, T. M., Lehman, M. E., & Worsham, A. D. (2009). Effects of clover and small grain cover crops and tillage techniques on seedling emergence of some dicotyledonous weed species. *American Journal of Alternative Agriculture*, 12(4), 146-161.
<http://doi.org/10.1017/S0889189300007487>
- Brennan, E. B., & Smith, R. F. (2005). Winter Cover Crop Growth and Weed Suppression on the Central Coast of California. *Weed Technology*, 19(4), 1017-1024.
https://www.researchgate.net/publication/232678868_Winter_Cover_Crop_Growth_and_Weed_Suppression_on_the_Central_Coast_of_California
- Buratovich, M. V., & Acciaresi, H. A. (2017). Cultivos de cobertura como moduladores de la emergencia de malezas naturales. *Tecnología agropecuaria*, 10(35), 47-50.
https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/207143/CONICET_Digital_Nro_f671ae1c-4976-4c9f-8a4a-dd9ffd95a4cb_B.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Buratovich, M. V., & Acciaresi, H. A. (2019). Manejando malezas con cultivo cobertura: Una alternativa tecnológica para disminuir el uso de herbicidas. *Malezas*, 10(39), 51-54.
<https://www.dropbox.com/s/ijr3yz3crkwabi/Buratovich%2051-55.pdf>
- Buratovich, M. V., & Acciaresi, H. (2021, 25 de octubre). *Los cultivos de cobertura y la dinámica poblacional de malezas en el manejo de malezas: Rama negra como caso de estudio*. Horizonte A. <https://horizonteadigital.com/los-cultivos-de-cobertura-y-la-dinamica-poblacional-de-malezas-en-el-manejo-de-malezas-rama-negra-como-caso-de-estudio/>

- Capurro Barcia, P., & Sotelo Rico, E. M. (2010). *Interferencia alelopática de cultivares de cebada sobre Lolium multiflorum L.* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/23530/6/CapurroBarciaPilara.pdf.pdf>
- Carámbula, M. (2007). *Verdeos de invierno*. Hemisferio Sur.
- Clark, A. (Ed.). (2007). *Managing Cover Crops Profitably* (3rd ed.). SARE.
<https://www.sare.org/wp-content/uploads/Managing-Cover-Crops-Profitably.pdf>
- Davis, A. S. (2006). When does it make sense to target the weed seed bank? *Weed Science*, 54(3), 558-565. <http://dx.doi.org/10.1614/WS-05-058R.1>
- Dorn, B., Jossi, W., & Heijden, M. G. A van der. (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>
- Ernst, O. (2004). Leguminosas como cultivo de cobertura. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, (21), 1-9.
https://www.researchgate.net/publication/237516209_LEGUMINOSAS_COMO_CULTIVO_DE_COBERTURA
- Fernández, G. (1993). Competencia de malezas en cultivos. En A. Ríos (Coord.), *Seminario de actualización técnica sobre manejo de malezas: Resúmenes* (p. 7). INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/15913/1/INIA.1993.Seminario-de-Actualizacion-tecnica-sobre-manejo-de-malezas.pdf>
- Fernández, G. (2020). *Informe final: Etapa 3: Proyecto plaguicidas GCP URU/031/GFF Acuerdo FAO/FAGRO-UDELAR*. Ministerio de Ambiente.
<https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/INFORME%20FINAL-%20Validaci%C3%B3n%20de%20la%20estrategia%20de%20manejo%20vegetal%20para%20el%20control%20de%20malezas...%20%28coberturas%29.pdf>
- Fernando, M., & Sherstha, A. (2023). The potential of Cover Crops for the Weed Management: A Sole Tool or Component of an Integrated Weed Management System? *Plants*, 12(4), Artículo e752. <https://doi.org/10.3390/plants12040752>
- Ferreira, A. C. de B., Borin, A. L. D. C., Bogiani, J. C., & Lamas, F. M. (2018). Suppressive effects on weeds and dry matter yields of cover crops: Supressão de invasoras e produtividade de matéria seca por plantas de cobertura. *Crop Science*, 53(5), 566-574. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000500005>
- Flower, K. C., Cordingley, N., Ward, P. R., & Weeks, C. (2012). Nitrogen, weed management and economics with cover crops in conservation agriculture in a Mediterranean climate. *Field Crops Research*, 132, 63-75.
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.09.011>

- Garay, J. A. (2018). *Los cultivos de cobertura como una estrategia de control de malezas con menor impacto ambiental*. INTA. <http://www.asacim.org.ar/wp-content/uploads/2018/10/GARAY-2018-b.pdf>
- Gilsanz, J. C. (2012). *Abonos verdes en la producción hortícola: Usos y manejo*. INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2548/1/18429180912091518.pdf>
- Google. (2024). [Ubicación del ensayo, EEMAC, Paysandú, Uruguay. Mapa]. Recuperado el 4 de noviembre 2024, de https://earth.google.com/web/search/Estación+Experimental+%22Dr%2e+Mario+A%2e+Cassinoni%22-Facultad+de+Agronomía,+Paysandú+Departamento+de+Paysandú/@-32.38038461,-58.05275829,53.54923797a,559.86891181d,35y,0h,0t,0r/data=CnMaRRI_CiUweDk1YWZjODg3ZjcxMTFmYzk6MHgxMGY0ZGFhOWQwZjMwNjFmKhZFc3RhY2nDs24gRXhwZXJpbWVudGFsGAIGASImCiQJMjNjYgBYNkARLpnDYgBYNsAZzLWCyHgwPEAh9m3r02MiU8BCAaggBOgMKATBCAaggASg0I_____ARAA
- Heap, I. (2024). *International herbicide-resistant weed database*. <http://www.weedscience.org/Home.aspx>
- INTA Marcos Juárez. (2020). *Simposio de cultivos de cobertura: CC para el manejo integrado de malezas en el centro de Córdoba* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=R_NsamkD9PM
- Jha, P., Kumar, V., Godara, R. K., & Chauhan, B. S. (2017). Weed management using crop competition in the United States: A review. *Crop protection*, 95, 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.06.021>
- Kahl, M., Ecclesia, R. P., Marnetto M. J., & Maydana, C. (2021). Supresión de malezas por los cultivos de servicio. *Serie de 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
- Kaspary, T., García, A., Jorajuría, P., & Cabrera, M. (2020). Uso de Avena negra y rolando en el manejo de malezas. *Revista INIA*, (61), 47-51. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/14494/1/Rev-INIA-61-Junio-2020-p-47-51.pdf>
- Kaspary, T. E., García, M. A., & Cabrera, M. (2022). *Criterios para implantación de cultivos de servicio gramíneos con foco en el manejo de malezas*. INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/16372/1/Cartilla-INIA-98-2022.pdf>
- Koudahe, K., Allen, S. C., & Djaman, K. (2022). Critical review of the impact of cover crops on soil properties. *International Soil and Water Conservation Research*, 10(3), 343-354. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2022.03.003>

- Kruk, B. C., Benech-Arnold, R. L., & Oreja, F. H. (2016). *Dinámica del problema de enmalezamiento: Distintos enfoques y métodos de evaluación*. En E. H. Satorre, B. C. Kruk & E. B. de la Fuente (Eds.), *Bases y herramientas para el manejo de malezas* (73-89). EFA.
- Kruk, B. C., Cerbino, G., Mac Muller, J., & Rodriguez, S. (2021). El proceso de enmalezamiento regulado por la presencia de un canopeo: Efecto de diferentes secuencias de cultivos. En Asociación Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *III Congreso Argentino de malezas: Malezas 2021: Ciencia, producción y sociedad: Hacia un manejo sustentable* (p. 52). https://www.asacim.org.ar/wp-content/uploads/2021/09/Actas_Malezas-2021_VF.pdf
- Kruk, B. C., Rodríguez, S., Moya, M., & Satorre, E. H. (2022). Limitantes de la adopción del manejo integrado de malezas en sistemas productivos de granos en la región pampeana argentina. *Malezas*, (7), 30-39. https://asacim.org.ar/wp-content/uploads/2022/07/1656537968488_ASACIM_07.pdf
- Kumar, V., Singh, V., Flessner, M. L., Haymaker, J., Reiter, M. S., & Mirsky, S. B. (2023). Cover crop termination options and application of remote sensing for evaluating termination efficiency. *PLoS ONE*, 17(4), Artículo e0284529. <https://doi-org.proxy.timbo.org.uy/10.1371/journal.pone.0284529>
- Lattanzi, F. (2019). Puentes verdes: Una solución al servicio del medioambiente y la producción sustentable. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, A. Horack & M. J. García (Eds.), *INIA informa: Especial suelos* (pp. 12-13). <http://www.ainfo.inia.uy/consulta/busca?b=pc&id=60503&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22LATTANZI,%20F.%22&qFacets=autoria:%22LATTANZI,%20F.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>
- Lawson, A., Cogger, C., Bary, A., & Fortuna, A. M. (2015). Influence of Seeding Ratio, Planting Date, and Termination Date on Rye-Hairy Vetch Cover Crop Mixture Performance under Organic Management. *PLoS ONE*, 10(6), Artículo e0129597. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0129597>
- Ley n° 15.239: *Declaración de Interés Nacional: Uso y Conservación de los Suelos y Aguas Superficiales destinados a fines Agropecuarios*. (1982). IMPO. <https://www.impo.com.uy/bases/decretos-ley/15239-1981#:~:text=TEXTO%20ORIGINAL%3A%20Decreto%20Ley%20N%C2%BA,%20F12%20F1981%20art%C3%ADculo%201>
- Liebman, M., Basche, A. D., Nguyen, H. T. X., & Weisberger, D. A. (2022). How can cover crops contribute to weed management?: A modelling approach illustrated with rye (*Secale cereale*) and *Amaranthus tuberculatus*. *Weed Research*, 62(1), 1-11. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/wre.12508>
- Lin, B. B. (2011). Resilience in Agriculture through Crop Diversification: Adaptive Management for Environmental Change. *BioScience*, 61(3), 183-193. <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.3.4>

- Liu, S., Ma, Z., Zhang, Y., Chen, Z., Du, X., & Mu, Y. (2022). The Impact of Different Cover Crops on Weed Suppression and Corn Yield under Different Tillage Systems. *Agronomy*, 12(5), Artículo e999. <https://doi.org/10.3390/agronomy12050999>
- Magdoff, F & Van Es, H. (2021). *Building Soils for Better Crops: Ecological management for healthy soils* (4th ed.). SARE. <https://www.sare.org/wp-content/uploads/Building-Soils-for-Better-Crops.pdf>
- Malaspina, M., Chantre, G. R., & Yannicari, M. E. (2022). Mezclas de cultivos de cobertura como estrategia para el manejo de malezas en sistemas extensivos del centro - sur bonaerense. *Malezas*, (8), 36-48. https://www.researchgate.net/publication/366301087_Mezclas_de_cultivos_de_cobertura_como_estrategia_para_el_manejo_de_malezas_en_sistemas_extensivos_del_centro-sur_bonaerense
- Mejor prevenir: Control de semillas de malezas a cosecha. (2022). *Revista Aapresid*, (n.esp.), 128-134. https://issuu.com/aapresid/docs/revista_aapresid_ec
- Mérola, R., & Díaz, S. (2012). *Métodos, técnicas y tratamientos para inhibir la dormancia en semilla de plantas forrajeras*. Universidad de la Empresa. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/12563/1/Pasantia-Post-grado-Merola-Saulo-Diaz-2012.pdf>
- Mirsky, S. B., Curran, W. S., Mortensen, D. M., Ryany, M. R., & Shumway, D. L. (2011). Timing of Cover-Crop Management Effects on Weed Suppression in No-Till Planted Soybean using a Roller-Crimper. *Weed Science*, 59(3), 380-389. <http://dx.doi.org/10.1614/WS-D-10-00101.1>
- Mora, C. P. (2012). *Efecto de abonos verdes de invierno sobre malezas y cultivos de maíz (Zea mays L.) en el Distrito de Curuguaty* [Trabajo final de grado]. Universidad San Carlos.
- Nichols, V., English, L., Carlson, S., Gailans, S., & Liebman, M. (2020). Effects of Long-Term Cover Cropping on Weed Seedbanks. *Frontiers in Agronomy*, 2, Artículo e591091. <https://doi.org/10.3389/fagro.2020.591091>
- Ordoñez, J. A. B., & Masera, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y bosques*, 7(1), 3-12. <https://www.redalyc.org/pdf/617/61770102.pdf>
- Ovalle, C., Rodríguez, F., Osman, A., Espinoza, S., & del Pozo, A. (2020). Beneficios, restricciones y limitaciones de las cubiertas vegetales. En C. Ovalle Molina (Ed.), *Cubiertas vegetales: Una herramienta fundamental para el manejo sustentable del suelo en huertos frutales, viñedos y hortalizas* (pp. 15-31). INIA. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6936/Bolet%C3%ADn%20INIA%20N%C2%B0%20425?sequence=1&isAllowed=y>
- Picasso. (s.f.). *Trébol Persa, leguminosa anual para cultivo de servicio*. <https://www.picasso.com.ar/trebol-persa-trifolium-resupinatum/>

- Pinto, P., & Piñeiro, G. (2018a). *Cultivos de servicios, una alternativa para el manejo de malezas* [Contribución]. Congreso Argentino de Malezas, Buenos Aires. 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
- Pinto, P., & Piñeiro, G. (2018b). Intensificación ecológica en los agroecosistemas de la Región Pampeana: El rol de los cultivos de servicio. En L. Borrás (Ed.), *Manejo de Maíz Flint* (pp. 81-91). Kellogg's; DACSA; Facultad de Ciencias Agrarias. https://www.dacsa.com/wp-content/uploads/2019/04/LIBRO-3-Manejo-del-ma%C3%ADz-flint_compressed-comprimido.pdf#page=82
- Piñeiro, G., Pinto, P., Arana, S., Sawchik, J., Díaz, J. I., Gutiérrez, F., & Zarza, R. (2014). Cultivos de servicio: Integrando la ecología con la producción agrícola. En M. L. Peschiutta, M. Riera & M. Arias (Coords.), *Libro de resúmenes 26° Reunión Argentina De Ecología: Ecología y Desarrollo: Un desafío hacia la sustentabilidad* (p. 59). Asociación Argentina de Ecología. https://www.asaeargentina.com.ar/docs/rae/XXVI_RAE.pdf
- Ravasi, B. (2023). *Cultivos de servicio: Impacto que producen sobre la sustentabilidad de los sistemas agrícolas en la localidad de Avellaneda, Provincia de Córdoba*. Universidad Nacional de Córdoba. https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/549360/Cultivos%20de%20servicio.%20Impacto%20que%20producen%20sobre%20la%20sustentabilidad%20de%20los%20sistemas%20agr%C3%ADcolas%20en%20la%20localidad%20de%20Avellaneda%2C%20Provincia%20de%20C%C3%B3rdoba_%20Ravasi.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rebora, C., Bertona, A., Ibarguren, L., & Corradini, V. (2022). ¿Qué son los cultivos de servicios?: Uso en Argentina y su potencial en Mendoza. *Experticia*, 1(13), 23-26. <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/experticia/article/view/5764/4709>
- Renzi, J., & Cantamutto, M. (2007). *Efecto de la estructura del cultivo sobre el rendimiento de semillas de Vicia sativa L. Vicia villosa Roth*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/101-Renzi-Vicia.pdf
- Restovich, S. B., Andriulo, A. E., & Portela, S. I. (2012). Introduction of cover crops in a maize–soybean rotation of the Humid Pampas: Effect on nitrogen and water dynamics. *Field Crops Research*, 128, 62-70. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.12.012>
- Rey, L. (2023). Do service crops always involve effective weed management? *Agrociencia Uruguay*, 27(Supl.), Artículo e1232. <https://doi.org/10.31285/AGRO.27.1232>

- Rillo, S. N. (2022). *Impacto de los cultivos de cobertura sobre propiedades edáficas en secuencias soja-soja en hapludoles del oeste de la región Pampeana* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de la Pampa.
- Rimski-Korsakov, H., & Álvarez, C. R. (2016). Cultivos de cobertura. En C.R. Álvarez & H. Rimski-Korsakov (Eds.), *El gran suelo* (pp. 121-133). EFA
https://www.ciaorganico.net/documypublic/126_libro_fertilidad_de_suelos-pvo_isbn.pdf
- Ríos, A., & Gimenez, A. (1992). Ecofisiología de malezas. *Revista INIA de Investigaciones Agropecuarias*, 2(1), 157-166.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8844/1/15630031207141423.pdf>
- Rubione, C. (2021). *Cultivos de cobertura*. Maleza en foco.
<https://www.malezaenfoco.com/herramientas-mim/cultivos-de-cobertura/>
- Ruffo, M. F. (2003). *Factibilidad de inclusión de cultivos de cobertura en Argentina* [Contribución]. XI Congreso Nacional de AAPRESID, Argentina.
- Ruffo, M. L., & Parsons, A. T. (2004). Cultivos de Cobertura en Sistemas Agrícolas. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, (21).
[http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/B7943BF2B6036328852579990060EBB9/\\$FILE/Cultivo%20Cobertura-Matias%20Ruffo.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/B7943BF2B6036328852579990060EBB9/$FILE/Cultivo%20Cobertura-Matias%20Ruffo.pdf)
- Sampietro, D. A. (2003). *Alelopatía: Concepto, características, metodología de estudio e importancia*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/19-alelopatia.pdf
- Sawchik, J., Siri-Prieto, G., Ayala, W., Barrios, E., Bustamante, M., Ceriani, M., Gutiérrez, F., Mosqueira, J., Otaño, C., Pérez, M., Piñeiro, G., Pinto, P., Terra, J., & Zarza, R. (2015). El sistema agrícola bajo amenaza: ¿Que aportan los cultivos de cobertura y/o las pasturas cortas? En A. Ribeiro & M. Barbazán (Eds.), *Buscando el camino para la intensificación sostenible para la agricultura* (pp. 149-168). INIA.
https://www.researchgate.net/publication/283582178_El_sistema_agricola_bajo_amenaza_que_aportan_los_cultivos_de_cobertura_yo_las_pasturas_cortas
- Smith, R. G., Bruto, K. L., & Robertson, G. P. (2008). Effects of crop Diversity on Agroecosystem Function: Crop Yield Response. *Ecosystems*, 11, 355-366.
<https://doi.org/10.1007/s10021-008-9124-5>
- Teasdale, J. R. (2004). Principios y prácticas para el uso de cultivos de cobertura en el manejo de sistemas de malezas. En R. Labrada (Ed.), *Manejo de malezas para países en desarrollo*. <https://www.fao.org/3/y5031s/y5031s0d.htm>
- Teasdale, J. R., & Mohler, C. L. (1993). Light Transmittance, Soil Temperature, and Soil Moisture under Residue of Hairy Vetch and Rye. *Agronomy Journal*, 85(3), 673-680.

- Van Eerd, L. L., Chahal, I., Peng, Y., & Awrey, J. C. (2023). Influence of cover crops at the four spheres: A review of ecosystem services, potential barriers, and future directions for North America. *Science of the Total Environment*, 858(3), Artículo e159990. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159990>
- Vanzolini, J. I., & Galantini, J. A. (2013). Cultivos de Cobertura. En J. P. Renzi & M. A. Cantamutto (Eds.), *Vicias: Bases agronómicas para el manejo en la Región Pampeana* (pp. 233-250). INTA. https://www.researchgate.net/publication/316216301_Cultivos_de_cobertura
- Walsh, B. D., Salmins, S., Buszard, D. J., MacKenzie, A. F. (1996). Impact of soil management systems on organic dwarf apple orchards and soil aggregate stability, bulk density, temperature and water content. *Canadian journal of soil science*, 76, 203-209. <https://cdnsiencepub.com/doi/pdf/10.4141/cjss96-028>
- Zambrano-Navea, C., Bastida, F., & Gonzalez-Andujar, J. L. (2018). Demography of *Conyza bonariensis* (Asteraceae) in a ruderal Mediterranean habitat. *Phytoparasitica*, 46, 263-272. <https://doi.org/10.1007/s12600-018-0647-9>
- Zanoniani, R.A., & Ducamp, F. (2000). Consideraciones a tener en cuenta en la elección de verdeos de invierno. *Cangüé*, (18), 22-26.
- Zimdahl, R. L. (2004). *Weed-Crop Competition* (2nd ed.). Blackwell Publishing.