

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DEL RASTROJO DE SEIS CULTIVOS DE SERVICIO Y DOS
TECNOLOGÍAS DE DESECACIÓN EN LA DINÁMICA DEL
ENMALEZAMIENTO EN BARBECHO Y CULTIVO DE SOJA**

por

**Virginia Micaela CURTI CRUZ
Lucía Ema RAMOS GONZÁLEZ**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2023**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por:

Director:

Ing. Agr. (Dra.) Grisel Fernández Childs

Ing. Agr. Luciana Rey Arocena

Ing. Agr. Santiago Álvarez

Fecha:

6 de marzo del 2024

Estudiante:

Virginia Micaela Curti Cruz

Lucía Ema Ramos González

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a nuestra tutora, Grisel y a Luciana, por su paciencia en el acompañamiento de este largo proceso. Por su dedicación a la investigación.

A la Facultad de Agronomía por darnos esta hermosa profesión.

A nuestras familias por acompañarnos en este camino, a nuestras madres, padres y hermanos, que siempre estuvieron en este proceso.

A amigos y amigas que estuvieron con nosotras.

A nuestras respectivas parejas, Gustavo y Martín, por ser incondicionales para nosotras.

A Arantza por darnos el último empujón con su llegada.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	6
RESUMEN.....	8
SUMMARY	9
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 CULTIVOS DE SERVICIO.....	11
2.1.1 Efecto de los Cultivos de Cobertura sobre el enmalezamiento.....	12
2.1.2. Efecto del rastreo de los cultivos de cobertura en el enmalezamiento.....	25
2.1.3. Efecto del cultivo de cobertura al cultivo siguiente	30
2.2. EFECTO DEL ROLADO COMO MÉTODO DE DESECACIÓN DE CULTIVOS DE SERVICIO	33
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1. LOCALIZACIÓN	38
3.2. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	38
3.3. METODOLOGÍAS DE INSTALACIÓN	39
3.4. DETERMINACIONES	40
3.4.1. Determinaciones en los cultivos de servicio (CS):.....	40
3.4.2. Determinaciones a nivel del enmalezamiento:	41
3.4.3. Determinaciones a nivel de cultivo de soja:.....	41
3.5. PROCESAMIENTO	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1. RESULTADOS EN LOS CULTIVOS DE SERVICIO Y EL BARBECHO.....	44
4.1.1. Producción de biomasa de los CS previo a la desecación	44
4.1.2. Composición y arquitectura de la cobertura del suelo 15 días post desecación.	45
4.1.3. Composición de la cobertura del suelo 30 días post-desecación	49
4.1.4. Enmalezamiento en barbecho.....	51
4.1.5. Biomasa de rastreo previo a la siembra de soja.....	56

4.2. RESULTADOS DE LA ETAPA DE CULTIVO.....	57
4.2.1. Densidad y desarrollo de soja a los 15 días post siembra.....	57
4.2.2. Composición de la cobertura del suelo, densidad y desarrollo de soja y enmalezamiento a los 25 días post siembra	59
4.2.3. Cobertura de rastrojo de CS, malezas totales y por especie, 42 días después de la siembra de soja.....	67
4.2.4. Crecimiento, desarrollo de soja y enmalezamiento a los 63 días post siembra.....	71
4.2.5. Rendimiento de soja.	74
5. CONCLUSIONES	76
6. BIBLIOGRAFÍA.....	77

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Figura No.	Página
Figura 1. <i>Croquis del experimento.</i>	39
Figura 2. <i>Temperatura promedio y precipitación acumulada mensual ocurridas en el período de estudio y promedios históricos.</i>	44
Figura 3. <i>Bimasa de los CS (kg MS ha⁻¹) previo a la desecación.</i>	45
Figura 4. <i>Cobertura total de suelo en % por restos secos y frescos, del CS y de malezas (MZS) a los 15 días post desecación.</i>	46
Figura 5. <i>Fotos de Cent. y Rg con ambas tecnologías de desecación, a los 15 días post desecación.</i>	49
Figura 6. <i>Cobertura total de suelo en % por restos secos y frescos del CS y de malezas (MZS) a los 30 días post desecación.</i>	50
Figura 7. <i>Fotos de Av. B y Cent. + V rolados a los 15 y 30 días post desecación.</i>	51
Figura 8. <i>Densidad total en plantas m⁻² de malezas en barbecho.</i>	52
Figura 9. <i>Densidad de malezas en plantas m⁻² por ciclo, según tratamiento.</i>	53
Figura 10. <i>Densidad de malezas en plantas m⁻² para, Stachys arvensis (> 3 hojas), Echinochloa colona y Conyza spp.</i>	54
Figura 11. <i>Densidad total de malezas en plantas m⁻² por ciclo, según CS.</i>	55
Figura 12. <i>Biomasa de rastrojo (kg MS ha⁻¹) previo a la siembra de soja según CS y tecnología de desecación.</i>	56
Figura 13. <i>Densidad total en plantas. m⁻¹ de soja para CS desecado con herbicida y testigo.</i>	59
Figura 14. <i>Cobertura del suelo en % por soja, por malezas (MZS) secas y frescas, a los 25 días post siembra.</i>	61
Figura 15. <i>Cobertura total de suelo en %, por cultivo de soja, rastrojos, restos secos y frescos de malezas (MZS), a los 25 días post siembra.</i>	62
Figura 16. <i>Densidad total en plantas m⁻² de malezas y por ciclo, según CS.</i>	64
Figura 17. <i>Densidad de rebrote de plántulas en el tratamiento raigrás rolado.</i> ..	65
Figura 18. <i>Densidad total en plantas m⁻² de malezas y de Echinochloa colona total, para CS desecados con herbicida y el testigo.</i>	66
Figura 19. <i>Porcentaje de cobertura del suelo por rastrojo y por malezas totales, para cada tratamiento.</i>	67
Figura 20. <i>Regresión entre rastrojo y malezas totales.</i>	68

Figura 21. <i>Porcentaje de cobertura del suelo por rastrojo y por malezas totales, para cada CS.....</i>	68
Figura 22. <i>Porcentaje de cobertura del suelo por Digitaria sanguinalis (DIG) y Echinochloa colona (ECH), para cada tratamiento.....</i>	69
Figura 22. <i>Densidad en plantas m⁻² de malezas totales, latifoliadas (HA) totales y Echinochloa colona, según tratamiento.</i>	71
Figura 23. <i>Altura de plantas (cm) y entre surco descubierto (cm) para cada tratamiento.....</i>	72
Figura 24. <i>Rendimiento promedio de la soja en kg ha⁻¹ corregidos por humedad, para los diferentes CS y el Testigo.</i>	74

Cuadro No	Página
Cuadro 1. <i>Porcentaje de CS seco decumbente a los 15 días post desecación.</i>	48
Cuadro 2. <i>Densidad total en plantas. m⁻¹ de soja y % del total de plantas en estadio V2 según tratamiento.</i>	57
Cuadro 3. <i>Densidad total en plantas. m⁻¹ de soja y % del total de plantas en estadio V2 según CS y tecnología de desecación.</i>	58
Cuadro 4. <i>Cobertura total del suelo y por rastrojo en %, a los 25 días post siembra.</i>	60
Cuadro 5. <i>Densidad total en plantas. m⁻¹ de soja y % del total de plantas en estadio V3 según CS y tecnología de desecación.</i>	63
Cuadro 6. <i>Densidad total de malezas estivales de Echinochloa colona según número de hojas, y porcentaje de Echinochloa colona en el total de malezas. ..</i>	65
Cuadro 7. <i>Porcentaje de cobertura de rastrojos, de malezas totales, de Digitaria sanguinalis (DIG) y Echinochloa colona (ECH), para los CS y el testigo.....</i>	70
Cuadro 8. <i>Altura de plantas de soja y entre surco descubierto en cm según CS y testigo.....</i>	73

RESUMEN

Durante los años 2019 y 2020, se establecieron una serie de pruebas en la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" (E.E.M.A.C.), departamento de Paysandú, con el propósito de evaluar los efectos de seis cultivos de servicio (CS) avena negra (*Avena strigosa*), avena blanca (*Avena sativa*), centeno (*Secale cereale*), raigrás (*Lolium multiflorum*), avena negra más vicia (*Vicia villosa*) y centeno con vicia, combinado con dos tecnologías de desecación: herbicida y rolado, en el enmalezamiento y desarrollo y rendimiento del cultivo de soja. El diseño experimental se ajustó a un modelo de parcelas subdivididas en franjas, tiene estructura de bloques al azar con 3 repeticiones con tamaño de parcela de 10 x 10 m. Cada parcela se subdivide en 2 partes iguales, una tratada con herbicida y la otra con rolo. Las determinaciones realizadas en barbecho fueron: producción de materia seca previo a la desecación, y previo a la siembra de la soja; cobertura del suelo por rastrojos y malezas, la densidad, estructura y composición del enmalezamiento. Durante el ciclo del cultivo de soja: la implantación, desarrollo, crecimiento y rendimiento de la soja, cobertura del rastrojo, malezas y enmalezamiento. Las variables estimadas fueron procesadas utilizando el programa INFOSTAT, realizándose ANAVA y prueba de comparación múltiple por test de Tukey (0,05). Se encontraron efectos del tipo de CS y de la tecnología, así como interacciones de estos efectos en desecación en la densidad de malezas y composición del enmalezamiento en barbecho como en la etapa de cultivo. En barbecho, todos los CS determinaron similares densidades de malezas, independientemente de la tecnología de desecación, excepto avena blanca con rolado que tuvo mayores densidades. Avena blanca y centeno que determinaron baja cobertura de rastrojo y rolado, tuvieron mayores porcentajes de malezas frescas y de especies latifoliadas invernales. En los CS con baja cobertura de rastrojo y bajo el tratamiento de herbicida se anticipó el enmalezamiento gramíneo estival comportándose igual que el testigo. En la etapa de cultivo de soja, los CS que determinaron inicialmente menor porcentaje de rastrojo tuvieron mayor porcentaje de malezas frescas, mayor densidad de malezas totales, estivales totales y de *Echinochloa colona*. Los CS con baja cobertura por rastrojo y con rolado tuvieron mayor densidad de malezas. La cobertura de malezas fue reducida en más del 50% en los CS que lograron 50% de cobertura por rastrojo en comparación con el testigo sin CS previo. En soja se detectaron efectos del CS previo, de la tecnología de desecación y de la interacción de ambos efectos. Con baja cobertura por rastrojo, el rolado determinó menor implantación de soja que la aplicación de herbicida, pero sin cambios en el desarrollo. Se podrían haber evidenciado efectos alelopáticos de Av. N y Rg, afectando la emergencia y/o desarrollo de soja. El rendimiento de soja, se vio más afectado por la combinación de alta cobertura por rastrojo y efecto alelopáticos de este en el crecimiento y desarrollo de soja, como fue el caso de Av. N.

Palabras clave: cultivo de servicio, rolado, herbicida, enmalezamiento, rastrojo

SUMMARY

During the years 2019 and 2020, a series of tests were established at the "Dr. Mario A. Cassinoni" (E.E.M.A.C.), department of Paysandú, with the purpose of evaluating the effects of six service crops (CS) black oats (*Witch hazel*), white oats (*Avena sativa*), centeno (*Rye cereal*), raigras (*A multi-flowered lily*), black oats plus vetch (*A villous vice*) and rye with vetch, combined with two desiccation technologies: herbicide and rolling, in weeding and soybeans. The experimental design was adjusted to a model of plots subdivided into strips, it has a random block structure with 3 repetitions with a plot size of 10 x 10 m. Each plot is subdivided into 2 equal parts, one treated with herbicide and the other with rolo. The determinations made in fallow were: dry matter production prior to desiccation, and prior to sowing soybeans; soil cover by stubble and weeds, the density, structure and composition of the weeds. At the soybean level: soybean implantation and development, stubble and weed coverage, weeding, soybean growth and development, and soybean yield. The estimated variables were processed using the INFOSTAT program, performing ANAVA and multiple comparison testing using the Tukey test (0.05). Effects of the type of CS and technology were found, as well as interactions of these effects on desiccation on weed density and weed composition in fallow and in the cultivation stage. In fallow, all CS determined similar weed densities, regardless of the desiccation technology, except Av. B with rolling, which had higher densities. Av. B and Cent. that determined low coverage of stubble and rolling, had higher percentages of fresh weeds and winter broadleaf species. The CS with low stubble and herbicide coverage anticipated summer grass weeding, behaving the same as the control. In the soybean cultivation stage, the CS that initially determined a lower percentage of stubble had a higher percentage of fresh weeds, a higher density of total weeds, total summer weeds and *Echinochloa colona*. The CS with low stubble coverage and with rolling had higher weed density. Weed cover was reduced by more than 50% in the CS that achieved 50% stubble coverage compared to the control without previous CS. In soybeans, effects of the previous CS, the desiccation technology and the interaction of both effects were detected. With low stubble coverage, rolling determined less soybean implantation than herbicide application, but without changes in development. Allelopathic effects of Av. N and Rg could have been evident, affecting the emergence and/or development of soybean. Soybean yield was more affected by the combination of high stubble coverage and its allelopathic effect on soybean growth and development, as was the case of Av. N.

Keywords: service crop, rolling, herbicide, weeding, stubble

1. INTRODUCCIÓN

La intensificación de la producción agrícola que tuvo lugar en el país en los últimos tiempos, provocó una degradación importante del agroecosistema, aumentando principalmente la erosión de los suelos, así como la presencia de enmalezamientos complicados asociado a un uso indiscriminado y excesivo de agroquímicos, entre otros.

Buscando contrarrestar fundamentalmente los efectos a nivel de la erosión de los suelos en el año 2013 se implementa la ley de Uso y Conservación de Suelos y Aguas (Ley No 18.564). La aplicación de la ley ha promovido el uso de cultivos de coberturas invernales, instalándose esta práctica como una valiosa herramienta para lograr sistemas productivos sustentables.

Se ha demostrado que el uso de estos cultivos cumple diferentes roles en el ecosistema. Además de poder minimizar las pérdidas de suelo por erosión, permite un control cultural de los enmalezamientos y de esta forma reducir las cantidades utilizadas de herbicidas.

De la misma forma, surgió el rolado como alternativa mecánica para desecar las coberturas, como una manera de disminuir la carga de herbicidas al depositar la cobertura sobre la superficie del suelo, evitando la emergencia de malezas en barbecho y en los primeros estadios del cultivo siguiente.

En este marco, con el propósito de aportar información que contribuya a la sustentabilidad de los sistemas, el siguiente trabajo tuvo como objetivo principal, estimar los efectos de seis cultivos de servicio avena negra (*Avena strigosa*), avena blanca (*Avena sativa*), centeno (*Secale cereale*), raigrás (*Lolium multiflorum*), mezcla de avena negra y vicia (*Vicia villosa*) y mezcla de centeno con vicia, en combinación con dos tecnologías de desecación: herbicida (método químico) y rolado (método mecánico), sobre el enmalezamiento del barbecho y del cultivo de soja siguiente, así como los efectos de los factores, en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de la soja.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CULTIVOS DE SERVICIO

El modelo agrícola actual, es un sistema de producción donde ingresa energía proveniente de fertilizantes, agroquímicos y mecanización (combustibles), dando como resultado elevados rendimientos, pero a su vez arroja costos económicos muy altos, asociado al deterioro de los servicios ecosistémicos. Es por ello, la necesidad de cambiar prácticas agrícolas, para reducir el deterioro del ecosistema bajando la dependencia de energía externa (Sarandón & Flores, 2014).

Para la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2023) los servicios ecosistémicos, son los beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad y hacen posible la vida humana. Por ejemplo, al proporcionar alimentos nutritivos y agua limpia; al regular las enfermedades y el clima; al promover la polinización de los cultivos y la formación de suelos; u ofrecer beneficios recreativos, culturales y espirituales. Son aquellos beneficios, que un ecosistema aporta a la sociedad y que mejoran la salud, la economía y la calidad de vida de las personas. Son el resultado del propio funcionamiento de los ecosistemas.

Como dijo Piñeiro, existen numerosos servicios ecosistémicos degradados, como por ejemplo el control de las malezas, el suministro de nutrientes o la regulación de las napas, que puede revertirse mediante los cultivos de servicio (Roset, 2016).

En este sentido los cultivos de servicio (CS), también conocidos como cultivos de cobertura, son aquellos que brindan una amplia variedad de beneficios al agroecosistema, entre los que destacan el potencial para la conservación y protección del suelo. Igualmente, se constituyen como una valiosa herramienta para el control de malezas y otras plagas, al mismo tiempo en que se logra una agricultura más sustentable (Blanco-Canqui, 2013; Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa [AAPRESID], 2021). Piñeiro enfatiza, dentro de los CS se encuentran los cultivos de cobertura (CC), enfatizado en la protección del suelo (Roset, 2016).

Los CC no se cosechan, sino que se siembran para llenar vacíos, sean de tiempo o espacio no ocupados por cultivos comerciales, evitando así que quede el suelo desnudo (Altieri, 1999; Capurro et al., 2013). Su crecimiento es

interrumpido antes o después de la siembra del siguiente cultivo, pero antes que comience la competencia entre ambos (FAO, 2022).

Tradicionalmente son usados para controlar la erosión; los sistemas productivos de un cultivo estival por año provocan un barbecho excesivamente largo en el periodo invernal, donde el riesgo de erosión es mayor. La utilización de CC durante el invierno, permite mantener el suelo cubierto, reciclar nutrientes, generando un nuevo ingreso de rastrojo al sistema (Ernst, 2004). Además, pueden cumplir otras funciones en el sistema de producción, como mejorar la captación, distribución y almacenaje de agua, minimizar la lixiviación de nitratos residuales y reducir la compactación (Ruffo & Parsons, 2004).

Por lo tanto, los CC pueden desempeñar un rol importante en la agricultura sostenible, debido a que protegen al suelo de la erosión mejorando la estructura y fertilidad de este, aumentan el contenido de materia orgánica, la disponibilidad de nutrientes, y la tasa de infiltración de agua, además de reducir la presión de las malezas (Teasdale, 1996).

2.1.1 Efecto de los Cultivos de Cobertura sobre el enmalezamiento

Diferentes investigadores se han enfocado en el estudio del efecto de la incorporación de los CC en los sistemas agrícolas sobre la diferencia en la población de malezas. Según Boccolini et al. (2019) estos cultivos son una opción de alto impacto para la supresión de malezas, representando una práctica con potencial para reducir el uso de herbicidas y el impacto sobre el ambiente.

Actualmente en la mayoría de los sistemas agrícolas, existe una alta dependencia a los productos químicos para el control de plagas y enfermedades. Este proceder, se observa ampliamente en la actividad para el control de malezas, con el uso indiscriminado y muchas veces inadecuado de agroquímicos, lo que se ocasionó a raíz de la masiva adopción del sistema de siembra directa, con la utilización de cultivares de soja tolerantes a glifosato (Baigorria et al., 2019).

Las malezas se definen como aquel genotipo, población o especie vegetal que en un momento o lugar dado y en un número determinado, interfiere en tiempo y espacio con las actividades humanas, generando efectos negativos en forma directa o indirecta, afectando la producción de los cultivos (Satorre & De la Fuente, 2016).

Según la FAO (2007), la interferencia de las malezas es entendida como el daño causado por estas a un cultivo determinado. A través de la competencia

por el agua, los nutrientes y la luz, a través del mecanismo de alelopatía y creando hábitat favorable para otras plagas.

En efecto, para evitar el daño en el cultivo, se crea una alta dependencia a los herbicidas de amplio espectro como glifosato, desencadenando en primer lugar una mayor resistencia de las malezas a estos productos, en segundo, una elevación en los costos de producción por el constante incremento en los precios de los herbicidas, por último, aumento en costos ambientales por efectos residuales de los agrotóxicos. Una práctica con potencial para reducir esos efectos es el uso de CC (Baigorria et al., 2016, 2019).

Algunas de las principales malezas problemas, que pueden interferir con el cultivo de renta estival y que han demostrado ser resistente a herbicidas a nivel nacional son: *Conyza spp.* y *Echinochloa spp.*, ambas estivales y presentes en dicho experimento.

Conyza spp. es una maleza hoja ancha que emerge casi todo el año con dos flujos importantes; uno en otoño con más del 60% de emergencias y otro en primavera (20%), aunque su crecimiento es muy poco en otoño-invierno, aumentando significativamente en agosto, al punto que en noviembre no existen diferencias entre plantas emergidas en otoño o primavera, por esta razón es muy importante su control temprano en el invierno. Su crecimiento es altamente afectado por la temperatura y la disponibilidad de luz, lo que la hace muy sensible a la interferencia de otro cultivo. Además, es resistente a deficiencias hídricas, perenniza cuando se la corta o el herbicida no logra matarla, es muy prolífica y su semilla es de fácil dispersión por viento (Fernández, comunicación personal, 2019).

Echinochloa spp. es una gramínea que emerge desde fines de invierno hasta el verano, requiere alta humedad del suelo para permitir su establecimiento y la emergencia de las plántulas es muy afectada por la profundidad que se ubica la semilla, la luz es necesaria para lograr su mejor germinación. El éxito de esta maleza, puede atribuirse a la producción de un gran número de pequeñas semillas de fácil dispersión, por su rápido desarrollo, por su capacidad de florecer en un amplio rango de fotoperíodos a las 3-4 semanas después de la emergencia (Laborde & Santos, 2013).

Dada la rápida evolución y dispersión de malezas resistentes a herbicidas, para prevenir futuras resistencias, será necesaria una solución integral, no solo

basada en el uso de herbicidas (Bertolotto & Marzetti, 2018; Harker & O'Donovan, 2013).

Una de las opciones que se presentan para lograr, mejores medidas de control de malezas, es la implementación de un Manejo Integrado de Malezas (MIM), basado en el conocimiento de la biología de estas, la relación entre diferentes aspectos del medio ambiente y el cultivo (Delfino et al., 2014). Fernández (1982) concluyó que, para la implementación de un MIM, es necesario contar con el conocimiento para identificar las plantas que pueden ser de utilidad y aquellas que no lo son, conocer el comportamiento vegetativo y reproductivo de las especies consideradas malezas, así como el manejo general de los recursos para su persistencia.

Según la FAO (2007), “para desarrollar un correcto programa de control de malezas es importante conocer los hábitos de las malezas dentro de los campos agrícolas y la forma en que interfiere con el cultivo” (p. 20). Por su parte, Urzúa (2013) indica que un programa de MIM, a nivel de parcela, unidad de producción o zona agrícola, requiere al menos la identificación de las malezas presentes, su distribución y nivel de infestación, conocer la biología y ecología de las especies predominantes y el potencial de daño de estas. Así como, disponer de recursos para implementar métodos de control técnicamente efectivos, económicamente viables y seguros para el ambiente.

El MIM se define como, la utilización de más de un método de manejo de malezas (biológica, química, cultural o física), alrededor del ciclo de vida de un cultivo en un campo determinado, tiene el potencial de reducir las poblaciones de estas a niveles manejables, reducir la presión de selección, evitando así, la resistencia a los herbicidas, aumentando la sostenibilidad del sistema (Harker & O'Donovan, 2013).

Los CC forman parte del MIM como método cultural (Delfino et al., 2014). La supresión de malezas puede ocurrir durante el desarrollo vegetativo de los CC o por efecto de sus rastrojos en superficie, ya sea reduciendo la germinación, establecimiento y desarrollo de estas a partir de efectos físicos, alelopáticos y biológicos (Kaspary et al., 2020).

La habilidad de los CC para suprimir malezas está relacionada con cambios en la disponibilidad y calidad de la luz, competencia por nutrientes, cambios en la temperatura del suelo y/o con la liberación de sustancias inhibitorias (alelopatía) (Creamer et al., 1996; Liebman & Davis, 2000).

Buratovichy y Acciaresi (2018) establecen, que la inclusión de CC es una opción para el control de malezas otoño-invernales cuando el cultivo está en crecimiento, y primavero-estivales cuando se descomponen los residuos de este.

Teasdale et al. (2007) expresan que, en general los CC vivos eliminarán las malezas en más fases del ciclo de vida de estas, de manera más completa que los residuos del cultivo. Mientras que, la supresión de malezas por los residuos suele ser mayor para la emergencia de malezas, medida a principios de la temporada, que para la densidad de malezas o la biomasa medida más adelante en la temporada.

El manejo del CC debe centrarse en definir claramente fecha de siembra y culminación de este, para adecuar la producción de biomasa, el reciclado de nutrientes y el control de malezas (Lucero et al., 2018). Esto último, enfocado en cuando se quiere suprimir malezas, durante la fase de vida del CC o como residuo (Teasdale et al., 2007).

El nivel de supresión depende de la especie utilizada como CC, de la cantidad de residuos que acumule en el suelo y del manejo realizado (Bàrberi & Mazzoncini, 2001; Creamer et al., 1996). Antes de seleccionar el CC para la supresión de malezas, se deben considerar características importantes de los mismos; alta tasa de crecimiento inicial en altura y área foliar, logrando de esta manera, un dosel cerrado y denso que cubra la superficie, producción de aleloquímicos y relación C/N de los residuos (Lemessa & Wakjira, 2015).

En acuerdo con eso Kaspary et al. (2020), establecen que el rápido establecimiento y cobertura del suelo, junto a la alta capacidad de producción de biomasa, son factores muy deseables en los CC, que interfieren directamente en el establecimiento y desarrollo de malezas. Estos factores, están directamente relacionados a la/s especie/s utilizada/s y su densidad de siembra. Brennan y Smith (2005) afirman que, la capacidad de supresión de malezas de cada CC, depende del desarrollo del dosel al comienzo de la temporada, estando altamente correlacionada con la densidad de plantas.

Existe un amplio acuerdo en la literatura, de que un CC vivo y vigoroso suprimirá el crecimiento de malezas (Akobundu et al., 2000; Blackshaw et al., 2001; Creamer & Baldwin, 2000; Favero et al., 2001; Grimmer & Masiunas, 2004; Peachey et al., 2004; Stivers-Young, 1998).

Para Murungu et al. (2010) la producción de materia seca del CC fue el factor más determinante en la supresión de malezas, obteniendo que alrededor

del 69% de la variación en el peso seco de malezas, se explicó por la cantidad de materia seca del CC, independientemente de la especie. Igualmente establecen que, el hábito de crecimiento y la tasa de crecimiento inicial del CC, también inciden en su capacidad supresora; una cobertura con lento crecimiento inicial y hábito de crecimiento erecto permite que llegue más luz a la superficie del suelo, lo que lleva a una mayor cantidad y tamaño de malezas.

Por su parte Bàrberi y Mazzoncini (2001), no observaron interacciones estadísticamente significativas entre el tipo de CC y sistema de manejo de estos, con respecto a la biomasa de CC y biomasa, densidad y cobertura de las malezas. Mientras que Akemo et al. (2000), Ross et al. (2001), Sheaffer et al. (2002), sostienen que a menudo existe una correlación negativa entre el CC y la biomasa de malezas.

Martin et al. (2015) comentan, que la cobertura promedio total de malezas fue menor en los CC que en los barbechos químicos. La composición de malezas en el cultivo siguiente fue homogénea en todos los tratamientos, siendo las especies dominantes *Conyza spp.* y *Echinochloa colona L.*, pero si difirió la cantidad de malezas, *E. colona* fue más abundante en los tratamientos con barbecho químico que con CC.

De modo similar, Cola et al. (2018) observaron, que los CC tuvieron una supresión de *Amaranthus palmeri* levemente superior al barbecho químico en el cultivo siguiente. Montoya et al. (2015) manifestaron, que los CC ofrecieron una alta eficacia en el control de malezas invernales, en particular *Conyza bonariensis var. angustifolia*.

Otro efecto que tienen algunas coberturas es la capacidad de producir compuestos que inhiben la germinación y el crecimiento de otras plantas, incluyendo malezas y cultivos, propiedad conocida como alelopatía. Dichos compuestos, pueden actuar mientras el CC está en crecimiento, así como cuando la biomasa de este se incorpora al suelo. Las especies alelopáticas conocidas incluyen centeno, algarroba, trébol carmesí, trigo sarraceno, alfalfa, cebada, colza, avena y sorgo (De Decker, como se cita en Kahl et al., 2016).

Según Swain (1977), los aleloquímicos no parecen desempeñar un papel en el metabolismo primario esencial para la supervivencia de una planta, sino que se consideran metabolitos secundarios o productos de desecho de las principales vías metabólicas. Sin embargo, Oliveros-Bastido (2009), menciona que es la función fisiológica de la planta quien determina si este es excretado al ambiente,

la liberación puede ser por volatilización, lixiviación, exudación de la raíz y descomposición de partes de la planta en el suelo.

La naturaleza química de los agentes alelopáticos es muy variada, la literatura especializada los ordena en los siguientes grupos: compuestos alifáticos, lactonas insaturadas, lípidos y ácidos grasos, terpenoides, glicósidos cianogénicos, compuestos aromáticos (fenoles simples, ácido benzoico y derivados, ácido cinámico y sus derivados, quinonas y derivados, cumarinas, flavonoides, taninos) y alcaloides. Se incorporan nuevos grupos de sustancias, a medida que progresan las investigaciones en el tema (Sampietro, 2003).

Almeida (1991), manifestó que el potencial alelopático de los CC depende del tipo de residuo vegetal que permanece sobre el suelo, y de las malezas que en él se desarrollen. De esta forma, bajo el aspecto de control de malezas, no es importante tener gran volumen de residuos, sino que éstos, presenten aleloquímicos perjudiciales a las especies invasoras, siendo liberados al suelo en concentraciones suficientes para inhibir su desarrollo.

La supresión de malezas en CC es específica de cada especie, pero eso no implica, que al cultivar una mezcla de CC conducirá a un espectro más amplio del control de malezas (Creamer et al., 1996).

La siembra de mezclas de CC puede optimizar los beneficios de su uso, ya sea, que pudiera establecerse rápidamente para el control de la erosión, aportar suficiente N y que esté disponible para el cultivo siguiente, teniendo una relación C/N entre 20:1 y 30:1, ser eliminables por métodos mecánicos y tener un alto potencial de control de maleza (Creamer & Bennett, 1997).

Según Caviglia et al., como se cita en Kahl et al. (2016), diversas especies pueden considerarse para usar como CC, siendo las gramíneas (trigo, avena, raigrás, cebadilla, cebada, triticale, etc.), las que mejor comportamiento tendrían en mantener una cobertura del suelo, por su tasa de descomposición más lenta (alta relación C/N), en comparación con las leguminosas (vicia, arveja, melilotus, tréboles, etc.). Por su parte Almeida, como se cita en Kahl et al. (2016) establece que, las coberturas gramíneas como la avena (*Avena spp.*) y el centeno (*Secale cereale*) son muy eficientes en suprimir la germinación de malezas, siendo su efectividad por lo general, mayor que las coberturas de leguminosas (*Vicia, Trifolium spp.*).

En Uruguay, avena y raigrás son las especies de CC más utilizadas debido a su precocidad y alta tasa de crecimiento durante el invierno, aun así, la

producción de biomasa y cobertura del suelo de avena fue mayor que la del raigrás, explicado por una mayor tasa de crecimiento en otoño y temprano en el invierno de avena, mientras que raigrás aumenta su tasa durante el invierno (Sawchik et al., 2015).

El raigrás (*Lolium multiflorum*) es una gramínea anual invernal, menos precoz, con ciclo más largo y mayor macollaje que la avena. Presenta una muy buena resiembra natural y tiene hábito semipostrado, con una producción de forraje en su ciclo vegetativo (marzo-agosto) de 1500 a 3000 kg MS ha⁻¹ y un aporte primaveral hasta noviembre de 8500 kg MS ha⁻¹ (Zanoniani & Ducamp, 2000). Según esa producción de biomasa, se comportaría mejor en supresión de malezas primavera estivales, evitando su emergencia.

Se clasifica como una cobertura muy buena en mejorador de suelo, control de erosión, control de malezas, velocidad de crecimiento, largo del ciclo vegetativo y duración de sus residuos y buena en alelopatía. También puede convertirse en un problema, ya que tiene potencial para ser una maleza si se deja semillar (Clark, 2012). Múltiples investigadores, la denominan como una de las malezas de mayor importancia en los cultivos de cereales de invierno, tanto por su presencia y por su resistencia a ciertos herbicidas (Díez et al., 2015; Fernández et al., 2015; Martín et al., 2015; Papa & García, 2018; Supiciche et al., 2015).

Las avenas pueden ser sembradas desde fines de verano hasta otoño, dentro de estas, la *Avena strigosa* es de porte erecto, ciclo corto, tiene baja capacidad de macollaje, es la que menos se adapta al pastoreo, se puede sembrar más tarde. La avena sativa comúnmente llamada avena blanca, tiene características intermedias entre la strigosa y la byzantina, esta última utilizada principalmente para pastoreo (Zanoniani & Ducamp, 2000).

Comparando la avena negra y la blanca en el aporte que hacen a los servicios ecosistémicos; ambas tienen un buen comportamiento en el aporte de carbono y la estructuración del suelo, pero avena blanca es mejor para reducir la erosión y el control de malezas (Clark, 2012).

La producción de materia seca en el ciclo vegetativo de avena negra es de 2000 a 7000 kg MS ha⁻¹, mientras que la avena blanca produce 3000 kg MS ha⁻¹ en su ciclo vegetativo y 7000 kg MS ha⁻¹ en su aporte primaveral contemplando forraje y grano (diferentes informes de INIA, como se cita en Zanoniani & Ducamp, 2000). Teniendo en cuenta la diferencia entre las avenas principalmente, en cuando producen su biomasa debido a su ciclo productivo, se podría esperar

mayor control de malezas otoño-primaverales en avena negra y primavera estivales en avena blanca, esto explicado por el momento de entrega de forraje.

Por su parte, Kaspary et al. (2020) manifestaron que la avena negra (*Avena strigosa*) es la que presenta el uso más difundido por los productores uruguayos, tiene un gran potencial de supresión de malezas y permite, cuando es necesario, la aplicación de herbicidas selectivos para malezas de hoja ancha, como la yerba carnífera.

Como ya se mencionó, la capacidad de cubrir el suelo rápidamente es fundamental para el control de malezas, para Kaspary et al. (2020) uno de los factores que lo permiten es una adecuada densidad de plantas, lo que se logra con una correcta densidad de siembra, pero, muchas veces estas apuntan a maximizar la producción de forraje y no necesariamente el control de malezas.

Otros factores que influyen son el método, los cuales puede ser al voleo o en la línea y el momento de siembra, pre o postcosecha del cultivo de verano. En ese sentido estimaron que densidades de siembra de avena negra, en línea en torno a 40 kg ha⁻¹ (50 kg ha⁻¹ considerada la densidad óptima), suprimiría entre 80 y 90 % la biomasa de malezas y que densidades de plantas superiores a 160 plantas m⁻² disminuyen drásticamente la presencia y desarrollo de malezas durante el invierno.

Al final del ciclo de avena negra, la biomasa de malezas se redujo en torno a 90% por el efecto de la competencia de la avena en las densidades de siembra más altas 25, 50 y 100 kg ha⁻¹ y sus respectivas poblaciones logradas 103, 170 y 312 plantas m⁻² (Jorajuría, 2019).

Brust y Gerhards (2012), mostraron que la avena negra redujo un 98 % de la materia seca de malezas, y disminuyó la materia seca de las raíces de malezas entre un 55 % a 97 %, en comparación con un tratamiento control sin CC. Atribuyen su buena capacidad supresora, al desarrollo radicular que alcanza, el cual podría competir exitosamente por nutrientes y agua.

La avena negra es un CC, que tiene un alto potencial de supresión de malezas, independientemente de su biomasa y mostró indicaciones de alelopatía en condiciones a campo y en macetas (Gfeller et al., 2018). Por su parte, Segredo (2021) establece que los rastrojos de avena negra, aparte de caracterizarse por ser alelopático en general, pueden ser específicamente alelopáticos para especie de hoja ancha en altas cantidades de restos secos.

Por otro lado, Bertolotto y Marzetti (2017) al comparar varios CC gramíneas (avena negra y blanca, centeno, cebada, triticale y trigo) en diferentes sitios encontraron que Avena strigosa fue la especie que logró menor porcentaje de control de malezas en todos los sitios.

Por otro lado, Avena sativa se caracteriza como una excelente cobertura en velocidad de crecimiento, control y ahogo de malezas, muy buena en alelopatía y control de erosión y buena en la duración de sus residuos y en mejorar el suelo (Clark, 2012). En acuerdo con lo anterior, Murungu et al. (2010) confirma que la cobertura de Avena sativa reduce la densidad del enmalezamiento en un 90%, en comparación con el tratamiento testigo de barbecho.

Sardiña et al. (2008) y Kahl et al. (2016), estudiaron avena blanca como CC en la región semiárida pampeana y concluyeron que se reduce el número de malezas por metro cuadrado en un 96% para dicotiledóneas y 86% para monocotiledóneas respecto de un tratamiento testigo (sin CC). De acuerdo con eso, Scianca (2010), mencionan que, en el tratamiento con avena, se encontró una menor cantidad de malezas que en el testigo y Kahl et al. (2016) documentaron que el número de malezas a los 30 días después de la siembra fue de 35 plantas m⁻² en avena y 127 plantas m⁻² en el testigo.

Castellarín et al. (2018) mencionan que, el cultivo de Avena sativa tiene mayor índice de agresividad que *Triticum aestivum* (trigo), el cual mide la habilidad de competir con las malezas. Bedmar et al. (2018) estudiaron diferentes CC y los que se destacaron en reducir la densidad y diversidad de malezas fueron *Avena sativa*, *Triticum secale* y *Trifolium resupinatum*.

Buratovichy y Acciaresi (2018) concluyeron que durante el crecimiento del CC, los que tuvieron menor emergencia de malezas fueron avena, avena/triticale, avena/vicia y triticale /vicia. El barbecho químico, fue el que tuvo mayor cantidad de malezas y la vicia sola tuvo un comportamiento intermedio, eso estaría explicado por el menor crecimiento inicial de la misma.

Brennan y Smith (2005) trabajaron con mostaza, avena, y mezcla de avena con leguminosas como cultivos de servicio, donde encontraron que la biomasa de malezas durante el cultivo fue mayor en la mezcla, seguida por la avena y la más eficiente en la supresión fue la mostaza. Esto está explicado por la tasa de desarrollo inicial de los CC, a los 35 días después de la siembra mostaza cubría un 78% del suelo, avena un 27% y la mezcla un 19%, concluyendo que la mayor producción de biomasa logra un mejor control de malezas.

Daita, Zorza, Mulko, et al. (2018) evaluaron la emergencia de malezas otoño-invernales desde mayo a diciembre, la cual fue continua durante todo el periodo, pero difiere según el CC a partir del mes de agosto, donde en el testigo sin CC y vicia aumentó el número de malezas mientras que en las demás coberturas (avena blanca, trigo y centeno) la emergencia fue menor y similares entre ellas. La producción de biomasa al momento de secado, de los CC puede explicar dicho comportamiento, ya que, los cultivos gramíneos produjeron alrededor de 8500 kg MS ha⁻¹, mientras que la leguminosa no alcanzó los 3500 kg MS ha⁻¹.

Fernández y Ferber (2018) estudiaron la densidad de malezas en el final del periodo de las coberturas (*Avena sativa*, *Lolium multiflorum*, *Triticum secale*, *Pisum sativum* y *Trifolium alexandrinum*) y en el otoño siguiente, concluyendo que *Avena sativa* y *Triticum secale* lograron las mayores reducciones en densidad total de malezas, un 87% y 74% respecto al control sin CC y un 90% y 80% respecto a la cobertura *Trifolium alexandrinum* donde se estimó la mayor densidad.

Acciaresi y Picapietra (2015) estudiaron la relación entre la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa (IRFA) y la producción de materia seca aérea de CC invernales (MSAcc), en la productividad de malezas invernales (MSAm). Encontraron que el orden decreciente de la IRFA tanto en etapas vegetativas, como reproductivas de los CC, fue: vicia = avena/vicia > raigrás = avena = cebada > cebadilla = colza > nabo, el orden decreciente de la MSAcc fue: avena/vicia > vicia = raigrás = avena = cebada > cebadilla = colza > nabo y se relaciona de manera inversa con la MSAm. El ordenamiento decreciente de la MSAm fue colza > cebadilla > cebada > nabo > avena > raigrás = avena/vicia = vicia. Concluyeron, que existe una regresión positiva entre la MSAcc y la IRFA, teniendo como consecuencia, una regresión negativa entre estas variables con la producción de MSAm.

Dentro del género vicia, las especies más difundidas como CC son *Vicia villosa* y *Vicia sativa*, siendo la primera, la que permite una cobertura más temprana del suelo y por ende mayor competencia con malezas, debido a que presenta un porte más rastrero, mayor tolerancia al frío, resistencia a la sequía y mayor adaptación a las condiciones edáficas (Baigorria et al., 2011; Bertolotto & Marzetti, 2017).

Vicia villosa es una leguminosa anual invernal que se clasifica como un CS excelente en la fijación del nitrógeno atmosférico, muy buena en largo del ciclo

vegetativo y ahogo de malezas, buena en control de erosión, control de malezas y alelopatía, con una duración media de sus residuos. Para obtener un mayor control de las malezas anuales de invierno y residuos más duraderos, la vicia se debe mezclar con cereales de invierno como el centeno, el trigo o la avena (Clark, 2012).

Baigorria et al. (2011) estudiaron la fecha de siembra de vicia, como uno de los factores que determina su potencial productivo, se puede sembrar desde fines del verano hasta mediados de invierno, con producciones de materia seca de 500 a 7.200 kg ha⁻¹, pero se recomienda que la siembra se realice en los meses de otoño. Teasdale et al. (2007) recomiendan las fechas tempranas, tanto para cubrir el suelo como para estimular su crecimiento de otoño y fomentar la competencia con malezas.

Lucero et al. (2018) obtuvieron que la producción de biomasa de *Vicia villosa* presentó diferencia estadísticamente significativa, siendo mayor (7490 kg MS ha⁻¹) en la fecha más temprana (21 de abril) y disminuyó mientras se atrasó en el tiempo (5490 kg MS ha⁻¹ en la siembra del 22 de mayo y 3170 kg MS ha⁻¹ el 23 de junio).

Baigorria et al. (2011) en cuanto a la densidad de siembra concluyen que 30 – 40 plantas m⁻², sería una densidad adecuada, logrando niveles importantes de cobertura a mediados de septiembre (fecha probable de secado). Reinbott et al. (2004) obtuvieron máxima producción con dosis de siembra de 34 kg ha⁻¹, aunque no hallaron diferencias significativas con dosis de 22 kg ha⁻¹. Renzi y Cantamutto (2009) encontraron alta producción de biomasa de *Vicia villosa* con 50 plantas m⁻² (aproximadamente 15 a 20 kg ha⁻¹), y no observaron cambios al aumentar la densidad.

Ustarroz et al. (2018), afirman que *Vicia villosa* sola no fue competitiva con malezas de ciclo otoño-invernal, mientras que vicia consociada con triticale es una excelente cobertura para suprimir malezas.

Baigorria, Álvarez, Cazorla, Belluccini, Aimetta, Pegoraro, Boccolini, Faggioli, Ortiz, y Tuesca (2015) afirman que el uso de *Vicia villosa* como cultivo de cobertura, redujo significativamente la densidad de la maleza, respecto del tratamiento de barbecho sin herbicidas. La inclusión del cultivo de cobertura de *Vicia villosa* incrementó el rendimiento de maíz, debido a que contribuye al control de malezas, conservación del agua frente a las altas temperaturas del mes de diciembre y la oferta de nitrógeno.

Baigorria, Ortiz, et al. (2018) mencionan una reducción del 87% del enmalezamiento utilizando el triticale como cultivo de cobertura y del 81% utilizando vicia respecto al barbecho mecánico. A su vez, el rendimiento de soja fue tres veces mayor sobre el cultivo de cobertura que sobre barbecho mecánico, esto se debe al menor enmalezamiento y conservación de las propiedades del suelo por el no laboreo.

Hayden et al. (2012) concluyeron que todos los tratamientos con CC (*Secale cereale*, *Vicia villosa* y la mezcla *S. cereale* - *V. villosa*) redujeron significativamente la biomasa total de malezas, en comparación con un control sin cultivo de cobertura, con una supresión que va del 71 al 91 % para la vicia y del 95 al 98 % para el centeno (*Secale cereale*), según el sitio. Los CC, suprimieron más consistentemente el peso seco de malezas por planta que la densidad de malezas, y los CC que contenían centeno suprimieron más que la vicia. En general, el centeno fue más efectivo para suprimir las malezas anuales de invierno; sin embargo, las mezclas de centeno y vicia pueden igualar el nivel de control logrado por el centeno, además de proporcionar una fuente potencial de nitrógeno fijo, para cultivos de renta posteriores.

Scianca et al. (2011) encontraron que los CC (centeno, vicia y centeno más vicia) incidieron sobre el número y cobertura de malezas, el centeno tuvo mayor efecto que la vicia sobre las poblaciones de malezas, pero el tratamiento centeno y vicia fue el que mejor se comportó desde un enfoque integral, ya que tuvo una buena eficiencia en el uso del agua, control las malezas de manera adecuada y aporte de nitrógeno al suelo.

La supresión de malezas por el centeno, se ha atribuido en parte a la alelopatía (Barnes et al., 1987; Putnam & DeFrank, 1983), mientras que en la *Vicia villosa*, la supresión de malezas se ha atribuido principalmente a la sombra (Teasdale, 1993; Teasdale, & Daughtry, 1993). Teasdale et al. (1991), encontraron una correlación significativa entre la biomasa de los CC vicia (*Vicia villosa*) y centeno (*Secale cereale*) y la reducción de la densidad de malezas.

Bertolotto y Marzetti (2017) afirman que el centeno es la especie más comúnmente utilizada como CC, es la más tolerante al frío y a estreses hídricos, produciendo alta proporción de residuos que se descomponen más lento que el resto de las gramíneas invernales.

El centeno, se clasifica como una excelente cobertura en mejorador del suelo, control de erosión, control y ahogo de malezas, alelopatía, velocidad de crecimiento y duración de sus residuos (Clark, 2012).

Clark (2012) manifiesta que el centeno es dentro de las gramíneas, la que se puede sembrar más tarde en el otoño y aportar una cantidad considerable de materia seca y es uno de los mejores CC invernales para suprimir malezas, especialmente las plantas anuales de semillas pequeñas y sensibles a la luz. Por su parte, Lucero et al. (2018) establecen que el atraso de la siembra a partir de mayo, impacta negativamente en la producción de biomasa; pasando de más de 10000 kg MS ha⁻¹ en siembras del 21 de abril y 22 de mayo a menos de 6000 kg MS ha⁻¹ el 23 de junio. Igualmente, en las tres fechas de siembra, el centeno logró reducir la cobertura de malezas otoño-invernales en más de un 92%.

Se puede sembrar en densidades de 150 – 200 plantas m⁻², tiene una implantación muy buena y se adapta muy bien a siembras al voleo (aéreas o terrestres). Es una de las especies más precoces que podemos utilizar como CC, en solo cuatro meses aproximadamente se está en condiciones de secarla (Bertolotto & Marzetti, 2017).

Ateh y Doll (1996) estimaron que la mayor densidad de siembra de centeno (168 kg ha⁻¹) proporcionó más cobertura del suelo y mejor control de malezas que la menor densidad (56 kg ha⁻¹) en todos los años; sin embargo, redujo el vigor de la soja, por eso la tasa óptima de siembra de centeno fue la de 112 kg ha⁻¹. El tratamiento de centeno sin manejo adicional, redujo la biomasa de brotes de malezas en un 90, 82 y 60%, en 1992, 1993 y 1994, respectivamente, en relación con el tratamiento de control de malezas sin centeno.

Brennan y Smith (2003), duplicaron la densidad de siembra de avena y centeno, y registraron aumentos en la intercepción de la luz en aproximadamente un 42% para avena y 84% para el centeno a principios de temporada (38 días después de la siembra). El efecto de las diferentes densidades de siembra se tradujo en el desarrollo diferencial de los canopeos, lo cual impactó en la biomasa de malezas y lo que es más importante, en la producción de semillas de malezas bajo el cultivo de cobertura. Dedujeron que el uso de CC con poca capacidad competitiva al principio de la temporada puede aumentar significativamente el banco de semillas de malezas y aumentar los costos futuros de manejo de malezas.

Akemo et al. (2000), midieron la biomasa de malezas comparadas con la biomasa de centeno, como porcentaje de la biomasa total del cultivo de cobertura y mostraron una disminución lineal en la biomasa de malezas con un aumento en el porcentaje de biomasa de centeno. Picapietra y Acciaresi (2018) obtuvieron que el uso de centeno como cultivo de cobertura logra reducir la materia seca aérea de maleza hasta un 60%, aun a una densidad menor a la recomendada.

Garay y Mayer (2018) estudiaron cultivo de cobertura de centeno y triticale en fecha temprana y tardía (principios de mayo y junio, respectivamente), obteniendo que independientemente de la especie y fecha de implantación empleadas, el cultivo de cobertura constituyó una práctica efectiva y de impacto en control de malezas, con un coeficiente de impacto ambiental (indicador del riesgo ecológico y el riesgo para la salud de los trabajadores agrícolas y consumidores derivados de la aplicación de herbicidas) 40% más bajos que el barbecho químico.

2.1.2. Efecto del rastrojo de los cultivos de cobertura en el enmalezamiento

Teasdale (2004) menciona que los CC son por lo general secados antes de la siembra del cultivo siguiente; tienen influencia sobre el control de las malezas, por la supresión de sus residuos sobre la germinación de las semillas y el establecimiento de las plántulas.

Los residuos de CC incorporados o colocados en la superficie del suelo pueden inhibir o retardar la germinación y el establecimiento de malezas (Kruidhof et al., 2009; Ohno et al., 2000). Por su parte, Liebman y Davis (2000) establecen que dichos residuos utilizados como mantillo superficial suprimen o retrasan la germinación, la emergencia y el crecimiento de malezas debido a efectos alelopáticos y físicos.

Los rastrojos de los CC en la superficie del suelo pueden inhibir la germinación de malezas al crear condiciones similares a las que se encuentran más profundamente en el suelo, es decir, menos luz y menor amplitud de temperatura diaria (Teasdale & Mohler, 1993). También pueden inhibir la emergencia al impedir físicamente el progreso de las plántulas para que no accedan a la luz (Teasdale & Mohler, 1993), así como al liberar fitotoxinas que inhiben el crecimiento de las plántulas (Blackshaw et al., 2001; Yenish et al., 1995).

Según Buratovich y Acciaresi (2018) los residuos de los CC pueden inhibir la emergencia de malezas al atenuar las señales ambientales, debido al aumento de la impedancia física o por la liberación de compuestos fitotóxicos, además

disminuye la amplitud térmica del suelo. Demuestran que los residuos de las coberturas deben estar presentes en muy altas proporciones para proveer un nivel alto de supresión física de malezas. Por otra parte, destacan que los residuos pueden aumentar la emergencia de malezas al favorecer la retención de humedad, o por la liberación de compuestos nitrogenados que interactúan con las señales ambientales que conducen a la ruptura de la dormición.

Lemessa y Wakjira (2015), mencionan que los rastrojos incorporados de CC alelopáticos también pueden inhibir o retardar la germinación, emergencia y crecimiento de malezas. Por su parte, Kazue y Pereira (2006), manifiestan que el potencial alelopático de los residuos después del secado de las coberturas depende de la velocidad de descomposición y el tipo de rastrojo que queda en el suelo, así como la población de malezas.

Aasen et al. (1987) confirman que los residuos y extractos acuosos de centeno son tóxicos para varias especies de plantas, lo cual puede explicar que las malezas presentan menor producción de biomasa cuando se encuentran creciendo debajo de un mantillo de centeno en un suelo no perturbado.

Por otro lado, Kruidhof et al. (2009) afirman que existen muchos otros mecanismos a través de los cuales los residuos de CC afectan la germinación y el establecimiento de malezas, a parte de la restricción física y la alelopatía. Pueden estimular la germinación de las semillas de malezas por los nutrientes liberados de los residuos del cultivo de cobertura, principalmente nitrógeno (Teasdale & Pillai, 2005), o pueden inhibir la germinación por la inmovilización temporal del nitrógeno como resultado de la lenta tasa de descomposición de los residuos del cultivo de cobertura con alto C/N (Liebman & Mohler, 2001).

Además, una vez que se establecen las plántulas de malezas, los rastrojos tendrán un impacto insignificante en el crecimiento de las mismas, producción de semillas o incluso pueden estimular estos procesos a través de la conservación de la humedad del suelo y la liberación de nutrientes (Haramoto & Gallandt, 2005; Teasdale & Daughtry, 1993).

Teasdale (1996), afirma que los rastrojos de los CC suprimen la emergencia de algunas especies de malezas más que otras, como ser, especies de malezas anuales de semillas pequeñas con un requerimiento ligero para la germinación son más sensibles a los rastrojos. Además, los residuos de los CC pueden suprimir las malezas a principios de la temporada, pero no controlarlas

durante toda la temporada. La supresión de malezas tempranas se incrementa al aumentar la biomasa de residuos.

Según Teasdale et al. (1991) una mayor biomasa, logra incrementar la cobertura del suelo, lo cual puede afectar negativamente la germinación de las semillas e impedir físicamente la emergencia de las plántulas. No se producirá reducción en la densidad de malezas, hasta que la cobertura del suelo por residuos alcance el 42% y se requiere una cobertura del 97% para reducir la densidad de malezas en un 75%.

En este sentido, Bertolotto y Marzetti (2017) comentan que en estudios conducidos en Estados Unidos para alcanzar una inhibición de la emergencia de malezas por encima de un 75% es necesario una biomasa de residuos de CC por encima de los 8000 kg ha⁻¹ y un espesor de alrededor de los 10 cm. Además, afirman que la producción de materia seca depende del número de días de crecimiento del cultivo y por consiguiente el momento de supresión de este. Se debería restringir el crecimiento antes de que comience el proceso de floración o el final del encañado, siendo el momento donde comienza un aumento importante del consumo de agua.

Por su parte, Audi y Rivero (2019) encontraron una relación directa entre el área cubierta por rastrojo de la cobertura y el área cubierta por restos secos de malezas. Sin embargo, el área cubierta por rastrojo no tuvo relación con la producción final de materia seca de los CC invernales.

Lardone et al. (2013) estudiaron para centeno, avena y raigrás, dos momentos de secado: anticipado (fin de septiembre) y tardío (fin de octubre), obteniendo en el promedio de los años evaluados que el atraso en la fecha de secado aumentó en un 102, 46 y 168 % la MS producida por avena, centeno y raigrás, respectivamente.

Mientras que Capurro, Surjack, Dickie, et al. (2010) evaluaron para avena sativa con vicia villosa, tres momentos de supresión de crecimiento del CC: en estadíos vegetativos de avena y vicia (21/9/09), en inicios de floración de vicia y avena en estado de panoja embuchada (15/10/09) y en llenado de granos de avena y en plena floración a inicios de fructificación de vicia (4/11/09). La producción de MS en kg ha⁻¹ de los CC mostró diferencias significativas entre los 3 momentos evaluados, en el segundo y tercer momento de supresión, el CC tuvo un incremento del 127 y 233% en la producción de MS, en referencia al primer momento evaluado.

Buratovich y Acciaresi (2018) obtuvieron que la producción de materia seca aérea (MSA) fue igual para todos los CC *Avena sativa*, *Triticum secale* y *Vicia villosa* en monocultivo, consociaciones dobles (avena/triticale, avena/vicia, triticale/vicia) y triple (avena/triticale/vicia) en el momento de su desecación, pero durante el periodo diciembre-marzo (periodo de descomposición de los residuos bajo un cultivo de soja) el cultivo de avena/triticale presentó la mayor MSA, mientras que la avena la menor, lo cual pueden deberse a la naturaleza del residuo dejado por el CC de avena ya que tuvo una importante disminución en el primer mes de descomposición. En cuanto a la dinámica de emergencia de malezas durante el período diciembre - marzo, el barbecho químico presente una mayor emergencia que los CC de triticale, vicia, avena/triticale, avena/vicia y triticale/vicia, los cuales no mostraron diferencia entre ellos.

Floss (2000) establece que el efecto cobertura del suelo de la avena depende del momento de desecación debido a la relación carbono/nitrógeno la cual es 17-20 en estado vegetativo, 41-50 en plena floración y superior a 70 en la cosecha, por lo que, si se le permite llegar a floración, permanece sobre el suelo por más tiempo que si se la controla en estado vegetativo. Según USDA (United State Department of Agriculture [USDA], 2011), la relación C/N de diferentes rastrojos es: avena relación 70/1, centeno 82/1 y leguminosas 29/1.

Brennan y Smith (2005) trabajaron con mostaza, avena, y mezcla de avena con leguminosas como cultivos de servicio, donde encontraron diferencias significativas en las densidades de plántulas de malezas luego de la incorporación de los cultivos; en la mezcla de leguminosa/ avena contabilizaron 377 plantas m^{-2} , en avena 246 plantas m^{-2} y en mostaza 113 plantas m^{-2} .

Bedmar et al. (2015) estudiaron la densidad y diversidad de malezas durante el periodo de floración del cultivo de maíz sobre diferentes CC (avena, vicia y avena con vicia) y barbecho químico como testigo. Encontraron una reducción del 60% de enmalezamiento en los CC, respecto al barbecho químico; en avena + vicia hubo un promedio de 6 individuos m^{-2} , en avena y en vicia 7 individuos m^{-2} , mientras que en el testigo esta densidad fue de 17 individuos m^{-2} . También estudiaron la incorporación del rastrojo al suelo por labranza convencional y la siembra directa sobre los residuos, encontrando que se logra una mayor supresión de malezas dejando los residuos de cobertura en superficie del suelo, ya que impide el paso de la luz generando una barrera física.

Baigorria et al. (2015b), encontraron una reducción del 96% en la densidad de la maleza medida en estadio R1 del maíz entre los tratamientos vicia sin herbicida y barbecho sin herbicida, concluyendo que la inclusión de *Vicia villosa* como CC con o sin aplicación de herbicidas, redujo significativamente la densidad de la maleza respecto del tratamiento de barbecho sin herbicidas.

Ustarroz et al. (2018) obtuvieron que el tratamiento de vicia y triticale bajo la frecuencia y densidad de malezas primavera-estivales, mientras que vicia se comportó similar al barbecho químico, solo logró disminuir la densidad de *Eleusine indica*, pero no la frecuencia de infestación.

Lucero et al. (2018) encontraron que los residuos de centeno y vicia sembrados el 21 de abril redujeron un 56% y 53% la cobertura de malezas primavera-estivales respectivamente, mientras que centeno sembrado el 23 de junio redujo un 25% y la vicia sembrada esa misma fecha un 39%. Estas diferencias pueden estar explicadas por la producción de biomasa, ya que atrasar la fecha de siembra impactó negativamente en la producción de materia seca, se redujo un 54% para centeno y 42% para vicia los kg MS ha⁻¹ entre siembra de abril y junio.

Cazorla y Baigorria (2010), estimaron una disminución del 80 % de la población de malezas, por efecto de los residuos de centeno y vicia. Mientras que Belluccini et al. (2015), encontraron que al momento de la siembra del cultivo de soja la presencia de malezas fue nula en todos los tratamientos con CC centeno, mientras que en barbecho químico se registraron 4 plantas m⁻² con presencia de *Conyza* spp. Por otro lado, Williams et al. (1998), encontraron que los residuos de centeno y trigo redujeron el volumen del dosel de *Amaranthus* spp de 38% a 71% 3 semanas después de la siembra de soja, mientras que la biomasa del dosel de *Setaria* spp disminuyó del 38% al 97% 5 semanas después.

Baigorria et al. (2015a), estudiaron la densidad de malezas a la siembra y en estadio R2 del cultivo de soja, sobre centeno y barbecho químico, encontrando en promedio entre las dos determinaciones una reducción en centeno comparado con el barbecho del 89.5% en malezas latifoliadas y del 83.5% en gramíneas. En R2 del cultivo de soja en chacras donde se realizó centeno se constataron 2 plantas m⁻² de *Digitaria sanguinalis*, independientemente del tratamiento de desecación; mientras que en ausencia del cultivo de cobertura se constataron entre 12 y 37 plantas m⁻².

Por su parte Daita, Zorza, Fagale, et al. (2018), mencionan que el rastrojo de centeno se caracteriza por una relación carbono/nitrógeno elevado, lo que enlentece su descomposición, comportándose como un importante supresor de malezas estivales, teniendo un efecto supresor de 88 % sobre la magnitud de emergencia de *Digitaria sanguinalis* cuando mayor es su nivel de residuo (8400 kg ha⁻¹ secado en grano pastoso).

2.1.3. Efecto del cultivo de cobertura al cultivo siguiente

Por otro lado, los CC agregan más complejidad al sistema, por interacciones potenciales que pueden ser más difíciles de predecir y controlar. El CC vivo dentro del cultivo de renta se convierte en una maleza, por la competencia de recursos esenciales, se deben manejar con cuidado para optimizar sus beneficios y minimizar los perjuicios potenciales al cultivo de interés (Teasdale et al., 2007).

La incorporación de CC en sistemas semiáridos-subhúmedos, puede representar un riesgo debido al uso del agua por parte de estos (Boccolini et al., 2019). El principal problema de la utilización de CC es el uso del agua, si durante el período de barbecho posterior al CC, no existe recarga del perfil del suelo, podría transformarse en una limitante para el cultivo siguiente (Corak et al., 1991; Stute & Posner, 1995).

Según Siri y Ernst (2011), una de las mayores restricciones para adoptar el uso de CC es desconocer cuánta agua consume, lo cual dependerá del momento de secado del CC, ocurrencia y cantidad de precipitaciones, la fecha de siembra del cultivo siguiente y el tipo de suelo. Disminuir el riesgo asociado al consumo excesivo de agua por el CC, se logra con la siembra temprana de los mismos y el desecado antes de floración (leguminosas) o encañazón (gramíneas).

El momento de terminación del crecimiento de los CC, se debe haber logrado una acumulación de biomasa que garantice una importante cobertura y aportes de carbono, ajustarse a las precipitaciones de cada región para asegurar la recarga del perfil (Ruffo & Parsons, 2004). Por su parte Siri y Ernst (2011) afirman que, el manejo de barbecho de los CC debe contemplar la recarga del agua consumida por estos cultivos, conservar la misma en el suelo, reduciendo la evaporación (cobertura con rastrojo) y eliminando la transpiración (control de malezas).

Ernst et al. (2004) determinaron que, cuando la duración del barbecho es mayor a 45 días, se logra una mejor implantación, crecimiento del cultivo, debido

a mayor contenido de nitratos y agua en el suelo. En ese sentido Montoya et al. (2005) concluyeron que, para la región de La Pampa (Argentina), los períodos de barbecho de 30 y 60 días aseguran llegar a la siembra del cultivo, con la chacra libre de malezas y una buena provisión de agua al momento de la siembra.

Otro aspecto que considerar cuando se incorporan CC, es el efecto del rastrojo en la temperatura del suelo, el cual opera a nivel de las máximas diarias, modificando la temperatura media del suelo. Al reducirse la misma, se produce un retraso fenológico del cultivo, lo que determina el alargamiento de la fase de emergencia a fin de macollaje. La magnitud del efecto depende del nivel de variación de la temperatura y del tipo de cultivo de que se trate (Ernst & Siri, 1995).

Los residuos de CC mantienen el suelo más fresco, reducen los máximos y mínimos de temperatura del suelo y las fluctuaciones diarias. Eso puede retrasar la siembra de primavera, en comparación con un sistema sin cultivo de cobertura (Clark, 2012).

En cuanto al rendimiento de los cultivos de renta, Cola et al. (2018) no observaron diferencia en rendimientos de maíz y soja según las prácticas culturales realizadas. En acuerdo afirma Capurro et al. (2013), que no se encontró asociación entre los rendimientos del cultivo de soja y la producción de MS de los CC. Por su parte Baigorria et al. (2015b), Garay y Mayer (2018) expresan que, los CC se presentan como herramientas importantes para un manejo racional y sustentable de malezas, sin disminuir los rendimientos.

Por otro lado, los residuos de los CC pueden suprimir el crecimiento de los cultivos comerciales por muchas de las mismas razones por las que los residuos suprimen malezas. Los residuos pueden interferir con el establecimiento del cultivo obstaculizando la colocación de semillas en el suelo, manteniendo los suelos frescos, liberando fitotoxinas o mejorando las enfermedades de las plántulas (Dabney et al. 1996; Davis & Liebman, 2003; Gallagher et al., 2003; Westgate et al., 2005).

Múgica (2011) establece que la elección del CC debe tener en cuenta si generan alelopatía que puedan afectar al desarrollo del cultivo principal, con la consecuente pérdida de rendimiento. En ese sentido, Audi y Rivero (2019), encontraron en un año muy seco que pudo potenciar los efectos alelopáticos de los rastrojos de avena negra y centeno, efectos tanto en el crecimiento como en el desarrollo de la soja, y resultaron los tratamientos con menor rendimiento.

En ese sentido, diversos autores han encontrado que la descomposición del raigrás produce diferentes compuestos que actúan como inhibidores de la germinación y el desarrollo de otros cultivos o del propio raigrás (Breland, 1996, Stirzaker y Bunn, 1996, como se cita en Múgica, 2011). Sin embargo, las concentraciones demandadas para la aparición de dicha inhibición son tan altas que únicamente han sido obtenidas en laboratorio (Bueno et al., 2007).

Igualmente, los rastrojos en la superficie del suelo tienen la capacidad de estimular el crecimiento de los cultivos debido a la retención de la humedad del suelo por un mantillo superficial (Araki & Ito, 1998; Gallagher et al., 2003).

Una capa gruesa de rastrojo puede inhibir la emergencia por reducir la luz a un nivel por debajo del punto de compensación y también provee una barrera física para ser superada antes de que se agoten las reservas de la semilla (Swan, como se cita en Fariña & Gautier, 2006). A su vez, el rastrojo interfiere en las operaciones de la siembra, se entierra rastrojo limitando el contacto suelo semilla, lo que produce efectos fitotóxicos para la semilla (Gould, como se cita en Fariña & Gauthier, 2006).

Vega y Andrade (2000) establecen que, si bien la implantación de soja puede verse desfavorecida en algunas situaciones, la planta responde con aumentos en la ramificación y por ende, en el número de nudos y de hojas, regulando del índice de área foliar (IAF) y del área foliar por planta ante variaciones en la densidad de plantas. La elevada plasticidad vegetativa de la soja explica como la intercepción de radiación y la producción de biomasa no disminuye tanto cuando el número de plantas por unidad de superficie se reduce.

Cuando la disponibilidad hídrica es adecuada, el rendimiento de soja es poco sensible a la variación en la densidad debido a la gran plasticidad que muestran las plantas (Carpenter y Board, como se cita en Vega & Andrade, 2000). Sin embargo, en ambientes poco productivos durante la primera mitad del ciclo del cultivo, la plasticidad vegetativa no se expresa adecuadamente (Moore y Wells, como se cita en Vega & Andrade, 2000).

El aumento o disminución en la cantidad de plantas por unidad produce reducciones o incrementos bastante proporcionales en el número de granos por individuo, por lo que el rendimiento no varía mayormente (Vega & Andrade, 2000).

En este sentido, Kahl et al. (2016) obtuvieron que el rendimiento de la soja no fue afectado por los CC previos (avena y trigo), lo cual se asemeja a lo concluido por Capurro, Surjack, Andriani, et al. (2010) que no observaron

diferencias en los rendimientos de soja, teniendo como antecesoros CC de avena, trigo, vicia y avena con vicia y lo obtenido por Caviglia et al. (2013) luego de analizar durante 2 campañas la producción de soja y no encontrar que los rendimientos de soja no fue afectado por los CC previos (*Pisum sativum*, *Triticum aestivum*, *Avena sativa*, *Brassica napus*, *Vicia villosa*, *Lolium perenne*, *Bromus catharticus* y *Melilotus Albus*).

En coincidencia con lo anterior, Baigorria et al. (2015a, 2015b) no registraron diferencias significativas entre tratamientos (Centeno y barbecho) en el rendimiento de soja. De igual manera, Baigorria, Belluccini, et al. (2018) concluyeron que los rendimientos de soja y maíz no fueron afectados por la utilización de CC (triticale y vicia).

Sin embargo, Williams et al. (1998), registraron rendimientos en soja en promedio 54 % superiores, sobre residuos de centeno, trigo y vicia con respecto al tratamiento sin CC. Atribuyen esta diferencia, a la supresión temprana de malezas que realizaron los CC, reduciendo la competitividad y aumentando los recursos físicos para el crecimiento temprano de soja. Mientras que Derpsch, como se cita en Floss (2000) obtuvo el mayor rendimiento de soja después de la cobertura de avena, siendo estadísticamente superior al resto de los tratamientos (trigo, centeno, vicia).

2.2. EFECTO DEL ROLADO COMO MÉTODO DE DESECACIÓN DE CULTIVOS DE SERVICIO

La supresión del CC puede ser de forma química o de forma mecánica (Kahl & Ecclesia, 2020). El control químico es la acción más común para la finalización de los CC en Argentina, empleando distintos principios activos según la especie en cuestión y los cultivos que siguen en la rotación (Bertolotto & Marzetti, 2017).

La desecación química de los CC es muy eficaz y puede ser relativamente rápida, según el herbicida, por lo que es una opción atractiva para los agricultores (Ashford & Reeves, 2003). Tradicionalmente, se han utilizado herbicidas sistémicos o de contacto no selectivos después de la emergencia, generalmente paraquat o glifosato (Anderson, Munawar et al., Weston, como se cita en Ashford & Reeves, 2003).

Sin embargo, como se mencionó anteriormente ciertas preocupaciones han surgido por el uso de herbicidas: aumento en la tolerancia y resistencia de las malezas, acrecentamiento en costos ambientales por efectos residuales de los

agrotóxicos e incremento en los precios de los herbicidas (Baigorria et al., 2016; Boccolini et al., 2019), los cuales son un incentivo para investigar métodos alternativos para terminar con los CC. En acuerdo con eso, Creamer y Dabney (2002) manifiestan que es necesario reducir el uso de químicos, para eso se deberían implementar métodos no químicos para matar o suprimir los CC como por ejemplo el rolado.

El rolado es un método mecánico que puede servir como alternativa al control químico, tanto sustituyéndolo en determinados casos, como actuando sinérgicamente con él para lograr una utilización más eficiente de los herbicidas (García et al., 2019). En coincidencia con esto, Ashford y Reeves (2003) mencionan que este método también podría usarse en combinación con herbicidas para reducir la dosis química requerida para matar.

El rolado consiste en la utilización de una herramienta con forma de tambor aplanador que contiene cuchillas desafiladas, que están diseñadas para lastimar el material vegetal en lugar de cortarlo o trocearlo, promoviendo la muerte de las plantas de ciclo anual, si es realizado en el momento correcto (Ashford & Reeves, 2003).

El rodillo de cuchillas es ampliamente utilizado en el manejo de CC. Es un equipo que provoca la ruptura de los vasos conductores del tallo, obstruyendo el paso de la savia, provocando que la planta pierda energía y tenga menos rebrotes, retrasando su descomposición (Furlani et al., 2007).

Según Bertolotto y Marzetti (2017) existen varios diseños de rolos; en general constan de un cilindro de entre 30 a 60 cm de diámetro, el cual lleva abulonado las cuchillas de 8 a 10 cm de alto y sin filo, de manera de hacer un trabajo correcto sin provocar el corte de los tallos. Creamer y Dabney (2002) afirman que el rolo es más efectivo cuando tiene las cuchillas a los 10 cm de distancia entre ellas, a su vez aumenta su eficacia en floración tardía de los cultivos o en años secos, en el caso de vicia.

El rodillo de cuchillas fragmenta menos la cobertura, solo expande su contacto con el suelo, aumentando la longevidad de la biomasa en la protección del suelo, favoreciendo la vida microbiana (Balarezo & Baptista, 2016) El rolado deja el cultivo de cobertura intacto, plano sobre la superficie del suelo, creando un mantillo más duradero con un mayor potencial de supresión de malezas (Ashford & Reeves, 2003; Creamer & Dabney, 2002).

Balarezo y Baptista (2016), afirman que el resultado del manejo del rodillo de cuchillas se diferencia de otros métodos mecánicos por la eficiencia en inhibir la germinación de malezas y mantener la humedad del suelo durante un período de tiempo más largo, favoreciendo la vida de los microorganismos en el suelo. Además, el correcto uso del rodillo de cuchillas favorece el alojamiento de la biomasa, permitiendo el correcto funcionamiento de las sembradoras, evitando la acumulación de paja en la misma.

Sin embargo, el conocimiento de la fisiología de la cobertura es esencial para que el rolado no induzca a la misma a competir con el cultivo, por rebrote o resiembra (Almeida & Rodrigues, 1985). Aunque Baigorria et al. (2014) afirma que el rolo utilizado para la desecación de cultivo de cobertura es eficiente, a pesar del rebrote de este, no afectando el rendimiento del cultivo de interés.

Por su parte, De Araújo y Rodrigues (2000) afirman que la combinación entre manejos químico y mecánico son una alternativa promisoría, si el objetivo es asegurar una mejor cobertura del suelo y la eliminación de rebrotes de la cobertura muerta.

La susceptibilidad al rolado de las gramíneas depende de su estado fenológico, siendo mayor mientras más avanzado esté el ciclo, aunque el período más recomendado para el secado es en anthesis, minimizando así los riesgos de rebrote (Bertolotto & Marzetti, 2017; Mirsky et al., 2009). Por otro lado, Balarezo y Baptista (2016) manifiestan que las poaceae (avena, centeno, triticale) se deben rolar cuando la especie se encuentra en estado de grano lechoso, ya que son más susceptibles a la rotura debido al mayor contenido de lignina.

Ashford y Reeves (2003) encontraron que la efectividad del prensador de rodillo para matar los CC depende principalmente de la etapa de crecimiento de la planta, en hoja bandera controló 19% de todos los CC (centeno, trigo y avena negra), mientras que en anthesis el rolo combinado con dosis medias de herbicidas logró un control de 94%, igualando aplicaciones de herbicidas a dosis plena en igual estado. En grano lechoso se alcanzó un 95% de muerte tanto en control mecánico como químico. La combinación del rolado más la mitad de la dosis de herbicida permiten matar el cultivo de cobertura antes de grano lechoso, en cambio si se quiere eliminar la aplicación de productos químicos sería necesario esperar hasta grano lechoso o posterior para lograr un control aceptable, además de reducir el uso de productos se reducen significativamente los costos, siendo 6 veces inferior.

De Araújo y Rodrigues (2000) concluyen que la desecación mecánica de la cobertura de avena negra es eficiente sólo cuando se realiza en el estadio de desarrollo correcto, el cual es en grano lechoso, cuando la producción de biomasa es máxima y el rebrote es reducido. Manejos anticipados provocan mucho rebrote, y posteriores la formación de semillas viables. Mirsky et al. (2009), concluyeron que el centeno se controló consistentemente en la etapa de crecimiento de Zadoks de 6.1 (antes de) o mayor.

En casos de coberturas mixtas de gramíneas y leguminosas se debe esperar a que madure la especie más tardía para proceder al control mecánico. Mientras que especies como alfalfa, trébol rojo y raigrás no se adaptan a esta alternativa de interrupción del ciclo (Bertolotto & Marzetti, 2017).

En cuanto al rolado de la vicia villosa, Ashford y Reeves (2003) y Creamer y Dabney (2002) reportan mejores controles cuando el secado se realizó en estadios más avanzados de madurez (comienzo de formación de vainas). En acuerdo con eso, Baigorria et al. (2011) manifiestan que los resultados más consistentes, se encontraron cuando se realizó el rolado de vicia en estado de floración con vainas pequeñas visibles. Mientras que Bertolotto y Marzetti, (2017) mencionan que se han encontrado también buenos resultados rolando antes de estos estadios, pero con posibilidad de rebrote y de competencia con el cultivo siguiente.

Otro aspecto a tener en cuenta en el rolado de gramíneas es la dirección en que se realiza, se debe proceder perpendicular al sentido de siembra de la cobertura o al cruce de la misma (45°). La siembra del cultivo siguiente se debe hacer en el mismo sentido del rolado, para evitar perder algunos de los beneficios para el control de la erosión (Bertolotto & Marzetti, 2017). En ese sentido, Ashford y Reeves (2003) mencionan que sembrar en la misma dirección en que se realizó el rolado del cultivo cobertura facilita el contacto semilla suelo.

Baigorria, Álvarez, Cazorla, Belluccini, Aimetta, Pegoraro, Boccolini, Faggioli, Ortiz, y Tuesca (2015) encontraron en promedio una reducción del 96% en la densidad de la maleza entre los tratamientos vicia rolada y barbecho sin herbicida. Kaspariy et al. (2020) los tratamientos desecados mediante rolado, de modo general, presentaron un menor número de malezas con respecto a los desecados con herbicidas. Andriolo y Berger (2019) concluyeron que los CC rolados determinaron mayores coberturas por rastrojos de cultivos y también menores enmalezamientos.

Baigorria, Belluccini et al. (2018) y Principiano y Acciaresi (2018) manifiestan que, la secuencia que incluye cultivo de cobertura de avena/vicia, con finalización del ciclo de manera mecánica (rolado), fue la que registró el menor valor de coeficiente de impacto ambiental (EIQ por su sigla en inglés).

Kaspary et al. (2020) afirman que el uso combinado de avena negra como cultivo de cobertura y el rolado conforman una interesante estrategia de manejo integrado de malezas, reduciendo la dependencia de herbicidas y contribuir a la mejora de la sostenibilidad de los sistemas productivos. Además, posibilita la siembra de soja sin pérdidas en número de plantas logradas en comparación a la desecación química.

Por otro lado, Davis, como se cita en Boccolini et al. (2019) encontró que el método de desecación no afectó el rendimiento de la soja utilizando centeno como CC, sin embargo, en vicia fue un 25% menor en el tratamiento rolado que en el secado con herbicida. Estos resultados fueron atribuidos a que el rolado no fue eficiente en el desecado de la vicia.

Mirsky et al. (2009) mencionan que la tecnología de rolado permite realizar labranzas conservacionistas con altos niveles de residuos, derivando su uso para suprimir las malezas, proteger el suelo de la erosión y conservar la humedad del suelo.

Baigorria, Belluccini et al. (2018), Baigorria et al. (2014, 2016, 2019), afirman que la utilización de cultivos de servicios durante el invierno, y el rolado de los mismos, permiten reducir significativamente las dosis y el número de aplicaciones de herbicidas, minimizando de esta manera el impacto sobre el medio ambiente, sin afectar el rendimiento de los cultivos de soja y maíz siguientes, como también disminuyendo la población de malezas residuales. Agregan que su utilización permite un uso más sustentable de los recursos naturales y además constituirían en una opción promisoría en áreas con restricciones en la aplicación de herbicidas, agricultura orgánica y zonas periurbanas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

El experimento a campo se instaló en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC) perteneciente a la Facultad de Agronomía (UdelaR), situada sobre la ruta nacional N° 3, a la altura del kilómetro 363 en el Departamento de Paysandú.

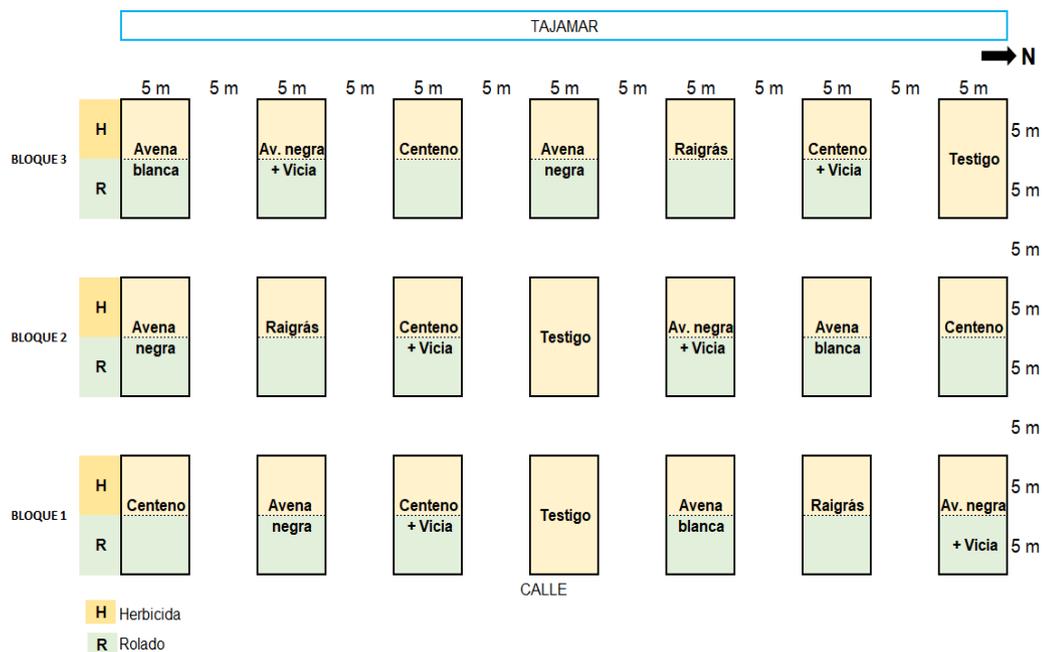
3.2. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Los tratamientos del experimento fueron la combinación de dos factores:

- Cultivos de servicio (CS) con siete tratamientos: Testigo sin cobertura, avena negra (*Avena strigosa*), avena blanca (*Avena sativa*), centeno (*Secale cereale*), raigrás (*Lolium multiflorum*), la mezcla de avena negra y vicia (*Vicia villosa*) y centeno más vicia,
- Tecnología de desecación: herbicida (método químico) y rolado (método mecánico).

Los cultivos de servicio fueron dispuestos en un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones y un tamaño de 10 m por lado. Al momento de la desecación, una mitad de cada bloque fue desecada mecánicamente utilizando un rolo y la otra mitad recibió desecación química con herbicidas, este factor no se pudo aleatorizar y quedó formando franjas dentro de cada bloque. A partir de este momento, el diseño experimental utilizado para el análisis de los datos, fue de parcelas divididas con arreglo en bloques dividido en franjas (diseño strip-split plot). Cabe aclarar que a la parcela del testigo solo se le aplicó herbicida, por lo que no estaría contemplado en el diseño de parcelas subdivididas en franjas (figura 1).

Figura 1
Croquis del experimento



En el resto del informe los CS se mencionan de la siguiente manera: Av. B (avena blanca); Av. N (avena negra); Av. N + V (avena negra con vicia); Cent. (centeno); Cent. + V (centeno con vicia); Rg (raigrás); H (herbicida); R (rolado) y MZS (malezas).

3.3. METODOLOGÍAS DE INSTALACIÓN

La siembra de los cultivos de servicio se realizó el 18 de mayo, con una sembradora Semeato SHM11, en línea a 19 cm de distancia, a razón de 50 kg ha⁻¹ de avena negra y centeno (variedades IAPAR 61 y Fausto respectivamente), 44 kg ha⁻¹ y 6 kg ha⁻¹ de avena negra y vicia respectivamente, una mezcla de 50 kg ha⁻¹ de centeno y 10 kg ha⁻¹ de vicia, 80 kg ha⁻¹ de avena blanca variedad LE 1095 y 25 kg ha⁻¹ de Raigrás LE 284. La fertilización se realizó con 80 kg ha⁻¹ de 18-46 y 60 kg ha⁻¹ de UREA azufrada, el 27 de julio.

El único tratamiento herbicida dentro del ciclo de los cultivos, fue realizado el 18 de septiembre, donde se aplicó en las coberturas de gramínea únicamente una mezcla de Florasulam (20%) y Halauxyfem metil (20,9%) a 25 g ha⁻¹. En el testigo se aplicó la misma mezcla y dosis anterior, más Glifosato 1080 g ea ha⁻¹.

En cuanto a la desecación, el rolo mecánico, se pasó perpendicularmente a la siembra de los cultivos y varió según el CS. El 8 de octubre se rolaron las

coberturas de Cent. y Cent. + V, debido a que el Cent. estaba el 100% en antesis; momento óptimo recomendado y vicia se encontraba con un 80% de plantas florecidas. El resto de los cultivos se rolaron el 23 de octubre.

La aplicación del tratamiento de desecación con herbicida se realizó el 9 de octubre, sobre todos los cultivos a razón de 4 l ha⁻¹ de Glifosato y 0,5 l ha⁻¹ de Ateetra (70,8% de sal glicolamina de Dicamba).

Debido a que no se obtuvieron buenos niveles de desecación por rolado, en el tratamiento de Cent. + V, el 20 de noviembre, se aplicó sobre el área mencionada un doble golpe, de 4 l ha⁻¹ Glifosato y a los 7 días posteriores 2 l ha⁻¹ de Paraquat (200 g ea l⁻¹).

El 30 de noviembre, previo a la siembra del cultivo de soja se aplicó en todas las parcelas 4 l ha⁻¹ Glifosato (540 g ea l⁻¹) más 50 g ha⁻¹ de Saflufenacil (70%). La siembra de soja variedad Don Mario 62R63 STS de ERRO, se llevó a cabo el 5 de diciembre, con una densidad de 80 kg ha⁻¹, dando 25 plantas por metro con una distancia entre hilera de 52 cm.

El 18 de enero del 2020 se realizó la última aplicación en todas las parcelas de Glifosato (540 g ea l⁻¹) a razón de 4 l ha⁻¹ más Clethodin 0,8 l ha⁻¹. La soja se cosechó el 6 de mayo, con una cosechadora experimental WINTERSTEIGER Classic.

3.4. DETERMINACIONES

Las determinaciones se dividieron según el objetivo de estudio; en los CS, sobre el enmalezamiento y dentro del cultivo de soja. Es importante aclarar que en el testigo no se realizaron las determinaciones que corresponden a CS, excepto a los 25 días después de la siembra de soja, como se menciona a continuación. Las determinaciones a nivel del enmalezamiento y del cultivo de soja si se realizaron en las parcelas testigo.

3.4.1. Determinaciones en los cultivos de servicio (CS):

Se evaluó la producción de biomasa previo a la desecación y producción de biomasa de rastrojo previo a la siembra de la soja. Para esto, se cortaron 5 repeticiones de 1 m dentro del surco según cultivo de servicio y tecnología de desecación. Dicho material fresco fue colocado en estufa a 90°C durante 48 horas, hasta perder toda la humedad, obteniendo el resultado en kg MS ha⁻¹.

La composición y arquitectura de la cobertura del suelo se evaluó mediante estimación visual, a los 15 y 30 días de comenzado el barbecho solo en las

parcelas de los diferentes CS, mediante un cuadrado de 0,3 m de lado tirado al azar. Se hicieron 4 determinaciones por tratamiento estimando el porcentaje de suelo cubierto por cultivo de servicio y clasificándolo en material fresco o seco, porte erecto o decumbente y separándolo en hojas y tallos. A los 25 días post siembra de la soja se realizó la misma determinación, pero se incluyó el testigo.

3.4.2. Determinaciones a nivel del enmalezamiento:

Se evaluó tamaño, composición y desarrollo del enmalezamiento en 3 fechas; una en barbecho (35 días después de la desecación de centeno y 20 días para el resto de los cultivos de servicio) y dos en cultivo de soja; 25 días post siembra y 63 días post siembra. En estas evaluaciones, se contabilizó la cantidad de malezas discriminadas por especie y estado de desarrollo, utilizando un cuadrado de 30 x 30 cm.

En cultivo de soja, el 16 de enero se estimó cobertura de malezas en porcentaje según especie y estado de desarrollo, en 4 cuadrados de 30 x 30 cm.

3.4.3. Determinaciones a nivel de cultivo de soja:

Se evaluó implantación y desarrollo de soja a los 15 y 25 días post siembra, contando la cantidad de plantas en un metro lineal y registrando el desarrollo promedio de las mismas.

A los 63 días post siembra, se evaluó, crecimiento y desarrollo en soja, registrando altura hasta el último nudo de la planta y el estado de desarrollo de la misma, eso se realizó a 10 plantas elegidas al azar por tratamiento. Además, otra medida de desarrollo fue la cobertura de suelo realizada por el cultivo, a partir de la estimación de los centímetros de entre surco descubierto que quedaba entre las hojas más extremas. Por último, se estimó el rendimiento de la soja.

3.5. PROCESAMIENTO

El análisis de datos de las diferentes variables se realizó según el modelo de parcelas subdivididas en franjas; cuando se evaluaban los CS con las dos tecnologías de desecación sin tener en cuenta el testigo, donde,

$$Y_{ijk} = \mu + \gamma_i + \tau_j + \beta_k + (\tau\beta)_{ij} + \gamma_k + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1,2, \dots, r \text{ (repeticiones)}$$

$$j = 1,2, \dots, a \text{ (niveles del factor A; cultivos de servicio)}$$

$$k = 1,2, \dots, b \text{ (niveles del factor B; tecnología de desecación)}$$

Y_{ijk} = variable aleatoria observada

μ = media general

γ_i = efecto relativo de los bloques

τ_j = efecto relativo al factor A en este caso los cultivos de servicio

β_k = efecto relativo al factor B en este caso tecnología de desecación

$(\tau\beta)_{jk}$ = efecto de la interacción de los factores; cultivos de servicio con tecnología de desecación

$(\tau\gamma)_{ij}$ = error de la interacción bloque – factor A (cultivos de servicio)

$(\beta\gamma)_{ik}$ = error de la interacción bloque – factor B (tecnología de desecación)

ε_{ijk} = error experimental, interacción triple.

Mientras que, cuando se contemplaba el testigo, las variables se analizaron con el modelo estadístico correspondiente al diseño en bloques completos aleatorizados (DBCA), debido a que solo se aplicó herbicida en el testigo, se puede evaluar con los demás tratamientos CS desecados únicamente con herbicida, donde,

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$i = 1, 2, \dots, a$ (tratamientos)

$j = 1, 2, \dots, b$ (repeticiones o bloques)

Y_{ij} = variable aleatoria observada

μ = media general

τ_i = efecto relativo los tratamientos en este caso los CS y testigo desecado con herbicida.

β_j = efecto relativo de los bloques

ε_{ij} = error experimental.

En el caso de la variable producción de biomasa previo a la desecación, se analizó con este modelo (DBCA), debido a que no se había aplicado el segundo factor de tecnología de desecación.

Las variables estimadas fueron convertidas a la unidad necesaria cuando lo requería y procesadas utilizando el programa informático INFOSTAT,

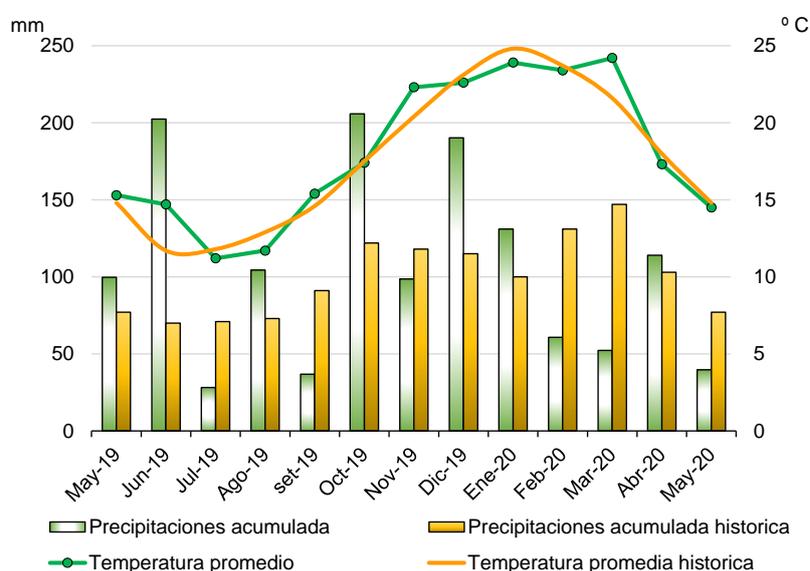
realizándose análisis de varianza (ANAVA) y prueba de comparación múltiple de medias por test de Tukey con un alfa de 5% (0,05), cuando se detectaron efectos de los tratamientos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A modo de introducción, importa destacar las condiciones climáticas que ocurrieron durante el período experimental. Los promedios históricos de temperatura promedio y precipitación acumulada, fueron extraídos del Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET, s.f.) para el Departamento de Paysandú (Lat. 32° 34' 08" S, Long. 58° 03' 66" W), y fueron comparados con los datos obtenidos de la estación meteorológica de la EEMAC (Lat. 32° 22' 41" S, Long. 58° 03' 50" W) para los meses de mayo del 2019 a mayo del 2020 (Figura 2).

Figura 2

Temperatura promedio y precipitación acumulada mensual ocurridas en el período de estudio y promedios históricos



Nota. Elaborada en base a datos de Estación Experimental Mario A. Cassinoni [EEMAC, s.f.] e INUMET (s.f.).

Las condiciones climáticas, de temperatura y precipitación, en el periodo experimental fueron similares a los promedios históricos, solo en los meses de febrero y marzo las lluvias fueron menores al promedio. En esos meses, de acuerdo con el grupo de madurez de la soja, ocurriría el periodo crítico.

4.1. RESULTADOS EN LOS CULTIVOS DE SERVICIO Y EL BARBECHO

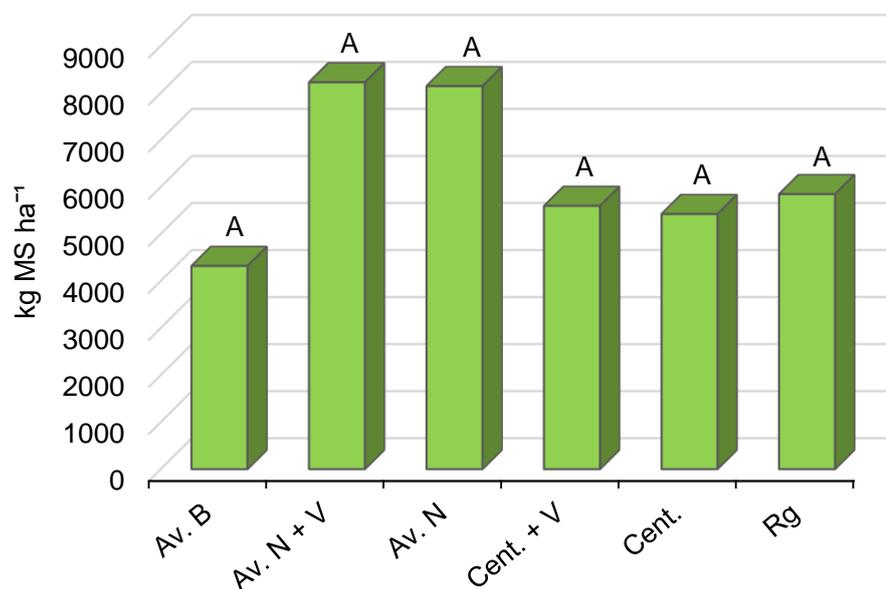
4.1.1. Producción de biomasa de los CS previo a la desecación

No hubo efecto del tipo de CS en la producción de biomasa de los CS ($p > 0,05$). Los promedios de los tratamientos Av. N y Av. N + V fueron mayores a 8000 kg MS ha⁻¹, mientras que, Av. B fue de 4300 kg MS ha⁻¹. Los restantes

mostraron un comportamiento intermedio, con rendimientos de alrededor de 5000 - 6000 kg MS ha⁻¹ (Figura 3).

Figura 3

Bimasa de los CS (kg MS ha⁻¹) previo a la desecación



Considerando las medias obtenidas, para esta variable resultó llamativo no encontrar diferencias, cuando tampoco el coeficiente de variación pudo considerarse una explicación, ya que pese a no ser bajo, fue de 26,5%.

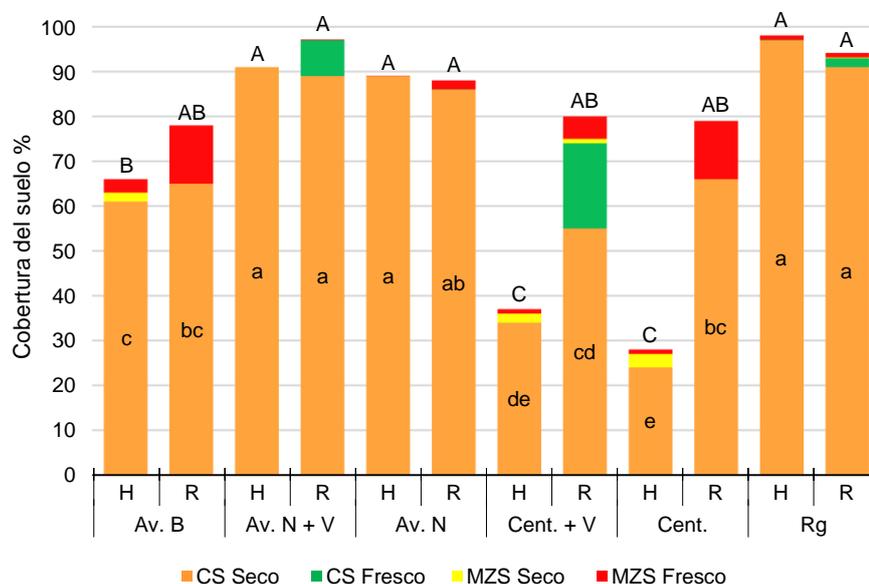
Con independencia de la imposibilidad de detectar diferencias, es posible comentar que, a excepción del resultado con Av. B, se obtuvieron aceptables niveles de biomasa. Según cita el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA, 2018) con moderada fertilización nitrogenada, niveles de 6000 kg ha⁻¹ resultan buenas coberturas.

4.1.2. Composición y arquitectura de la cobertura del suelo 15 días post desecación.

Siendo que el análisis estadístico, detectó efecto tanto para el tipo de CS, como para la tecnología de desecación y para la interacción ($p < 0,05$), en la variable cobertura total del suelo, se presentan y discuten los resultados de la interacción (figura 4).

Figura 4

Cobertura total de suelo en % por restos secos y frescos, del CS y de malezas (MZS) a los 15 días post desecación



Nota. Letras distintas de cada barra difieren significativamente según el test de Tukey 0,05. Letras mayúsculas corresponden a la cobertura total del suelo y minúsculas a la cobertura por CS seco.

Como puede observarse, el diferencial comportamiento de los tratamientos con Cent. y Cent. + V, dependiendo de la tecnología de desecación utilizada, fue el responsable de la interacción observada. En ambos casos, el rolado fue determinante de mayores coberturas totales del suelo, resultado de la contribución de un mayor porcentaje de plantas vivas, de vicia o de malezas. Los tratamientos desecados con herbicida tuvieron menos de 40% de cobertura total del suelo.

Del análisis de la composición de las coberturas totales, surge que el mayor porcentaje de malezas frescas, fue encontrado en Av. B, Cent. y Cent. + V rolados, correspondiendo con CS que produjeron menos MS (kg ha^{-1}) final, y por ende resultaron menos competitivos con malezas sobre el final del ciclo.

Por otra parte, cuando la cobertura incluía vicia se determinaron mayores porcentajes de CS fresco cuando se deseco con rolo, seguramente por la mayor dificultad de rolar esta especie. Ashford y Reeves (2003) y Creamer y Dabney (2002) reportan mejores controles de vicia, cuando el secado es realizado en comienzo de formación de vainas, para evitar rebrote.

En esta oportunidad, vicia tenía 80% de plantas en floración cuando Cent. estaba en su momento óptimo (antes). En ese sentido, Bertolotto y Marzetti

(2017), afirman que para desecar con rolado coberturas mixtas, de gramíneas y leguminosas, se debe esperar a que madure la especie más tardía. Otra posible consecuencia, es la baja producción de biomasa que presentaba la vicia, seguramente asociada a su baja densidad de siembra.

Contrariamente, cuando se utilizó tratamiento con herbicida, prácticamente no se encontró presencia de CS vivo, ni malezas frescas, es decir, desecación casi total de la cobertura del suelo.

Tal como muestra la figura anterior (figura 4) aproximadamente más del 80% de la cobertura total del suelo, estuvo determinada por la cantidad de CS seco.

La cobertura de suelo por CS seco, fue mayor en los tratamientos de Rg, Av. N y Av. N + V, para ambas tecnologías de desecación, alrededor del 90%. Esto podría ser, el resultado de la mayor producción de biomasa estimada en estos CS, coincidiendo con lo sostenido por Teasdale et al. (1991), quien encontró que mayores biomásas incrementan la cobertura del suelo.

De esta forma, el efecto más contundente en el resultado de la cobertura total del suelo, en esta primera determinación tuvo relación con el tipo de CS. No existió prácticamente efecto de la tecnología de desecación, excepto en el caso de Cent. como fuera mencionado.

El caso de Cent. pudo deberse, a que alcanza la madurez fisiológica antes y teniendo menor biomasa, solo logro algo de cobertura cuando tiene una desecación por rolado. Mientras que, con herbicida tiene una desecación más rápida, determinando una menor cobertura del suelo.

Como se mencionó en materiales y métodos, al momento de esta estimación se diferenció entre CS en pie y decumbente. El análisis estadístico, para esta última fracción, CS seco decumbente, mostró efecto del tipo de CS, de la tecnología de desecación y de la interacción (cuadro 1).

Cuadro 1

Porcentaje de CS seco decumbente a los 15 días post desecación

Tratamiento		CS Decumbente (%)	
Av. B	H	11	e
	R	65	d
Av. N + V	H	84	abcd
	R	89	ab
Av. N	H	68	cd
	R	86	abc
Cent. + V	H	1	e
	R	74	bcd
Cent.	H	0	e
	R	66	d
Rg	H	96	a
	R	91	ab

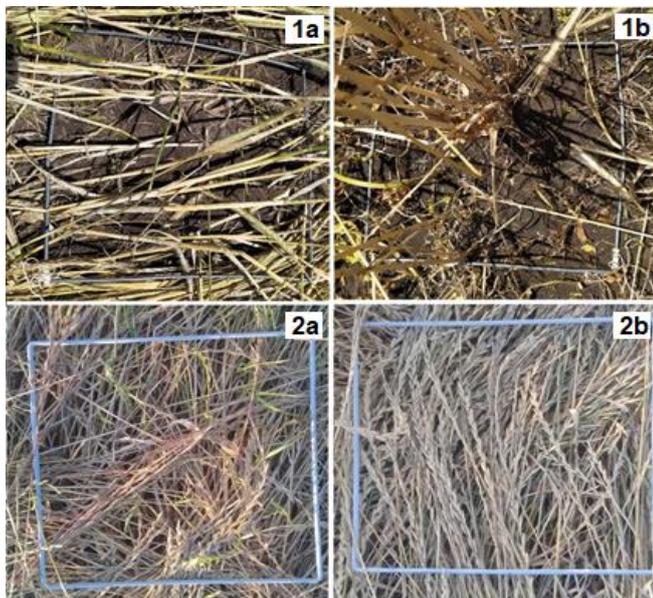
Nota. Valores que presentan letras distintas difieren significativamente según el test de Tukey.

En el cuadro puede observarse que, en este caso, también la Av. B, Cent. y Cent. + V, muestrearon respuesta diferencial según tecnología de desecación, especies en la que el rolado también determinó una mayor cobertura de suelo. Importa mencionar que Rg, Av. N y Av. N + V desecados con herbicida, fueron afectados por un evento de viento fuerte, que provocó el vuelco de plantas, lo cual pudo haber afectado el resultado.

La figura 5, resulta ilustrativa de lo recientemente mencionado, pudiendo apreciarse las coberturas de Rg y Cent. con las dos tecnologías de desecación.

Figura 5

Fotos de Cent. y Rg con ambas tecnologías de desecación, a los 15 días post desecación



Nota. Cobertura de Cent. rolado (1a), y secado con herbicida (1b), Rg rolado (2a) y con aplicación de herbicida (2b).

En conclusión, teniendo en cuenta todos los resultados presentados se puede mencionar que el rolado logra más cobertura del suelo porque deja el CS plano sobre la superficie del suelo.

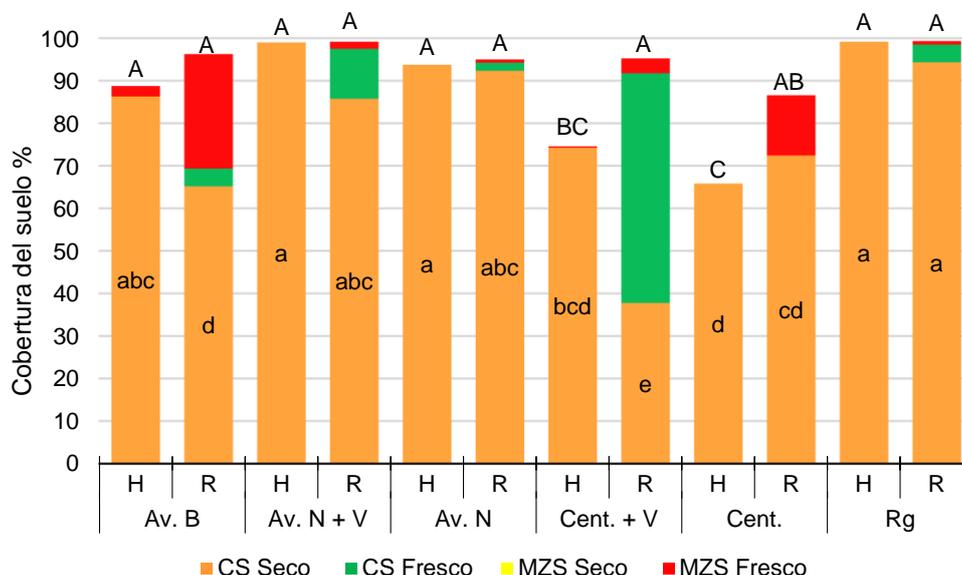
4.1.3. Composición de la cobertura del suelo 30 días post-desecación

En esta oportunidad, el análisis estadístico para la variable cobertura total del suelo, constató significancias para los mismos efectos verificados a los 15 días post-desecación, para tipo de CS, para tecnología de desecación y para la interacción ($p < 0,05$).

También, al igual que en la fecha anterior, la interacción detectada estuvo explicada por las diferenciales respuestas de Cent. y Cent. + V, a la tecnología de desecación, donde los tratados con herbicida tuvieron menos de 80% de cobertura total del suelo. Mientras que, en los restantes tratamientos no se aprecian diferencias en cobertura total del suelo entre desecación mecánica o química (figura 6).

Figura 6

Cobertura total de suelo en % por restos secos y frescos del CS y de malezas (MZS) a los 30 días post desecación



Nota. Letras distintas de cada barra difieren significativamente según el test de Tukey 0,05. Letras mayúsculas corresponden a la cobertura total del suelo y minúsculas a la cobertura por CS seco.

Asimismo, las tendencias en los distintos componentes de la cobertura fueron similares a la determinación anterior, el rolado volvió a mostrarse ineficiente en los tratamientos con vicia, principalmente en Cent. + V y en el porcentaje de malezas frescas, mostrando mayores valores en los tratamientos de Av. B rolada (27%) y de Cent. rolado (14%).

Exceptuando Cent. + V rolado, donde el CS fresco contribuyó en un 54% a la cobertura total del suelo, mientras que el rastrojo seco cubría solo el 38%, para los demás tratamientos, la cobertura sigue estando fundamentalmente determinada por el CS seco, en más de un 70%.

Analizando específicamente el comportamiento de esta variable, cobertura de suelo por restos secos de los distintos CS, en la que la interacción CS por tecnología de desecación resultara significativa, se observó que la misma estuvo determinada por la menor cantidad de rastrojos en los tratamientos de Av. B y Cent. + V rolados, en comparación con el de herbicida. Este resultado mostró una respuesta inversa a la determinada en la fecha anterior, lo cual pudo estar explicado en que se produjo rebrote de algunas plantas de vicia y de malezas, que cubrieron en parte el rastrojo haciendo disminuir el porcentaje de CS seco. Cabe

recordar que dicha estimación se hizo lanzando al azar el cuadrado y por apreciación visual sin perturbar la zona de muestreo.

La figura 7, resulta ilustrativa de lo recientemente mencionado, pudiendo apreciarse las coberturas de Av. B y Cent. + V roladas a los 15 y 30 días post desecación.

Figura 7

Fotos de Av. B y Cent. + V rolados a los 15 y 30 días post desecación



Nota. Cobertura de Av. B 15 días post desecación (1a), y 30 días post desecación (1b), Cent. + V 15 días post desecación (2a) y 30 días post desecación (2b).

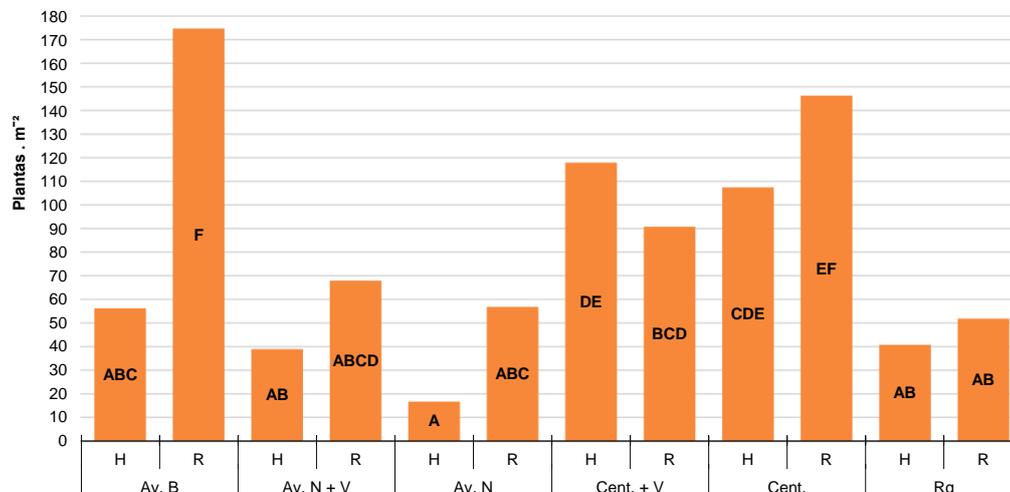
Los resultados obtenidos en esta determinación con respecto a la vicia, determino la necesidad de realizar una aplicación para desecarla y lograr condiciones similares al resto de los tratamientos para la siembra.

4.1.4. Enmalezamiento en barbecho.

Se detectó efectos del tipo de CS, del método de desecación y de la interacción ($p < 0,05$) para la densidad total de malezas estimada en el barbecho a los 35 días después de la desecación con rolo de los Cent. y 20 días para el resto de los tratamientos (figura 8).

Figura 8

Densidad total en plantas m^{-2} de malezas en barbecho



Nota. Letras distintas difieren significativamente según el test de Tukey 0,05.

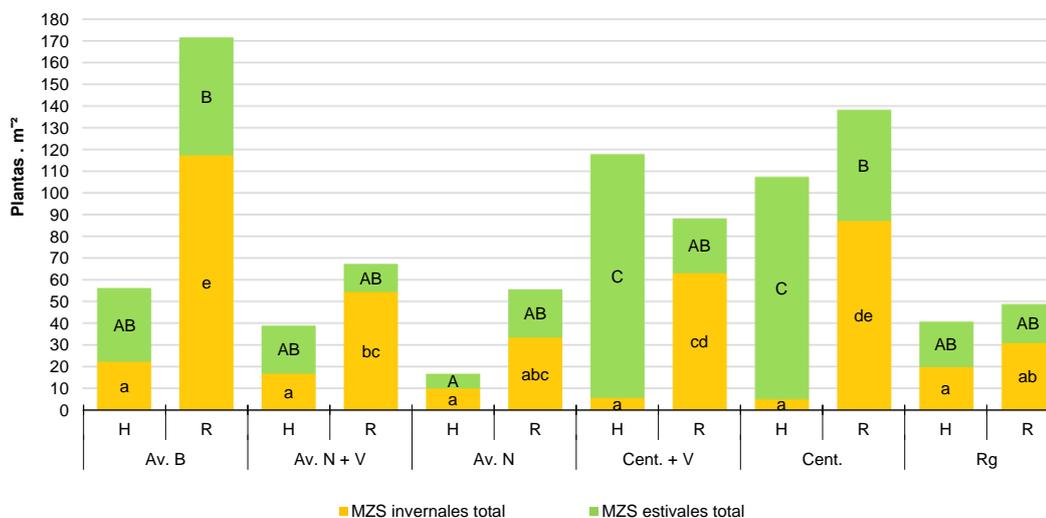
Todos los CS resultaron con similares densidades de malezas, en las dos tecnologías de desecación evaluadas, excepto Av. B, tratamiento en el que la densidad en el rolado fue muy superior, estimándose más de 170 plantas. m^{-2} . Sin embargo, la Av. B con herbicida, no tuvo tamaños de enmalezamiento distintos, a los que presentaron los CS con las más bajas densidades, como Av. N, Av. N + V y Rg.

Los resultados obtenidos en Av. B rolada tendrían concordancia con lo analizado anteriormente. Se trata del CS con el promedio más bajo en producción de biomasa previo a la desecación y mayor porcentaje de malezas frescas cubriendo el suelo, a los 15 días de iniciado el barbecho.

El análisis de los efectos estudiados sobre la composición del enmalezamiento, considerando por separado las malezas según su ciclo productivo; malezas invernales y malezas estivales, permitió profundizar en las causales de las respuestas observadas a nivel de la densidad total (figura 9).

Figura 9

Densidad de malezas en plantas m^{-2} por ciclo, según tratamiento



Nota. Letras distintas en el mismo color difieren significativamente según el test de Tukey 0,05. Letras minúsculas corresponden a MZS invernales total y mayúsculas a MZS estivales total.

Los efectos resultaron diferenciales según el ciclo productivo de las malezas consideradas. La tecnología de desecación tuvo mayores impactos en las malezas invernales, resultando destacable las mayores densidades en los tratamientos rolados, principalmente en los tratamientos de Av. B y Cent. Esto pudo significar que fueron CS poco competidores en el invierno, permitiendo el crecimiento de malezas, llegando más enmalezados al momento de la desecación y el rolado no resolvió el problema permitiendo que pasaran al barbecho.

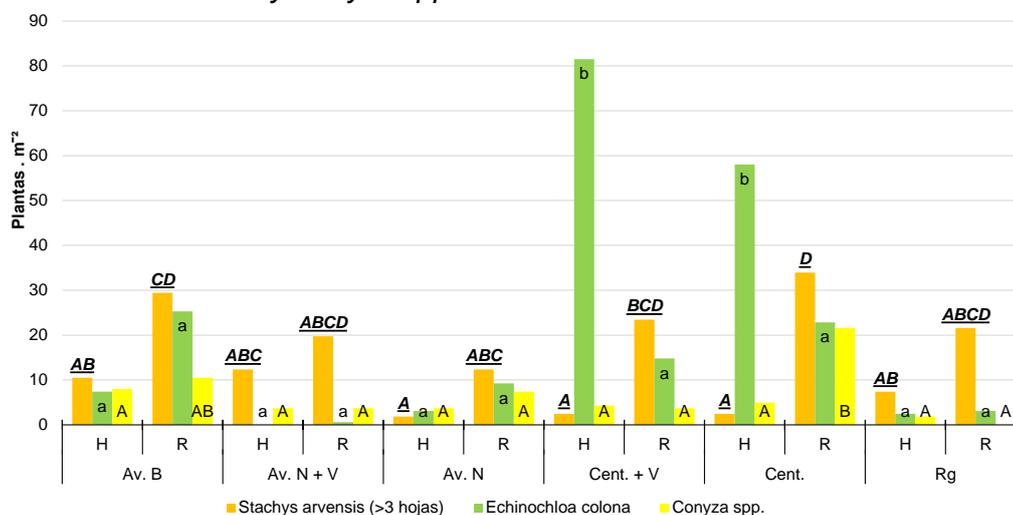
Por el contrario, el grupo de las estivales muestra una clara asociación con el tipo de CS y las mayores densidades fueron determinadas en Cent. y Cent. + V desecado con herbicida, pudiendo deberse a la baja cobertura total del suelo a los 15 días post desecación, menos del 40%, también a que la desecación con herbicida fue más rápida, como ya se mencionó anteriormente.

El enmalezamiento invernal, estuvo compuesto mayoritariamente por especies latifoliadas en estado vegetativo y reproductivo (*Anagallis arvensis*, *Gamochaeta spicata*, *Trifolium repens*, *Acicarpha tribuloides*, *Taraxacum officinale*, *Coronopus didymus*, *Ammi visnaga* y *Stachys arvensis*), siendo más del 90% en todos los tratamientos. La densidad de *Stachys arvensis* con más de 3 hojas, realizó el mayor aporte al enmalezamiento, con medias significativamente diferentes, para los tratamientos de Cent., Cent. + V y Av. B rolados (figura 10).

Mientras que, el enmalezamiento estival estuvo constituido por malezas gramíneas (*Echinochloa colona*, *Digitaria sanguinalis* y *Setaria geniculata*) y latifoliadas (*Dichondra microcalyx*, *Lotus corniculatus* *Cyperus spp.* y *Conyza spp.*). En los tratamientos, Cent. y Cent. + V desecado con herbicida, se estimó un 95 % de malezas estivales gramíneas, en la que se destaca *Echinochloa colona*, haciendo que la interacción resulte significativa. Mientras que, para la densidad de *Conyza spp.*, se detectó muy poco efecto de los CS y de la tecnología de desecación, excepto en el caso de Cent. rolado (figura 10).

Figura 10

Densidad de malezas en plantas m^{-2} para, *Stachys arvensis* (> 3 hojas), *Echinochloa colona* y *Conyza spp.*



Nota. Letras distintas en el mismo color de barra difieren significativamente según el test de Tukey 0,05. Letras mayúsculas en negrita y subrayadas corresponden a *Stachys arvensis* (>3 hojas), minúsculas a *Echinochloa colona* y mayúsculas a *Conyza spp.*

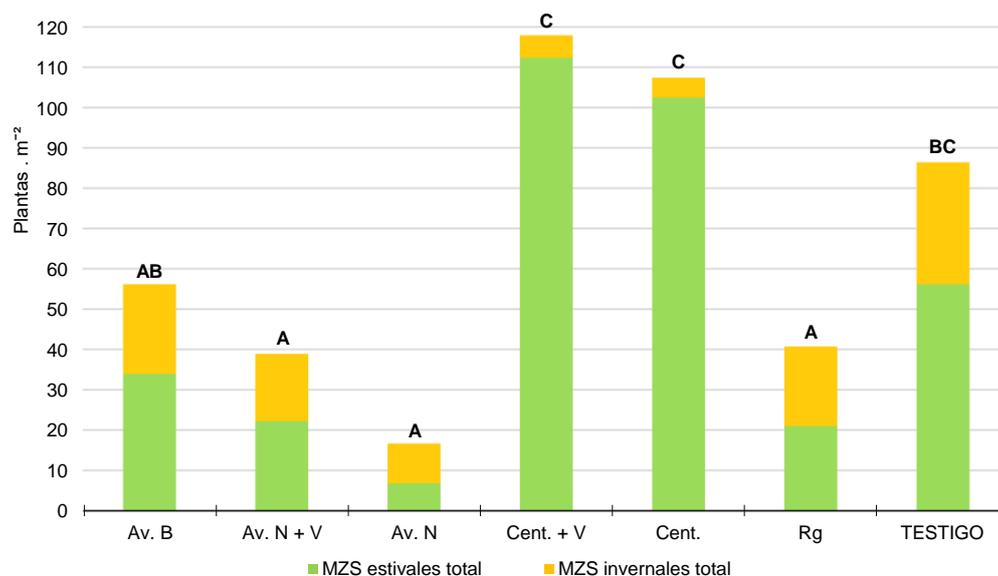
Teniendo en cuenta todos los resultados en esta determinación, vuelven aparecer Av. B, Cent. y Cent. + V, como los CS que se comportaron diferente en cuanto a la población de malezas.

Por el contrario, resalta el comportamiento de Rg, Av. N y Av. N + V, por la menor presencia de malezas tanto invernales como estivales, lo que coincide con lo observado en la determinación de cobertura del suelo 15 días post desecación, donde se registró bajo porcentaje de malezas frescas y secas. Esto pudo deberse, a la supresión de las malezas por parte de los CS vivos y sus rastrojos en superficie, los cuales lograron una cobertura del suelo de aproximadamente 90% a los 15 días después de la desecación.

Por otra parte, al estudiar esta misma variable, densidad de malezas comparando los diferentes CS y el testigo con aplicación de herbicida al momento de la desecación se detectaron significativos efectos del tipo de CS ($p < 0,05$) (figura 11).

Figura 11

Densidad total de malezas en plantas m^{-2} por ciclo, según CS.



Nota. Letras distintas difieren significativamente según el test de Tukey 0,05.

Se aprecia que el testigo tiene un comportamiento similar a los tratamientos de Cent. y Cent. + V, que resultaron más enmalezados como se mencionó anteriormente. Estos resultados ameritaron una aplicación previa a la siembra.

Cuando el CS determina una pobre cobertura del suelo por rastrojo; menos del 40% a los 15 días post desecación (figura 4), no lograría suprimir la emergencia de malezas, y se comportó igual o incluso peor a la ausencia de CS. Con más de 60% de cobertura por rastrojo (figura 4) se obtuvo una disminución en la densidad de malezas comparada con el testigo, tal fue el caso de Av. B con 30 plantas m^{-1} menos.

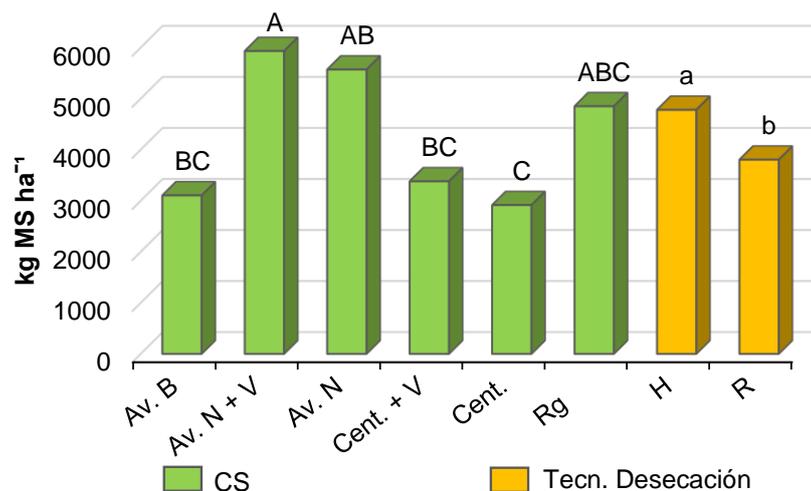
Por otra parte, resalta el comportamiento de los demás tratamientos, en el caso de Rg, Av. N y Av. N + V, presentaron una disminución en la densidad de malezas en más del 50% en comparación con el testigo, resultados esperables teniendo en cuenta su comportamiento en las determinaciones a los 15 días post desecación.

4.1.5. Biomasa de rastrojo previo a la siembra de soja

La biomasa de rastrojo, previo a la siembra de soja, fue afectada tanto por el tipo de CS, como por la tecnología de desecación ($p < 0,05$), sin efectos de interacción entre estos factores (figura 12).

Figura 12

Biomasa de rastrojo (kg MS ha⁻¹) previo a la siembra de soja según CS y tecnología de desecación



Nota. Columnas del mismo color que presentan las mismas letras no difieren significativamente según el test de Tukey 0,05.

Como esperable, el efecto de los CS, en la biomasa de los rastrojos estimada previo a la siembra de la soja, tuvo relación con los promedios de biomasa determinada en los CS antes de su desecación.

Lo que no resultó totalmente esperable fue el efecto de la tecnología de desecación. La cantidad de materia seca en los tratamientos desecados con herbicida fue superior a la estimada en los tratamientos que fueron rolados.

Según Fernández (2020), estas diferencias pudieron deberse a condiciones ambientales, como la lluvia, temperatura, factores que cambiarían los procesos de descomposición, los cuales se suman a la diferencia posicional del rastrojo, en el caso de rolado la materia seca está en contacto con el suelo y en los tratamientos con herbicida estos materiales están erectos.

Otro factor, el cual pudo generar dicha controversia, es la recolección de MS, muestreo realizado teniendo todas las precauciones posibles, pero se pudo dejar materia seca que ya estaba incorporada al suelo, y se decidió no sumarla.

4.2. RESULTADOS DE LA ETAPA DE CULTIVO

4.2.1. Densidad y desarrollo de soja a los 15 días post siembra

Tanto la densidad total de soja como el total de plantas en el estadio más desarrollado en ese momento (V2), mostraron efectos del tipo de CS anterior, la tecnología de desecación y la interacción de estos dos factores (cuadro 2).

Cuadro 2

Densidad total en plantas. m⁻¹ de soja y % del total de plantas en estadio V2 según tratamiento

Tratamientos		Plantas m ⁻¹	Pls. en V2 (% del total)
Av. B	H	7,33 ab	99 a
	R	3,92 bc	72 b
Av. N + V	H	6,75 abc	85 ab
	R	8,00 a	88 a
Av. N	H	7,17 ab	92 a
	R	7,25 ab	79 ab
Cent. + V	H	8,33 a	87 a
	R	6,00 abc	63 ab
Cent.	H	6,42 abc	89 ab
	R	3,25 c	82 b
Rg	H	5,42 abc	80 ab
	R	5,92 abc	93 ab

Nota. Valores que presentan letras distintas en la misma columna difieren significativamente según el test de Tukey 0,05.

Como puede observarse, se estimó, una alta proporción de plantas en estado fenológico V2 en todos los tratamientos. Por otro lado, en el caso de la variable densidad total, ningún CS difiere entre las dos tecnologías de desecación, por lo tanto, la interacción podría deberse a la tendencia de efecto más pronunciado en Av. B, que sólo llega a ser significativa cuando se analiza las plantas en V2. En consideración de estos resultados nos pareció importante discutir el efecto del tipo de CS y la tecnología de desecación por separado (cuadro 3).

Cuadro 3

Densidad total en plantas. m⁻¹ de soja y % del total de plantas en estadio V2 según CS y tecnología de desecación

CS	Nº pls. m⁻¹	Pls en V2. (% del total)
Av. B	5,63 ab	86 ab
Av. N + V	7,38 a	86 a
Av. N	7,21 a	76 ab
Cent. + V	7,17 a	86 ab
Cent.	4,83 b	89 b
Rg	5,67 ab	86 ab
Desecación	Plantas m⁻¹	Pls en V2. (% del total)
H	6,90 A	89 A
R	5,72 B	80 B

Nota. Valores que presentan letras distintas en la misma columna difieren significativamente según el test de Tukey 0,05.

En los resultados de la densidad total de soja, el efecto más contundente tuvo relación con el tipo de CS, destacándose tres tratamientos, Av. N, Av. N + V y Cent. + V, con más de 7 plantas por metro lineal, mientras que en Cent. se estimó menos de 5 plantas. Similares resultados se obtuvieron en la cantidad de plantas en estados de mayor desarrollo (V2). Por otro lado, en la tecnología de desecación, tanto el número de plantas por metro lineal, como la cantidad de plantas en estadio V2, fueron menores en el rolado que la aplicación de herbicida.

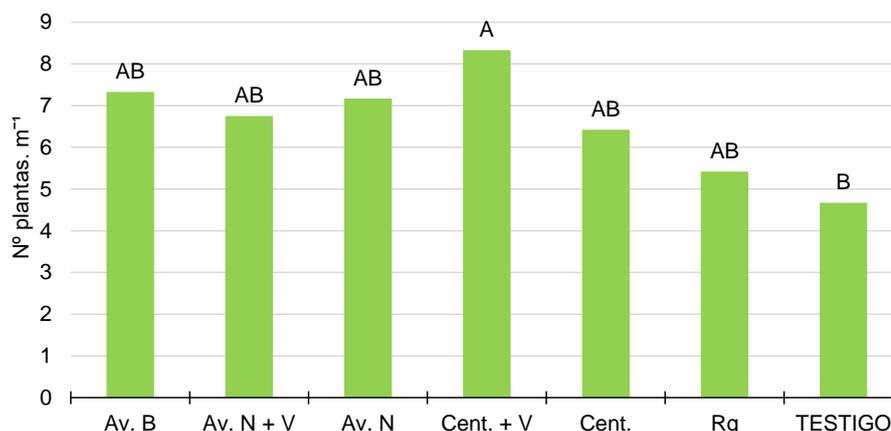
Los resultados son algo controversiales, teniendo en cuenta lo discutido en las determinaciones en barbecho. Por un lado, según lo expuesto por Swan, como se cita en Fariña y Gautier (2006); una capa gruesa de rastrojo puede inhibir la emergencia del cultivo, y en consecuencia se podría pensar que los tratamientos que presentaran más limitaciones a la emergencia de soja serían los que lograron mayor cobertura del suelo por rastrojo. En este caso, la mayor biomasa de rastrojos previo a la siembra fue estimada para Av. N + V y la menor para Cent., resultados opuestos a lo esperado.

Podría considerarse que estos resultados estuvieran explicados por la mayor presencia de malezas en barbecho, ocupando el espacio y utilizando los recursos, que de lo contrario estaría disponible para el cultivo de soja. En el caso de Cent. fue un CS que presentó un alto porcentaje y densidad de malezas frescas, y los tratamientos rolados presentaron las mayores densidades de malezas invernales. Estos resultados demostrarían, que sería más importante la ausencia de plantas vivas, que una alta cantidad de rastrojo en la implantación del cultivo de soja.

Por otra parte, al realizar el análisis estadístico solo con los tratamientos desecados con herbicida, CS y testigo, se detectó efecto del tipo de CS ($p < 0,05$), como se aprecia en la figura 13.

Figura 13

Densidad total en plantas. m^{-1} de soja para CS desecado con herbicida y testigo



Nota. Letras distintas difieren significativamente según el test de Tukey 0,05.

Cent. + V presento el mayor número de plantas por metro lineal, mientras que la menor densidad ocurrió en el testigo. Se vuelve a cuestionar el tema de las cantidades de rastrojo en superficie siendo que, en el caso de Cent. + V, su comportamiento fue acorde con la baja biomasa de rastrojo estimada previo a la siembra. En cambio, el testigo tendría que haber obtenido mejor resultado en implantación de soja, teniendo en cuenta la falta de restos secos de CS y que no hubo deficiencia hídrica entorno a la siembra. Además, ambos tratamientos fueron similares en cuanto a la presencia de malezas vivas en barbecho. La posible causa de dicho comportamiento en el testigo, pudo estar dada por anegamiento del suelo por periodos prolongados, en dos de las tres parcelas.

4.2.2. Composición de la cobertura del suelo, densidad y desarrollo de soja y enmalezamiento a los 25 días post siembra

El análisis estadístico según el modelo de parcelas divididas detectó efecto únicamente para el tipo de CS ($p < 0,05$) en las variables cobertura total del suelo y cobertura por rastrojo (cuadro 4). Para las variables cobertura por cultivo de soja, porcentaje de malezas secas y frescas, constató significancias para los efectos de CS, para tecnología de desecación y para la interacción (figura 14).

Cuadro 4

Cobertura total del suelo y por rastrojo en %, a los 25 días post siembra

CS	Suelo cubierto (%)	Rastrojo (%)
Av. B	73,54 b	47,33 c
Av. N + V	95,42 a	83,21 a
Av. N	90,96 a	82,58 a
Cent. + V	78,33 b	63,88 b
Cent.	76,00 b	62,63 b
Rg	98,04 a	83,79 a

Nota. Valores que presentan letras distintas en la misma columna difieren significativamente según el test de Tukey 0,05.

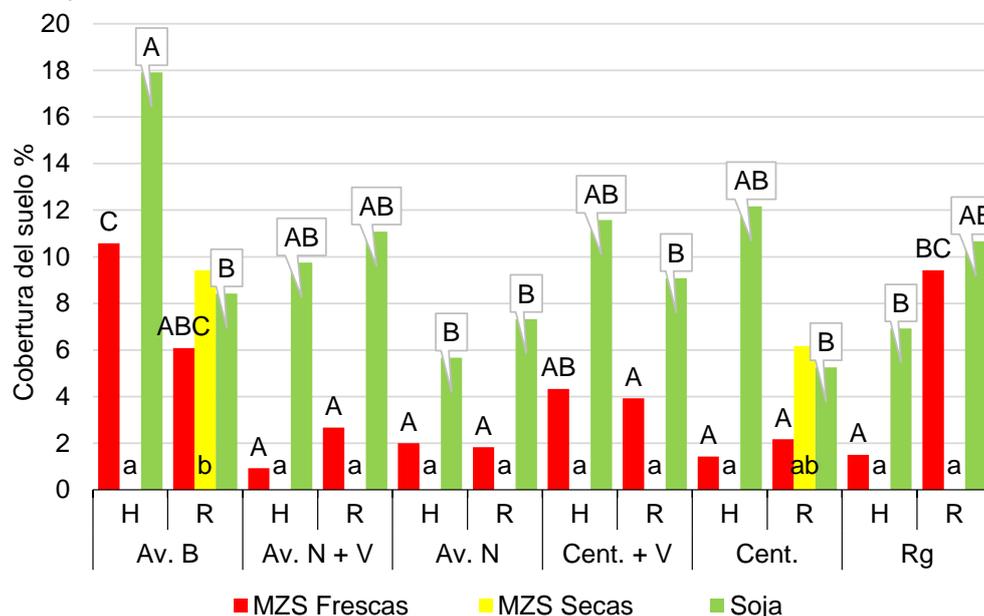
Se pudo diferenciar dos grupos, continuando la misma tendencia de las determinaciones en barbecho; los CS con más de 90% de cobertura total del suelo Rg, Av. N y Av. N + V, y los CS con menos de 80% de cobertura total Av. B, Cent. y Cent. + V.

Los rastrojos de Rg, Av. N y Av. N + V aportaron más del 80% a la cobertura total. La elevada cobertura por restos secos que mantenían a la fecha estos CS pudo estar relacionada, con la producción de materia seca antes de la desecación y la tasa de descomposición de estas especies. Como lo estableció Frioni (2006), la velocidad de descomposición de los residuos depende de la cantidad y calidad de estos, con alta relación C/N la velocidad es más lenta.

En cuanto a las restantes variables (figura 14), malezas secas solo estuvo presente en los tratamientos de Av. B y Cent. rolados, los que tenían mayor densidad de malezas invernales en barbecho, las cuales fueron controladas con la aplicación de herbicida previa a la siembra.

Figura 14

Cobertura del suelo en % por soja, por malezas (MZS) secas y frescas, a los 25 días post siembra



Nota. Letras distintas en el mismo color de barra difieren significativamente según el test de Tukey 0,05. Letras mayúsculas encima de la barra roja corresponden a MZS Frescas, letras minúsculas en color amarillo a MZS Secas y mayúsculas en llamada de datos a Soja.

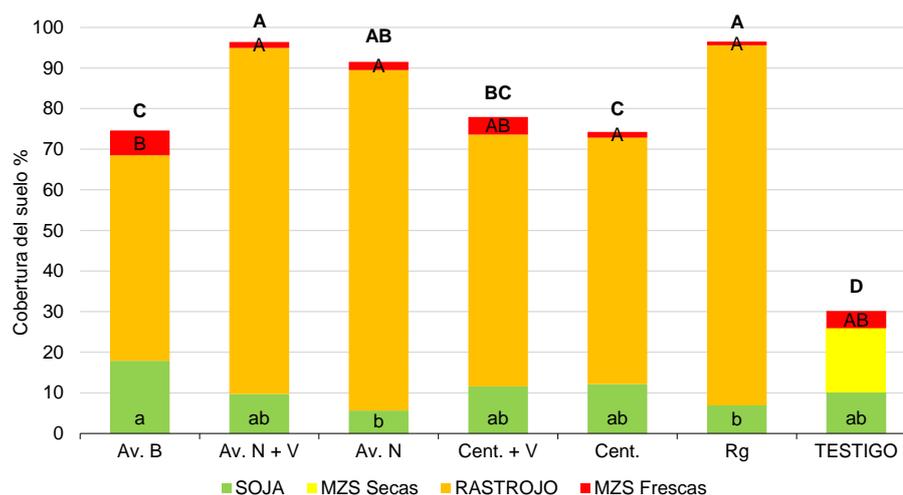
El porcentaje de malezas frescas siguió siendo mayor en Av. B, al igual que las determinaciones en barbecho, aunque en esta oportunidad en la parcela desecada con herbicida no con rolado. Este comportamiento pudo ser consecuencia de la menor cantidad de biomasa lograda por este CS previo a la desecación, y que la aplicación de herbicida aceleró su descomposición, logrando así más espacio vacío en dichas parcelas al momento de la siembra de soja, pudiendo permitir mayor emergencia de malezas. Además, eso también pudo explicar que se estimara el mayor porcentaje de soja cubriendo el suelo en ese tratamiento.

Cabe destacar el comportamiento del tratamiento Cent. En las determinaciones anteriores presentaba alta presencia de malezas frescas, por el contrario, en esta determinación se estimó baja cobertura por estas. Esto pudo ser consecuencia de los efectos alelopáticos de sus residuos evitando la emergencia de malezas, tal como lo plantean Aasen et al. (1987) quienes confirmaron que los residuos y extractos acuosos de centeno pueden resultar tóxicos para varias especies de plantas.

Por otra parte, al estudiar el efecto de los CS, incluyendo al testigo en el modelo de bloques completos al azar, se encontraron efectos significativos de la cobertura invernal ($p < 0,05$) para las variables cobertura total del suelo, porcentaje de suelo cubierto por soja y por malezas frescas (figura 15).

Figura 15

Cobertura total de suelo en %, por cultivo de soja, rastrojos, restos secos y frescos de malezas (MZS), a los 25 días post siembra



Nota. Letras distintas difieren significativamente según el test de Tukey 0,05. Letras mayúsculas en negrita encima de la barra corresponden a cobertura total del suelo, letras mayúsculas en parte roja a MZS Frescas y minúscula en zona verde a Soja.

Como esperable, el testigo presentó la menor cobertura, y esta estuvo determinada principalmente por el aporte de malezas secas. Importa destacar, que el porcentaje de malezas frescas en el testigo fue similar al estimado en Cent. + V y 2% menor que en Av. B, por lo que se podría pensar que la presencia de rastrojo en esos tratamientos no está inhibiendo la emergencia de malezas. Igualmente, el anegamiento en el testigo pudo afectar la germinación de malezas.

En cuanto a la superficie ocupada por las plantas de soja, Av. B tuvo el mayor porcentaje superando al testigo en un 77%, mientras que en Av. N y Rg se estimó 43 % y 31% menos cobertura que el testigo respectivamente. Estos resultados tuvieron concordancia con los valores estimados en desarrollo de soja que se presenta y discute a continuación, ya que, en Av. B se estimó mayor porcentaje de plantas con mayor desarrollo y lo opuesto en los otros dos CS.

En los dos parámetros estimados en soja, densidad y desarrollo, se detectaron tanto efecto del tipo de cobertura invernal, como de la tecnología de desecación utilizada para la terminación de estos (cuadro 5).

Cuadro 5

Densidad total en plantas. m⁻¹ de soja y % del total de plantas en estadio V3 según CS y tecnología de desecación

CS	Nº plantas. m⁻¹	Pls en V3 (% del total de pls.)
Av. B	6,50 ab	21 a
Av. N + V	7,58 ab	7 bc
Av. N	5,71 b	5 bc
Cent. + V	7,43 ab	21 a
Cent.	5,79 b	18 ab
Rg	8,08 a	2 c
Desecación	Nº plantas. m⁻¹	Pls en V3 (% del total de pls.)
H	7,50 A	15 A
R	6,20 B	9 B

Nota. Valores que presentan letras distintas en la misma columna difieren significativamente según el test de Tukey 0,05.

Teniendo en cuenta la determinación a los 15 días post siembra de soja de estas mismas variables, la mayor discrepancia se observa en Av. N, que disminuyó en un 20% el número de plantas por surco y en Rg que aumentó en más del 40 % la densidad. Además, en ambos CS y Av. N + V se vio enlentecido el desarrollo, estimándose muy bajos porcentajes de plantas en V3.

Estos resultados no podrían ser explicados únicamente por la cantidad de rastrojo, debido a que estos CS, en esta misma fecha, presentaron más del 80% de cobertura del suelo por restos secos, y Rg aumentó la densidad de soja y Av. N la disminuyó. La explicación podría estar en los efectos alelopáticos, que se sabe, ambas coberturas pueden producir (Audi & Rivero, 2019; Clark, 2012; Gfeller et al., 2018).

En el caso de Av. N, se evidenció en el estudio realizado por Audi y Rivero (2019) en un año muy seco, efectos tanto en el crecimiento como en el desarrollo de la soja sembrada sobre los rastrojos de este CS. Mientras que, Segredo (2021) encontró que los rastrojos de este CS en altas cantidades pueden ser específicamente alelopáticos para especie de hoja ancha, afectando la germinación y largo de radícula en estas.

En Rg, se podría atribuir a los efectos alelopáticos los resultados obtenidos hasta los 15 días post siembra, pero que dejan de afectar al cultivo en esta determinación, por lo menos en la germinación. La explicación a dicho comportamiento es que, si bien, se ha encontrado que la descomposición del raigrás libera compuestos que actúan como inhibidores de la germinación y el

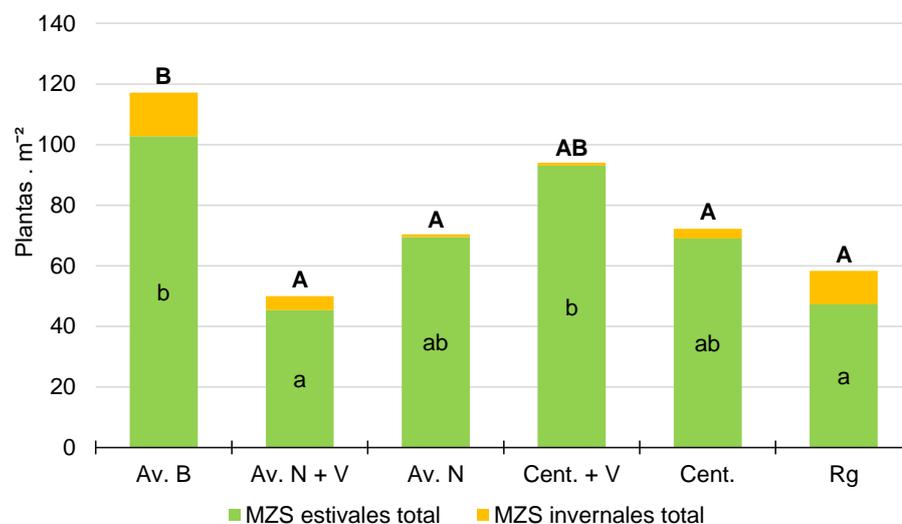
desarrollo de otros cultivos (Breland; Stirzaker & Bunn, como se cita en Múgica, 2011), las concentraciones demandadas para la aparición de la inhibición son muy altas (Bueno et al., 2007), las cuales pudieron empezar a disminuir en esta determinación.

En los restantes CS la densidad de plantas por metro lineal y el desarrollo parece no haberse afectado, obteniendo en esta oportunidad los mayores porcentajes de plantas en estado V3. Estos resultados si se pudieron explicar, por el porcentaje de CS seco, ya que, corresponden al grupo de menor porcentaje de rastrojo en esta determinación. En cuanto a la tecnología de desecación se mantuvieron los mismos resultados.

Por último, al realizar el estudio de los efectos para las variables que describen el enmalezamiento por el modelo de parcelas divididas, se detectó únicamente efecto del tipo de CS ($p < 0,05$) para la densidad total y malezas estivales totales (figura 16).

Figura 16

Densidad total en plantas m^{-2} de malezas y por ciclo, según CS



Nota. Letras distintas difieren significativamente según el test de Tukey 0,05. Letras mayúsculas en negritas corresponden a densidad total de malezas y letras minúsculas en parte verde a MZS estivales totales.

El CS que continuó presentando mayor enmalezamiento y mayor presencia de malezas estivales fue Av. B, coincidiendo con el mayor porcentaje de malezas fresca estimado en esta determinación.

De los restantes CS destaca Cent. nuevamente, fortaleciendo lo expuesto anteriormente. En el caso de Cent. + V, el comportamiento pudo estar relacionado

con la descomposición de la vicia y liberación de N que pudo promover la emergencia de malezas, recordando que previo a la siembra de soja se realizó una aplicación para poder desecar dicha leguminosa. Igualmente, como menciona Clark (2012), vicia también puede liberar compuestos aleloquímicos.

Es importante mencionar que, el resultado del tratamiento de Rg, que fuera el menos enmalezado pudo estar enmascarado por la imposibilidad de realizar el conteo de plántulas debido al rebrote de este, como se puede observar en la figura 17 y deja dudas respecto al resultado real.

Figura 17

Densidad de rebrote de plántulas en el tratamiento raigrás rolado



El enmalezamiento estival, estuvo constituido mayoritariamente por las mismas especies gramíneas encontradas en barbecho (*Digitaria sanguinalis*, *Setaria geniculata* y *Echinochloa colona*, que fuera la predominante). A nivel de especie sólo se detectó efecto para el tipo de CS en la población de *Echinochloa colona* diferenciada en tamaño de plantas (cuadro 6).

Cuadro 6

Densidad total de malezas estivales de Echinochloa colona según número de hojas, y porcentaje de Echinochloa colona en el total de malezas

CS	ECH 1-2 hojas (plantas m ⁻²)	ECH > 3 hojas (plantas m ⁻²)	MZS Estivales totales (plantas m ⁻²)	% ECH del total
Av. B	58,64 b	44,45 b	112,35 b	92
Av. N + V	20,37 a	12,35 a	39,51 a	83
Av. N	34,57 ab	23,46 ab	70,37 ab	82
Cent. + V	48,15 ab	28,39 ab	86,42 ab	89
Cent.	32,1 ab	23,46 ab	59,88 a	93
Rg	26,54 ab	20,99 ab	51,23 a	93

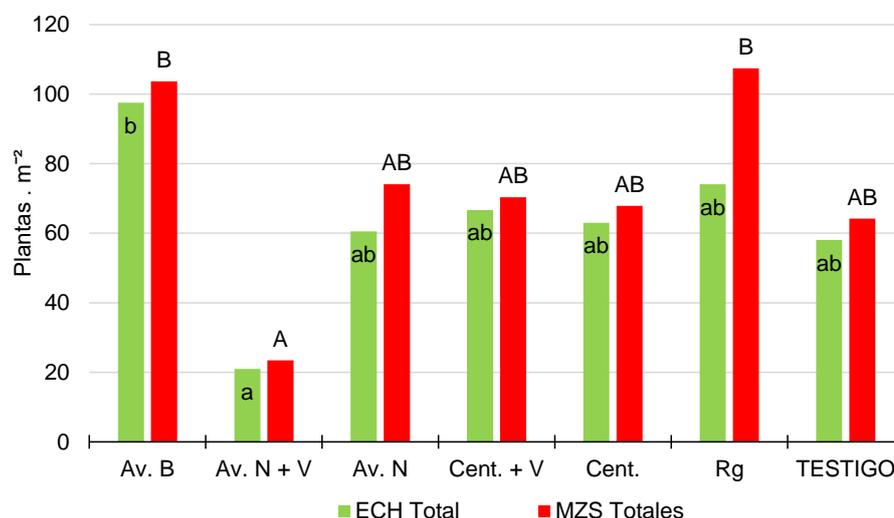
Nota. Letras distintas en la misma columna difieren significativamente según el test de Tukey0,05.

Se destacan Av. N + V y Av. B. La primera, en su capacidad supresora de malezas estivales, principalmente en *Echinochloa colona*, lo cual pudo tener relación con los niveles de cobertura del suelo por rastrojo en superficie, evaluado en la misma fecha, 25 días post siembra de soja. La segunda, por los altos niveles de plantas por metro cuadrado de las tres variables, lo cual también podría estar explicado por la cantidad de restos secos en superficie por dicho CS.

Por último, al estudiar estas mismas variables, comparando los diferentes CS y el testigo con aplicación de herbicida al momento de la desecación, se detectaron efectos significativos del tipo de CS ($p < 0,05$) a la densidad total de malezas y población total de *Echinochloa colona* (figura 18).

Figura 18

*Densidad total en plantas m^{-2} de malezas y de *Echinochloa colona* total, para CS desecados con herbicida y el testigo*



Nota. Letras distintas difieren significativamente según el test de Tukey 0,05. Letras minúsculas barras verdes corresponden a ECH Total. y letras mayúsculas en barra roja a densidad total de malezas.

Primero es importante aclarar que en el caso de Rg desecado con herbicida también hubo rebrote, pero en menor proporción pudiéndose realizar el conteo de plántulas, por eso la densidad de maleza totales pudo ser mayor en este tratamiento.

Lo más relevante es el comportamiento del Testigo, sus resultados son iguales a los tratamientos de Cent., Cent. + V y Av. N, en cuanto a la densidad de malezas totales y de *Echinochloa colona*, imposible de explicar por contenido de

restos secos en esta misma determinación, así como por efectos alelopáticos de los rastrojos, pero si por el anegamiento.

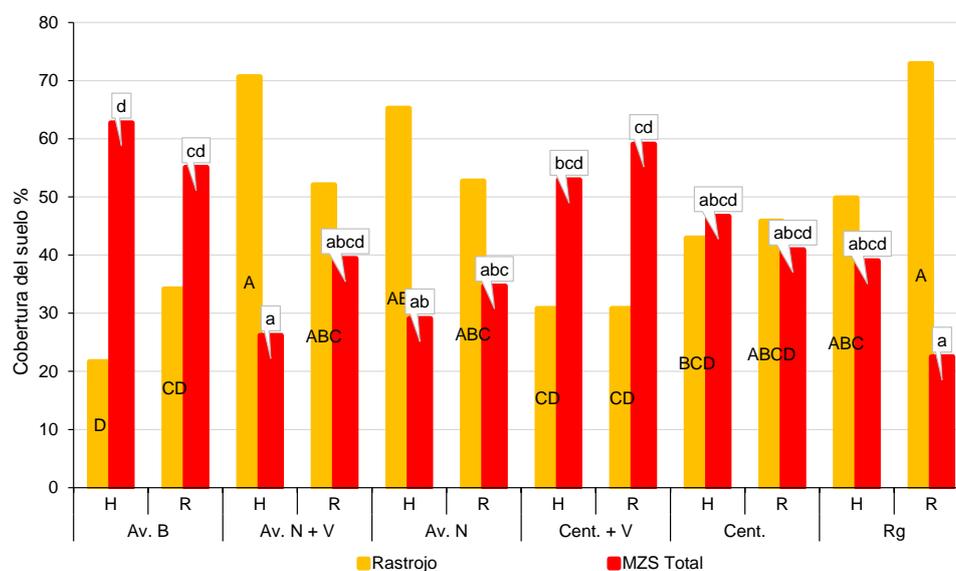
En cuanto al destacado comportamiento de Av. N + V no se pudo explicar, ya que tuvo similares resultados en cobertura de suelo por rastrojo y malezas frescas que Av. N y Rg. Por último, Av. B sigue siendo el tratamiento más enmalezado.

4.2.3. Cobertura de rastrojo de CS, malezas totales y por especie, 42 días después de la siembra de soja

En esta determinación, tanto el porcentaje de rastrojos como la cobertura de suelo por malezas totales mostraron efectos ($p < 0,05$) del tipo de CS anterior y la interacción de los 2 factores en estudio, CS y tecnología de desecación (figura 19).

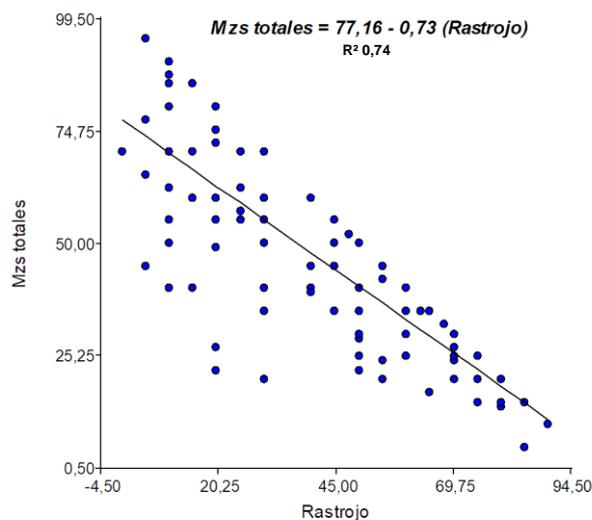
Figura 19

Porcentaje de cobertura del suelo por rastrojo y por malezas totales, para cada tratamiento

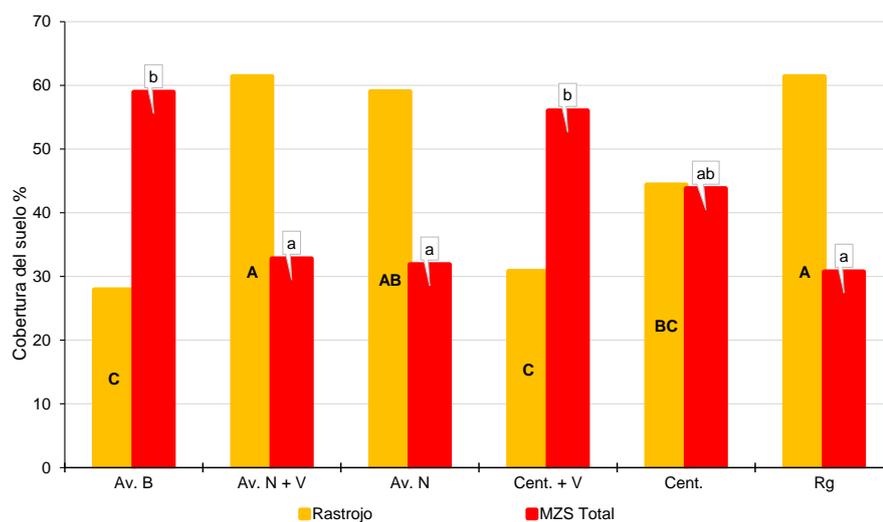


Nota. Letras distintas en el mismo color de línea difieren significativamente según el test de Tukey 0,05. Letras mayúsculas corresponde a Rastrojos y minúscula a MZS Total.

Primeramente, se puede apreciar que el porcentaje de malezas totales guarda cierta relación con los niveles de rastrojo en superficie de suelo, al realizar la regresión se estimó que el 74% de la variabilidad de la cobertura de malezas totales se explicarían por cambios en la cobertura por rastrojo (figura 20).

Figura 20*Regresión entre rastrojo y malezas totales*

Por otro lado, en la figura 20 se puede observar que para ambas variables ningún CS difiere entre las dos tecnologías de desecación, por lo tanto, la interacción podría deberse a la tendencia de efecto más pronunciado en Av. B, Av. N + V y Rg. En consideración de estos resultados pareció importante discutir el efecto al tipo de CS (figura 21).

Figura 21*Porcentaje de cobertura del suelo por rastrojo y por malezas totales, para cada CS*

Nota. Letras distintas en el mismo color de línea difieren significativamente según el test de Tukey 0,05. Letras mayúsculas línea naranja corresponde a Rastrojos y minúscula línea roja a MZS Total.

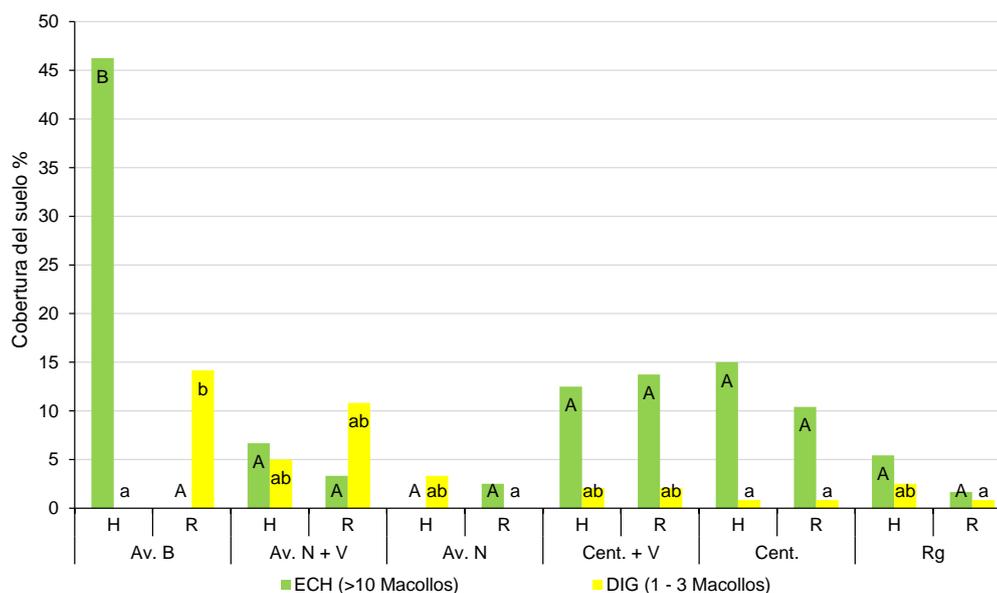
En esta oportunidad, se podrían diferenciar tres grupos, Rg, Av. N y Av. N + V con un porcentaje de rastrojo del 60% aproximadamente y 30% de malezas totales, mientras que, Av. B y Cent. + V tuvieron un 30% o menos de rastrojo y más del 55% de malezas. Cent. tuvo un comportamiento intermedio con 45% aproximadamente de cobertura por rastrojos y por malezas a la vez.

Estos resultados se corresponden con los obtenidos en la determinación a los 25 días post siembra, donde los CS con menos cobertura del suelo por rastrojo fueron los más enmalezados, como fue Av. B y Cent. + V.

Analizando dentro de la composición del enmalezamiento, se detectó efectos del tipo de CS y de la interacción ($p < 0,05$), en las coberturas de las especies *Digitaria sanguinalis* de 1 a 3 macollos y *Echinochloa colona* con más de 10 macollos (figura 22).

Figura 22

Porcentaje de cobertura del suelo por *Digitaria sanguinalis* (DIG) y *Echinochloa colona* (ECH), para cada tratamiento



Nota. Letras distintas en el mismo color de barra difieren significativamente según el test de Tukey 0,05. Letras mayúsculas barra verde corresponde a ECH (>10 macollos) y minúscula en barras amarillas a DIG (1 – 3 macollos).

En esta oportunidad, solo en Av. B llega a ser significativa la interacción para el porcentaje de *Echinochloa colona* y *Digitaria sanguinalis*, donde la primera alcanza a cubrir el suelo en más del 45% en la parcela desecada con herbicida y no se constató presencia en la rolada, mientras que, con *Digitaria sanguinalis*

ocurrió lo contrario, alcanzando cerca del 15% de cobertura en las parcelas roladas.

En el caso de Cent. + V, es llamativo porque el porcentaje de *Echinochloa colona* no es tan alto como en Av. B, cuando el porcentaje de malezas totales y la composición del enmalezamiento es similar en ambos. La respuesta podría estar en que los compuestos aleloquímicos del Cent. y de la V afectaron el desarrollo de dicha maleza, aun cuando, como se mencionó anteriormente, la descomposición de la V pudo fomentar la emergencia de malezas. Por eso en la figura 21, los resultados del Cent. + V son similares a los de Cent. solo.

Por otro lado, al realizar el análisis estadístico solo con los tratamientos desecados con herbicida, CS y testigo, se detectó efecto del tipo de CS ($p < 0,05$) para las variables porcentaje de rastrojo, de malezas totales, de *Digitaria sanguinalis* de 4 a 10 macollos y *Echinochloa colona* de 4 a 10 macollos y de más de 10 macollos (cuadro 7).

Cuadro 7

Porcentaje de cobertura de rastrojos, de malezas totales, de *Digitaria sanguinalis* (DIG) y *Echinochloa colona* (ECH), para los CS y el testigo

Trat.	Rastrojo		DIG (4 - 10 Mac)		ECH (4 - 10 Mac)		ECH (>10 Mac)		MZS Total	
Av. B	21,67	cd	6,67	ab	2,08	A	46,25	c	62,75	cd
Av. N + V	70,67	a	2,50	a	4,17	A	6,67	ab	26,17	a
Av. N	65,25	a	2,50	a	7,08	ab	0,00	a	29,08	a
Cent. + V	30,83	bc	4,58	ab	25,00	b	12,50	ab	52,92	bcd
Cent.	42,92	bc	13,33	ab	10,83	ab	15,00	ab	46,67	abc
Rg	49,83	ab	5,00	ab	11,67	ab	5,42	ab	39,00	ab
TESTIGO	0,00	d	21,67	b	11,25	ab	30,00	bc	74,58	d

Nota. Letras distintas en la misma columna difieren significativamente según el test de Tukey 0,05.

Se podría considerar que la sola presencia de rastrojo de CS disminuye el enmalezamiento, Av. B tuvo 12 % menos cobertura de malezas que el tratamiento Testigo, igualmente se evidencia al observar la proporción de *Echinochloa colona* con más de 10 macollos, que el bajo porcentaje de rastrojo permitió un enmalezamiento más temprano, ya que alcanzo mayor desarrollo.

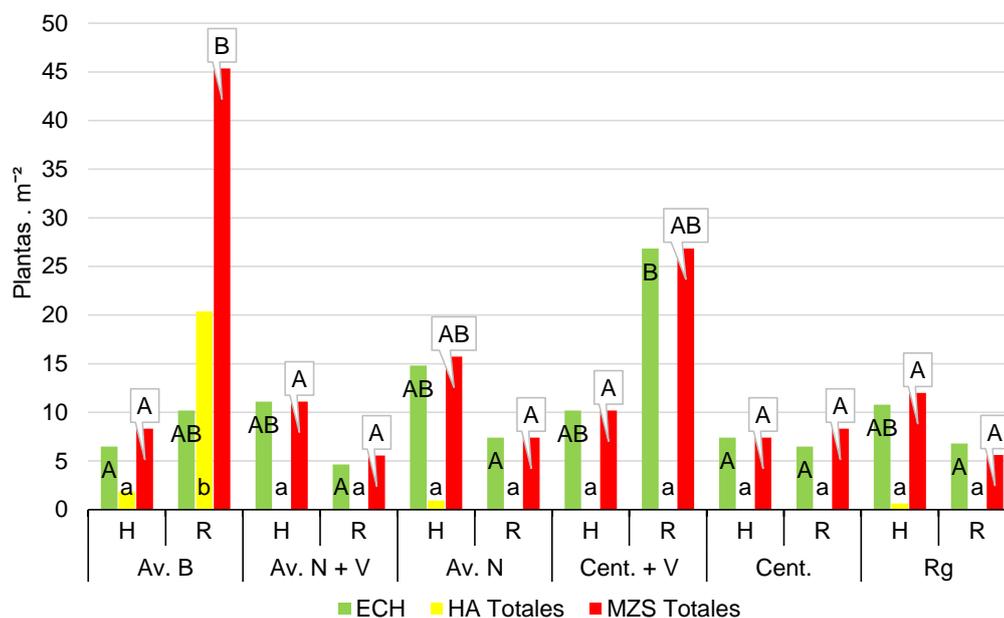
Por último, los tratamientos Av. N, Av. N + V y Rg se destacan en las mayores coberturas de suelo por rastrojo y una disminución >50% del enmalezamiento, comparado con el Testigo.

4.2.4. Crecimiento, desarrollo de soja y enmalezamiento a los 63 días post siembra.

Al realizar el estudio de los efectos según el modelo de parcelas subdivididas, a las variables del enmalezamiento, se detectó efecto al tipo de CS y a la interacción entre CS y tecnología de desecación ($p>0,05$), para densidad de malezas totales, de latifoliadas totales y de *Echinochloa colona* (figura 22).

Figura 22

Densidad en plantas m^{-2} de malezas totales, latifoliadas (HA) totales y *Echinochloa colona*, según tratamiento



Nota. Letras distintas en el mismo color de barra o línea difieren significativamente según el test de Tukey 0,05. Letras mayúsculas en barra verde corresponden a ECH, minúsculas en barras amarilla a HA Totales y mayúsculas en llamada de datos a MZS Totales.

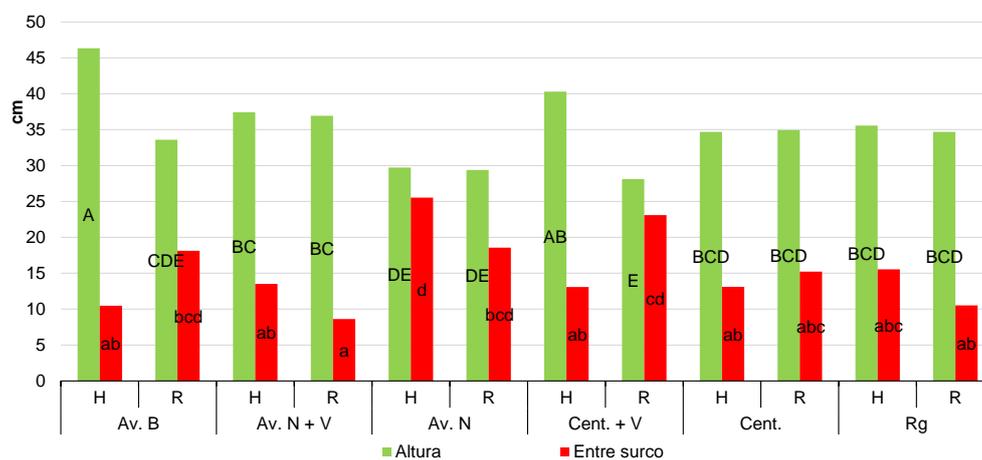
En todos los tratamientos el enmalezamiento estuvo constituido mayoritariamente por *Echinochloa colona*, principalmente en Cent. + V rolada, donde la densidad de malezas totales corresponde casi únicamente a dicha especie. Además, fue el tratamiento con mayor presencia de *Echinochloa colona*, y el segundo más enmalezado.

Igualmente, la mayor infestación de malezas se estimó en Av. B rolada, debido a que tuvo gran cantidad de malezas latifoliadas, que correspondió a una importante presencia de *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, no obstante, estas plantas eran de tamaño pequeño.

Por otro lado, tanto la altura de plantas, los centímetros entre surcos descubierto, como el estado fenológico que alcanzaron las plantas en ese momento mostraron efectos ($p < 0,05$) del tipo de CS anterior, la tecnología de desecación y la interacción de estos dos factores (figura 23).

Figura 23

Altura de plantas (cm) y entre surco descubierto (cm) para cada tratamiento



Nota. Letras distintas en el mismo color de barra o línea difieren significativamente según el test de Tukey 0,05. Letras mayúsculas corresponden altura y minúsculas a entre surco.

Se observa que, el efecto más contundente en el resultado de altura de plantas tuvo relación con el tipo de CS, los tratamientos que permitieron mejor crecimiento fueron la Av. B y Cent., desecado con herbicida. Justamente, en estos mismos CS se aprecia el efecto de la tecnología de desecación, donde las plantas en las parcelas roladas tuvieron 12 cm menos que las parcelas desecadas con herbicida.

Av. N tuvo plantas de menos de 30 cm en ambas tecnologías de desecación y se ubica después del Cent. + V rolado. La razón de esto podría ser que continúa afectando la alelopatía del CS a especies latifoliadas en el crecimiento y desarrollo, como se mencionó a los 25 después de la siembra o quizás se arrastró dicho efecto hasta esta determinación.

En cuanto a los centímetros del entre surco descubierto, Cent. + V fue el único tratamiento que presento medias significativamente diferentes según la tecnología de desecación, donde se observa cierta relación, a mayor altura de planta, menor suelo descubierto en el entre surco.

En definitiva, con los resultados de todas las variables estudiadas en esta oportunidad y teniendo en cuenta las determinaciones anteriores, los tratamientos de Av. B, y Cent. + V fueron los que presentaron menor % de rastrojo cubriendo el suelo a los 25 días post siembra. Al desecarlos con rolo, fueron los que determinaron mayor enmalezamiento y mayor restricción al crecimiento del cultivo de soja a los 63 después de la siembra. Estos resultados demostrarían que una pobre cobertura de suelo por rastrojos al inicio de cultivo, permitiría presencia de malezas en etapas más avanzadas del ciclo, afectando el crecimiento y desarrollo de este.

Por último, el buen comportamiento de Av. B desecada con herbicida, teniendo en cuenta que tuvo bajo porcentaje de rastrojo al inicio del cultivo, pudo estar explicado por una buena implantación y desarrollo de la soja, como se mencionó a los 15 días post siembra, con alta cantidad de plantas y alta proporción en estadio V2, y se manifestaría ese buen desempeño inicial hasta estas etapas del ciclo.

Por otro lado, al estudiar estas mismas variables, comparando los diferentes CS y el testigo desecados con herbicida se detectaron significativos efectos del tipo de CS ($p < 0,05$), solo para altura de plantas y centímetros del entre surco descubierto (cuadro 8).

Cuadro 8

Altura de plantas de soja y entre surco descubierto en cm según CS y testigo

Tratamiento	Altura (cm)		Entre surco (cm)	
Av. B	46,3	a	10,5	a
Av. N	29,7	c	25,5	b
Av. N + V	37,4	b	13,5	a
Cent.	40,3	ab	13,1	a
Cent. + V	34,7	bc	13,1	a
Rg	35,6	bc	15,5	a
TESTIGO	41,3	ab	9,2	a

Nota. Valores que presentan letras distintas en la misma columna difieren significativamente según el test de Tukey 0,05.

En esta oportunidad, se pueden asociar los resultados al volumen de rastrojo en superficie. Av. B presentó menor porcentaje de rastrojo en determinaciones anteriores, que se tradujo en mayor altura de plantas.

Resultados opuestos se alcanzaron con Av. N, siendo uno de los CS con mayor cobertura de suelo por rastrojo, determinó menor altura y entre surco más

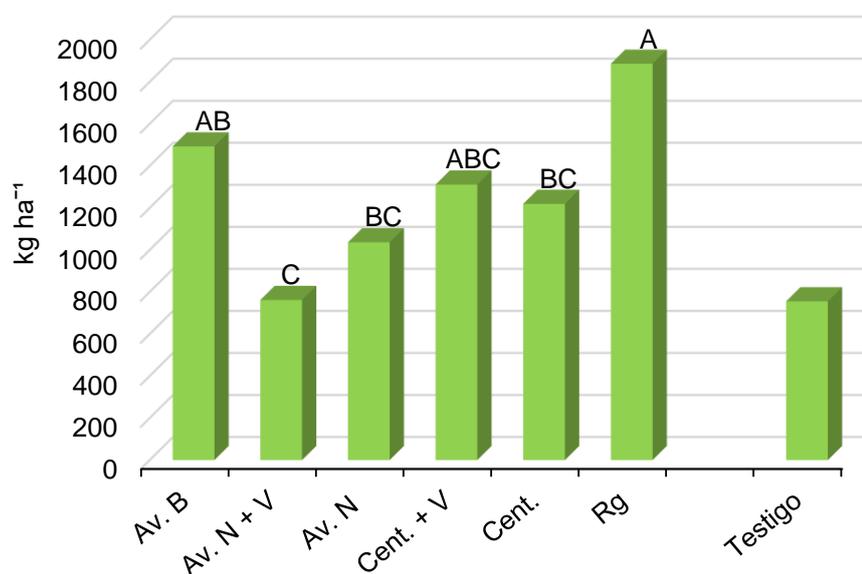
descubierto. Aunque también se podría estar manifestando la alelopatía de este CS en el cultivo de soja, como ya se ha mencionado.

4.2.5. Rendimiento de soja.

Los tratamientos se diferenciaron solo en respuesta al efecto de CS anterior. En general, los rendimientos fueron bajos, probablemente afectados por componentes que compartieron todos los tratamientos, como ser suelo y clima (figura 24). Al realizar el análisis estadístico teniendo en cuenta el testigo, no se detectó efecto, pero se presenta en la figura 24 el rendimiento promedio que se obtuvo en el testigo.

Figura 24

Rendimiento promedio de la soja en kg ha⁻¹ corregidos por humedad, para los diferentes CS y el Testigo



Nota. Letras distintas difieren significativamente según el test de Tukey 0,05.

El buen comportamiento de Rg podría ser la explicación combinada de una buena cobertura por altos volúmenes de materia seca y probablemente efectos alelopáticos, los que habrían determinado una efectiva supresión de malezas. Pese a que estos efectos también habrían resentido en un comienzo la germinación de soja, se observó posterior recuperación y no se tradujeron en efectos al momento de definir el rendimiento de soja.

Av. B y Cent. + V, fueron los que presentaron los niveles más altos de desarrollo de soja en la determinación anterior, estimada a los 63 días post siembra, que lograron traducir en rendimiento. El menor control de malezas, que

tuvieron ambos en las etapas de barbecho y en las primeras determinaciones a nivel de soja CS, parece no haber afecto el rendimiento.

En cuanto al comportamiento de los tratamientos de Av. N y también Cent. si bien no es posible confirmarlo en el caso de este experimento podrían también estar involucrados los efectos alelopáticos observados desde etapas más tempranas en el crecimiento y desarrollo. En una tesis anterior (Audi & Rivero, 2019), también estudiando el comportamiento de distintos cultivos de servicio invernales en el enmalezamiento y rendimiento de soja se encontraron iguales tendencias tanto con Av. N como con Cent.

Por otra parte, en otra tesis (Segredo, 2021) en la que se estudió a nivel de laboratorio el potencial alelopático de distintas especies utilizadas como cultivos de servicio sobre una especie latifoliada y una gramínea, destacaron los efectos supresores de Av. N en la germinación y desarrollo sobre la latifoliada, aunque fueron mínimos en la gramínea. Esto está en acuerdo a nuestros resultados siendo que no se observaron grandes efectos en la maleza *Echinochloa colona*, aun cuando parecen haberse expresado en la soja.

Cabe destacar que los efectos constatados por Audi y Rivero (2019), fueron observados en un año extremadamente seco cuando es de esperar mayor expresión y residualidad de efectos alelopáticos. No fue el caso del presente experimento, las abundantes lluvias entorno a la siembra de la soja pudieron lixiviar los aleloquímicos, pero existieron importantes cantidades de rastrojo y se constataron bajas tasas de descomposición permaneciendo grandes coberturas de rastrojo prácticamente hasta final del ciclo del cultivo.

5. CONCLUSIONES

Se encontraron efectos del tipo de CS, de la tecnología de desecación y de la interacción de ambos, en la densidad de malezas y composición del enmalezamiento tanto durante el barbecho como en la etapa de cultivo.

En barbecho, todos los CS determinaron similares densidades de malezas, independientemente de la tecnología de desecación, excepto Av. B con rolado que tuvo mayores densidades. Por otra parte, los CS (Av. B y Cent.) que determinaron baja cobertura de rastrojo y con rolado, tuvieron mayores porcentajes de malezas frescas y de especies latifoliadas invernales. En los CS que determinaron bajas coberturas de rastrojo y fueron desecados con herbicida, se anticipó el enmalezamiento gramíneo estival comportándose igual que el testigo.

En la etapa de cultivo de soja, los CS determinando menores coberturas iniciales por rastrojo presentaron mayores porcentajes de malezas frescas, mayores densidades de malezas totales, estivales totales y de *Echinochloa colona*. En etapas más avanzadas del ciclo del cultivo, sólo los CS determinado baja cobertura por rastrojo y con rolado tuvieron mayores densidades de malezas.

En soja se detectaron efectos del CS previo, de la tecnología de desecación y de la interacción de ambos efectos. Con baja cobertura por rastrojo, el rolado determinó menor implantación de soja que la aplicación de herbicida, pero sin cambios en el desarrollo. Por otro lado, se constataron disminuciones en la emergencia y/o desarrollo de soja inicial cuando los CS antecesores fueron Av. N y Rg planteando la interrogante sobre posibles efectos alelopáticos

El rendimiento promedio de soja fue bajo y sólo mostró efecto del CS antecesor sin explicación clara a partir de las determinaciones realizadas en el presente estudio. Es probable que además de las diferencias en las coberturas de rastrojo y efectos en el enmalezamiento, otros factores no estimados como diferencias en los potenciales alelopático y/o consumo previo de agua en profundidad puedan haber contribuido a las respuestas observadas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aasen, A., Barnes, J., Burke, B., & Putnam, A. (1987). Isolation and characterization of allelochemicals in rye herbage. *Phytochemistry*, 26(5), 1385-1390.
- Acciaresi, H., & Picapietra, G. (2015). Relación de la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa y la materia seca aérea de cultivos de cobertura invernales en la productividad de malezas invernales. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *I Congreso Argentino de Malezas 2015* (p. 450).
- Akemo, M., Regnier, E., & Bennett, M. (2000). Weed suppression in spring-sown rye (*Secale cereale*) –pea (*Pisum sativum*) cover crop mixes. *Weed Technology*, 14(3), 545-549. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2000\)014\[0545:WSISSR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2000)014[0545:WSISSR]2.0.CO;2)
- Akobundu, I., Udensi, U., & Chikoye, D. (2000). Velvetbean suppresses speargrass and increases maize yield. *International Journal of Pest Management*, 46(2), 103-108.
- Almeida, F. S. (1991). *Controle de plantas daninhas em plantio direto*. IAPAR.
- Almeida, F. S., & Rodrigues, B. (1985). *Guia de herbicidas: Contribuição para o uso adequado em plantio direto e convencional*. IAPAR.
- Altieri, M. (1999). Cultivos de cobertura y utilización de Mulch. En M. Altieri (Ed.), *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable* (pp. 203-215). Nordan. <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf>
- Andriolo, F., & Berger, P. (2019). *Efectos de la especie y manejo de cultivos de servicio en el enmalezamiento invernal* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Araki, H., & Ito, M. (1998). Soil properties and vegetable production with organic mulch and no-tillage system. *Japanese Journal of Farm Work Research*, 34(1), 29-37. <https://doi.org/10.4035/jsfwr.34.29>
- Ashford, D., & Reeves, W. (2003). Use of a mechanical roller-crimper as an alternative kill method for cover crops. *American Journal of Alternative Agriculture*, 18(1), 37-45. <https://www.jstor.org/stable/44503245>

- Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa. (2021). *Red de cultivos de servicios AAPRESID-BASF: Informe de avance 2021*.
<https://www.aapresid.org.ar/source/Revista%20Red%20de%20CS%20-%20Informe%20de%20avances%202021.pdf>
- Ateh, C., & Doll, J. (1996). Spring-planted winter rye (*Secale cereale*) as a living mulch to control weeds in soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*, 10(2), 347-353. <https://www.jstor.org/stable/3988068>
- Audi, C., & Rivero, X. (2019). *Efecto residual de diferentes especies de cobertura invernal en barbecho y cultivo de soja* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Baigorria, T., Álvarez, C., Cazorla, C., Belluccini, P., Aimetta, B., Pegoraro, V., Boccolini, M., Conde, B., Faggioli, V., Ortiz, J., & Tuesca, D. (2016). *Análisis temporal de métodos de secado en CC: Dinámica del agua y malezas* [Contribución]. XXV Congreso Argentino de Ciencia del Suelo, Río Cuarto.
https://www.researchgate.net/publication/325451069_ANALISIS_TEMPORAL_DE_METODOS_DE_SECADO_EN_CULTIVOS_DE_COBERTURA_DINAMICA_DEL_AGUA_Y_MALEZAS
- Baigorria, T., Álvarez, C., Cazorla, C., Belluccini, C., Aimetta, B., Pegoraro, V., Boccolini, M., Conde, B., Faggioli, V., Ortiz, J., & Tuesca, D. (2019). Contaminación del suelo y calidad del medio ambiente: Impacto ambiental y rolado de cultivo de cobertura en producción de soja bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo*, 37(2).
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672019000200013&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Baigorria, T., Álvarez, C., Cazorla, C., Belluccini, P., Aimetta, B., Pegoraro, V., Boccolini, M., Faggioli, V., Ortiz, J., & Tuesca, D. (2015). Cultivos de cobertura: Impacto del residuo de *Vicia villosa* en el control de *Amaranthus hybridus* L. y el rendimiento de maíz. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *I Congreso Argentino de Malezas 2015* (p. 455).

- Baigorria, T., Álvarez, T., Cazorla, C., Belluccini, P., Aimetta, B., Pegoraro, V., Boccolini, M., Faggioli, V., & Tuesca, D. (2015a). Cultivo de cobertura: Impacto en el control de malezas y el rendimiento de la soja. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *I Congreso Argentino de Malezas 2015* (p. 454).
- Baigorria, T., Álvarez, C., Cazorla, C., Belluccini, P., Aimetta, B., Pegoraro, V., Boccolini, M., Faggioli, V., & Tuesca, D. (2015b). Cultivos de cobertura: Una alternativa sustentable para el control de malezas. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *I Congreso Argentino de Malezas 2015* (p. 450).
- Baigorria, T., Belluccini, P., Cazorla, C., Aimetta, B., Ortiz, J., Pegoraro, V., Boccolini, M., & Faggioli, V. (2018). Cultivos de cobertura: Una estrategia con potencial para disminuir el impacto ambiental de los herbicidas. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *II Congreso Argentino de Malezas 2018* (p. 450).
- Baigorria, T., Cazorla, C., Belluccini, P., Aimetta, B., Pegoraro, V., Boccolini, M., & Álvarez, C. (2014, 9 de mayo). *Efecto del rolado de cultivos de cobertura sobre la dinámica de agua y malezas* [Contribución]. 14° Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Argentina.
https://www.researchgate.net/publication/265105959_EFECTO_DEL_ROLADO_DE_CULTIVOS_DE_COBERTURA SOBRE LA DINAMICA DE AGUA Y MALEZAS
- Baigorria, T., Gómez, D., Cazorla, C., Lardone, A., Bojanich, M., Aimetta, B., Bertolla, A., Cagliero, M., Vilches, D., Rinaudo, D., & Canale, A. (2011). *Bases para el manejo de vicia como antecesor del cultivo de maíz*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/23-2-vicia.pdf
- Baigorria, T., Ortiz, J., Pegoraro, V., Faggioli, V., Boccolini, M., Belluccini, P., & Cazorla, C. (2018). Efectos de cultivos de cobertura en la supresión de malezas de una rotación de soja-maíz. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *II Congreso Argentino de Malezas 2018* (p. 246).

- Balarezo, N., & Baptista, J. (2016). Sistemas conservacionistas de cultivos de grãos. En N. Balarezo & J. Baptista (Eds.), *Agricultura conservacionista no Paraná: Fundamentos, implantação e condução* (pp. 15-70). SENAR PARANÁ. https://sistemafaep.org.br/wp-content/uploads/2021/05/PR.0320-Agricultura-Conservacionista_web.pdf
- Bárberi, P., & Mazzoncini, M. (2001). Changes in weed community composition as influenced by cover crop and management system in continuous corn. *Weed Science*, 49(4), 491-499. https://www.researchgate.net/publication/232695855_Changes_in_weed_community_composition_as_influenced_by_cover_crop_and_management_system_in_continuous_corn
- Barnes, J., Putnam, A., Burke, B., & Aasen, A. (1987). Isolation and characterization of allelochemicals in rye herbage. *Phytochemistry*, 26(5), 1385-1390. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)81818-X](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)81818-X)
- Bedmar, F., Divita, I., Domínguez, G., Leaden, M., & Ulzurrun, P. (2015). Evaluación de la supresión de malezas en maíz por CC. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *I Congreso Argentino de Malezas 2015* (pp. 483-486).
- Bedmar, F., Divito, G., Gianelli, V., Panaggio, N., & Thisted, J. (2018). Efecto de CC sobre malezas en la región sudeste de Buenos Aires. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *II Congreso Argentino de Malezas 2018* (pp. 308-310).
- Belluccini, P., Álvarez, C., Cazorla, C., Baigorria, T., Aimetta, B., Pegoraro, V., Boccolini, M., Faggioli, V., & Tuesca, D. (2015). Cultivo de cobertura con diferentes modos de acción herbicidas para el control de *Amaranthus hybridus*. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *I Congreso Argentino de Malezas 2015* (p. 464).
- Bertolotto, M., & Marzetti, M. (2017). Cultivos de cobertura: Bases para su manejo en sistema de producción. *Manejo de Malezas Problema*, (7), 1-31. <https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/2017/09/AAP-Original-Cultivos-de-cobertura.pdf>
- Bertolotto, M., & Marzetti, M. (2018). Adopción de la práctica de cultivos de cobertura en Argentina. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *II Congreso Argentino de Malezas 2018* (pp. 248-250).

- Blackshaw, R., Moyer, J., Doram, R., & Boswel, A. (2001). Yellow sweetcover, green manure, and its residues effectively suppress weeds during fallow. *Weed Science*, 49(3), 406-413. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2001\)049\[0406:YSGMAI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2001)049[0406:YSGMAI]2.0.CO;2)
- Blanco-Canqui, H., Holman, J., Shaver, T., Schlegel, J., & Tatarko, J. (2013). Replacing fallow with cover crops in a semiarid soil: Effects on soil properties. *Soil Science Society of American Journal*, 77(3), 1026-1034. <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/30200525/474%20Replacing%20fallow%20with%20cover%20crops%20sssaj-77-3-1026.pdf>
- Boccolini, M., Cazorla, C., Galantini, J., Belluccini, P., & Baigorria, T. (2019). Cultivos de cobertura disminuyen el impacto ambiental, mejoran propiedades biológicas del suelo y el rendimiento de los cultivos. *Revista Investigación Agropecuaria*, 45(3). http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142019000300412
- Brennan, E., & Smith, R. (2003, febrero). *Cover crop cultivar and planting density impacts on cover crop productivity, and weed biomass and seed production in an organic system in the Central Coast of California* [Contribución]. California Plant and Soil Conference, California. https://www.researchgate.net/publication/271531095_Cover_crop_cultivar_and_planting_density_impacts_on_cover_crop_productivity_and_weed_biomass_and_seed_production_in_an_organic_system_in_the_Central_Coast_of_California
- Brennan, E., & Smith, R. (2005). Winter cover crop growth and weed suppression on the central coast of California. *Weed Technology*, 19(4), 1017-1024. <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/21904/BrennanPeerRevPdfs/Weed%20Technol%2019p1017.pdf>
- Brust, J., & Gerhards, R. (2012). Lopsided oat (*Avena strigosa*) as a new summer annual cover crop for weed suppression in Central Europe. En H. Nordmeyer & L. Ulber (Eds.), *Tagungsband 25: Deutsche arbeitsbesprechung über fragen der unkrautbiologie und -bekämpfung* (pp. 257-264). Julius Kühn-Institut. <https://ojs.openagrar.de/index.php/JKA/article/view/1740/2084>

- Bueno, J., Amiama, C., & Hernanz, J. (2007). No-tillage drilling of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* L.): Crop residue effects, yields and economic benefits. *Soil and Tillage Research*, 95(1-2), 61-68.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2006.11.002>
- Buratovichy, M., & Acciaresi, H. (2018). Cultivo de cobertura como moduladores de la emergencia de malezas naturales. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *II Congreso Argentino de Malezas 2018* (pp. 2583-2585).
- Capurro, J., Dickie, M., Surjack, J., Monti, J., Ninfi, D., Zazzarini, A., Tosi, E., Andriani, J., & González, M. (2013). Cultivos de cobertura en el sur de la provincia de Santa Fe. En C. Álvarez, A. Quiroga, D. Santos, & M. Bodrero (Eds.), *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción* (pp. 92-104). INTA.
https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/89/l_alvcon779.pdf?sequence=1#page=93
- Capurro, J., Surjack, J., Andriani, J., Dickie, M., & González, M. (2010). *Evaluación de distintas especies de cultivos de cobertura en secuencias soja-soja en el área sur de la provincia de Santa Fe* [Contribución]. 22° Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Rosario, Argentina.
[http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/3AB6487CF8D2B4F8852579840057AFB1/\\$FILE/13.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/3AB6487CF8D2B4F8852579840057AFB1/$FILE/13.pdf)
- Capurro, J., Surjack, J., Dickie, M., Andriani, J., & González, M. (2010). Cultivos de cobertura: Evaluación de diferentes momentos de supresión del crecimiento. *Para Mejorar la Producción*, 45, 69-72.
- Castellarín, J., García, A., & Papa, J. (2018). Habilidad competitiva de distintos cultivares de trigo pan en el sur de la provincia de Santa Fe. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *II Congreso Argentino de Malezas 2018* (pp. 253-255).

- Caviglia, O., Novelli, L., Gregorutti, V., Van Opstal, N., & Melchiori, R. (2013). Cultivos de cobertura invernales: Una alternativa de intensificación sustentable en el centro-oeste de Entre Ríos. En C. Álvarez, A. Quiroga, D. Santos, & M. Bodrero (Eds.), *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción* (pp. 148-157). INTA.
https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/89/l_alvcon779.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cazorla, C., & Baigorria, T. (2010). *Antecesoros de maíz: ¿Barbecho o cultivos de Cobertura?* INTA. <https://cutt.ly/owDOKcsS>
- Clark, A. (2012). *Managing cover crops profitably* (3ª ed.). Sustainable Agriculture Research and Education. <https://www.sare.org/wp-content/uploads/Managing-Cover-Crops-Profitably.pdf>
- Cola, E., Cola, L., Angeli, A., Bonamico, M., García, G., Bello, J., Paolini, M., & García, F. (2018). Estrategias culturales y químicas para manejar yuyo colorado (*Amaranthus palmeri* S. Watson) en soja y maíz. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *II Congreso Argentino de Malezas 2018* (pp. 265).
- Corak, S., Frye, W., & Smith, M. (1991). Legume and nitrogen fertilizer effects on soil water and corn production. *Soil Science Society of America Journal*, 55(4), 1395-1400.
- Creamer, N., & Baldwin, K. (2000). An evaluation of summer cover crops for use in vegetable production systems in North Carolina. *HortScience*, 35(4), 600-603. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.35.4.600>
- Creamer, N., & Bennett, M. (1997). Evaluation of cover crop mixtures for use in vegetable production systems. *HortScience*, 32(5), 866-870.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.32.5.866>
- Creamer, N., Bennett, M., Stinner, B., Cardina, J., & Regnier, E. (1996). Mechanisms of weed suppression in cover crop-based production systems. *HortScience*, 31(3), 410-413.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.31.3.410>

- Creamer, N., & Dabney, S. (2002). Killing cover crops mechanically: Review of recent literature and assessment of new research results. *American Journal of Alternative Agriculture*, 17(1), 32-40.
<https://www.jstor.org/stable/44503211>
- Dabney, S., Schreiber, J., Rothrock, C., & Johnson, J. (1996). Cover crops affect sorghum seedling growth. *Agronomy Journal*, 88(6), 961-970.
<https://doi.org/10.2134/agronj1996.00021962003600060020x>
- Daita, F., Zorza, E., Fagale, A., & Ibañez, M. (2018). Efecto de diferentes niveles de residuos de centeno sobre la magnitud y dinámica de emergencia de pata de gallina. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *II Congreso Argentino de Malezas 2018* (pp. 266-268).
- Daita, F., Zorza, E., Mulko, J., & Stefani, U. (2018). Dinámica de emergencia de malezas otoño invernales en diferentes CC. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *II Congreso Argentino de Malezas 2018* (pp. 269-271).
- Davis, A., & Liebman, M. (2003). Cropping system effects on giant foxtail demography: I. Green manure and tillage timing. *Weed Science*, 51(6), 919-926. <https://doi.org/10.1614/P2002-133A>
- De Araújo, A., & Rodrigues, B. (2000). Manejo mecânico e químico da aveia preta e sua influência sobre a taxa de decomposição e o controle de plantas daninhas em semeadura direta de milho. *Planta Daninha*, 18(1), 151-159.
<https://www.scielo.br/j/pd/a/Bw4SCZbQhJXyrXmdJQQ4XXK/abstract/?lang=pt#>
- Delfino, P., Dell Inocenti, F., & Moreno, S. (2014). *Alternativas para el manejo de malezas tolerantes durante el barbecho invernal en la región centro-norte de la provincia de Córdoba* [Trabajo final de grado, Universidad Nacional de Córdoba]. Repositorio Digital UNC. <https://cutt.ly/SwDOWE30>
- Díez, P., Vigna, M., Leaden, M., & Martino, C. (2015). Patrones de emergencia de avena fatua (L.) y lolium multiflorum (Lam.) en el sudeste y sudoeste de la provincia de Buenos Aires. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *I Congreso Argentino de Malezas 2015* (p. 61).

- Ernst, O. (2004). Leguminosas como cultivos de cobertura. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, (21), 1-9.
https://www.researchgate.net/publication/237516209_LEGUMINOSAS_COMO_CULTIVO_DE_COBERTURA
- Ernst, O., Marchesi, E., & Marchesi, A. (2004). Manejo de barbecho para cultivos de verano de primera sembrados sin laboreo. *Cangüé*, (26), 44-48.
- Ernst, O., & Siri, G. (1995). Rastrojos en superficie: Entre ventajas y problemas. *Cangüé*, (4), 15-19.
http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/Cangue_4/15-19.pdf
- Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni. (s.f.). *Estación meteorológica*.
<http://www.eemac.edu.uy/index.php/servicios/estacion-meteorologica-automatica>
- Fariña, P., & Gauthier, A. (2006). *Efecto del manejo del barbecho sobre disponibilidad de N-NO₃⁻, agua y condición física del suelo e implantación de sorgo granífero sembrado sin laboreo sobre un verdeo de avena* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Favero, C., Jucksch, I., Alvarenga, R., & Da Costa, L. (2001). Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(11), 1355-1362.
<https://www.scielo.br/j/pab/a/VRFLhwcnvRHB5tp9sxM48Ht/?format=pdf&lang=pt>
- 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>
- Fernández, G., & Ferber, C. (2018). Efecto de la especie de cobertura en el enmalezamiento invernal. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *II Congreso Argentino de Malezas 2018* (p. 277).

- Fernández, G., Scaglia, L., Bouquet, F., & Martínez, M. (2015). Estudio de las interferencias de 5 cultivares de trigo de ciclo largo (*Triticum aestivum* L.) sobre raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam.). En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *I Congreso Argentino de Malezas 2015* (p. 491).
- Fernández, O. (1982). Manejo integrado de malezas. *Planta Daninha*, 5(2), 69-79.
<https://www.scielo.br/j/pd/a/Cxn84R98Nt8sx767cXSCZgF/?format=pdf&lang=es>
- Floss, E. L. (2000). Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. *Revista Plantio Direto*, (57), 25-29.
<https://www.plantiodireto.com.br/artigos/1147>
- Froni, L. (2006). *Microbiología: Básica, ambiental y agrícola*. Universidad de la República.
- Furlani, C., Cortez, W., Silva, R., & Grotta, D. (2007). Cultura do milho em diferentes manejos de plantas de cobertura do solo em plantio direto. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 7, 161-167.
- Gallagher, R., Cardina, J., & Loux, M. (2003). Integration of cover crops with postemergence herbicides in on-till corn and soybean. *Weed Science*, 51(6), 995-1001. <https://doi.org/10.1614/P2002-062>
- Garay, J., & Mayer, L. (2018). Los cultivos de cobertura como alternativa de manejo para reducir la densidad de malezas en la región semiárida central de Argentina. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *I Congreso Argentino de Malezas 2018* (p. 278).
- García, A., Jorajuria, P., Cabrera, M., & Kaspary, T. (2019). *Estimación de la reducción potencial en el uso de herbicidas a través del uso adecuado de los cultivos de cobertura: Efecto de la densidad de Avena negra y rolado como método de desecación sobre el control de malezas y el rendimiento de soja*. Ministerio de Ambiente. https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/CdA_INIA_Informe_Final.pdf
- Gfeller, A., Herrera, J., Tschuya, F., & Wirth, J. (2018). Explanations for *Amaranthus retroflexus* growth suppression by cover crops. *Crop Protection*, 104, 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.006>

- Grimmer, O., & Masiunas, J. (2004). Evaluation of winter-killed cover crops preceding snap pea. *HortTechnology*, 14(3), 349-355.
<https://doi.org/10.21273/HORTTECH.14.3.0349>
- Haramoto, E., & Gallandt, E. (2005). Brassica cover cropping: II. Effects on growth and interference of green bean and redroot pigweed. *Weed Science*, 53(5), 702-708.
- Harker, K., & O'Donovan, J. (2013). Recent weed control, weed management, and integrated weed management. *Weed Technology*, 27(1), 1-11.
<https://doi.org/10.1614/WT-D-12-00109.1>
- Hayden, Z., Brainard, D., Henshaw, B., & Ngouajio, M. (2012). Winter annual weed suppression in rye-vetch cover crop mixtures. *Weed Technology*, 26(4), 818-825. <https://doi.org/10.1614/WT-D-12-00084.1>
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2018). Cultivos de servicio, cultivos de cobertura, puentes verdes: ¿Es todo lo mismo? *Revista INIA*, (52), 44-47.
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/revista-INIA-52.pdf>
- Instituto Uruguayo de Meteorología. (s.f.). *Tablas estadísticas*.
<https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas>
- Jorajuría, N. (2019). *Efecto de la densidad de avena (Avena strigosa) y el rolado como método de desecación sobre el control de malezas y el rendimiento de soja* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Kahl, M., & Iglesia, P. (2020). *Cultivo de cobertura en Entre Ríos: Todo lo básico que hay que saber a la hora de su siembra*. INTA.
<https://inta.gob.ar/documentos/cultivos-de-cobertura-en-entre-rios-todo-lo-basico-que-hay-que-saber-a-la-hora-de-su-siembra>
- Kahl, M., De Carli, R., & Behr, E. (2016). Dinámica de las malezas de ciclo invernal sobre CC y en barbecho químico en el centro-oeste de Entre Ríos. *Serie de Extensión*, (78), 6-16.
- Kaspary, T., García, A., Jorajuría, P., & Cabrera, M. (2020). Uso de avena negra y el rolado en el manejo de malezas. *Revista INIA*, (61), 47-51.

- Kazue, L., & Pereira, L. (2006). Alelopatía de cultivos de cobertura vegetal sobre plantas infestantes. *Acta Scientiarum Agronomy*, 28(3), 379-384.
<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v28i3.973>
- Kruidhof, H., Bastiaans, L., & Kropff, M. (2009). Cover crop residue management for optimizing weed control. *Plant and Soil*, 318(1-2), 169-184.
<https://doi.org/10.1007/s11104-008-9827-6>
- Laborde, J., & Santos, W. (2013). *Control químico de Echinochloa spp. en el cultivo de arroz, utilizando distintas combinaciones de herbicidas, bajo dos sistemas de riego y sistematización* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Lardone, A., Scianca, C., Barraco, M., Miranda, W., Álvarez, C., Quiroga, A., & Babinec, F. (2013). Momento de secado de especies de cultivos de cobertura. En Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Ed.), *Memoria técnica 2013-2014* (pp. 16-20).
- Lemessa, F., & Wakjira, M. (2015). Cover crops as a means of ecological weed management in agroecosystems. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 18(2), 133-145. <https://doi.org/10.1007/s12892-014-0085-2>
- Liebman, M., & Davis, A. (2000). Integration of soil, crop, and weed management in low-external input farming systems. *Weed Research*, 40(1), 27-47.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2000.00164.x>
- Liebman, M., & Mohler, C. (2001). Weeds and the soil environment. En M. Liebman, C. L. Mohler, & C. P. Staver (Eds.), *Ecological management of agricultural weeds* (pp. 210-268). Cambridge University Press.
- Lucero, M., Zorza, E., Daita, F., Mulko, J., & Chiappero, E. (2018). Efecto de diferentes fechas de siembra de Vicia villosa y Secale cereale en la generación de biomasa y su impacto en la comunidad de malezas. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *II Congreso Argentino de Malezas 2018* (pp. 297-299).
- Martin, A., Picapietra, G., Ponsa, J., Acciaresi, H., & Scursoni, J. (2015). Comparación de la respuesta de la comunidad de malezas en cultivos de soja con barbechos químicos y con cultivos de cobertura. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *I Congreso Argentino de Malezas 2015* (p. 509).

- Mirsky, S., Curran, W., Mortensen, D., Ryan, M., & Shumway, D. (2009). Cover crops: Control of cereal rye with a roller/crimper as influenced by cover crop phenology. *Agronomy Journal*, 101(6), 1589-1596.
<https://doi.org/10.2134/agronj2009.0130>
- Montoya, J., Cervellini, J., & Porfiri, C. (2015). Supresión de rama negra (*Conyza bonariensis* var. *angustifolia*) mediante el uso de cultivos de cobertura. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *I Congreso Argentino de Malezas 2015* (pp. 511-514).
- Montoya, J., Gili, A., & Babinec, F. (2005, 1 de junio). *Barbechos químicos: Eficacia en el control de malezas y acumulación de agua en el perfil edáfico* [Contribución]. 3º Congreso de Girasol, Buenos Aires.
<https://studylib.es/doc/203874/barbechos-qu%C3%ADmicos--eficacia-en-el-control>
- Música, L. (2011). *Efecto del manejo de residuos de lolium multiflorum dejados en campo sobre la fauna microbiana y la actividad enzimática del suelo* [Trabajo final de grado, Universidad Pública de Navarra]. Academica-e.
<https://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/4203/577619.pdf>
- Murungu, F., Chiduzza, C., & Muchaonyerwa, P. (2010). Biomass accumulation, weed dynamics and nitrogen up take by winter cover crops in a warm-temperate region South Africa. *African Journal of Agricultural Research*, 5(13), 1632-1642. <https://doi.org/10.5897/AJAR09.230>
- Ohno, T., Doolan, K., Zibilske, L., Liebman, M., Gallandt, E., & Berube, C. (2000). Phytotoxic effects of red clover amended soils on wild mustard seedling growth. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 78(2), 187-192.
[https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00120-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00120-6)
- Oliveros-Bastido, A. (2009). El fenómeno alelopático, el concepto, las estrategias de estudio y su aplicación en la búsqueda de herbicidas naturales. *Química Viva*, 7(1), 2-34. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86370102.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2007). *Recomendaciones para el manejo de malezas*.
<http://www.fao.org/3/a0884s/a0884s.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2022). *Agricultura de conservación: Cobertura orgánica del suelo*. <https://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/soil-organic-cover/en/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2023). *Servicios ecosistémicos y biodiversidad*. <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>
- Papa, J., & García, A. (2018). Efecto de diferentes herbicidas residuales sobre la eficacia de haloxifop r metil y cletodim en el control de raigrás anual (*Lolium multiflorum* L.). En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *II Congreso Argentino de Malezas 2018* (p. 102).
- Peachey, R., Willian, R., & Mallory-Smith, C. (2004). Effect of no-till or conventional planting and cover crops residues on weed emergence in vegetable row crops. *Weed Technology*, 18(4), 1023-1030. <https://doi.org/10.1614/WT-03-205R>
- Picapietra, G., & Acciaresi, H. (2018). Barbecho químico y cultivo de cobertura como factores reguladores del crecimiento aéreo de malezas invernales. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *II Congreso Argentino de Malezas 2018* (pp. 312-315).
- Principiano, M., & Acciaresi, H. (2018). Costo económico en herbicidas e impacto ambiental del control de malezas en diferentes secuencias de cultivos en el noroeste bonaerense. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *II Congreso Argentino de Malezas 2018* (pp. 107-109).
- Putnam, A., & DeFrank, J. (1983). Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. *Crop Protection*, 2, 173-181.
- Reinbott, T., Conley, S., & Blevins, D. (2004). No-tillage corn and grain sorghum response to cover crop and nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*, 96(4), 1158-1163.
- Renzi, J., & Cantamutto, M. (2009). Dormancia y germinación en semillas de *Vicia villosa* Roth. *Análisis de Semillas*, 3(9), 84-89.
- Roset, P. (2016, 21 de setiembre). *Cultivos de servicios, contra el deterioro de los campos*. Sobre la Tierra. <http://sobrelatierra.agro.uba.ar/cultivos-de-servicios-contr-el-deterioro-de-los-campos/>

- Ross, S., King, J., Izaurralde, R., & O'Donovan, J. (2001). Weed suppression by seven clover species. *Agronomy Journal*, 93(4), 820-827.
<https://doi.org/10.2134/agronj2001.934820x>
- Ruffo, M., & Parsons, A. (2004). Cultivos de cobertura en sistemas agrícolas. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, (21), 1-9.
https://www.researchgate.net/publication/242513193_Cultivos_de_Cobertura_en_Sistemas_Agricolas
- Sampietro, D. (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
- Sarandón, S., & Flores, C. (2014). *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37280>
- Sardiña, C., Guerrero, L., Orelia, M., & Quiroga, A. (2008). *Cultivo de cobertura, efectos de la fertilización sobre la producción de biomasa, eficiencia de uso del agua y el cultivo sucesor* [Contribución]. VII Congreso Nacional de trigo, V Simposio Nacional de Cereales de siembra otoño-invernal, I Encuentro del MERCOSUR Santa Rosa, La Pampa.
- Satorre, E., & De la Fuente, E. (2016). Las malezas y la agricultura. En E. Satorre, B. Kruk, & E. de la Fuente (Eds.), *Bases y herramientas para el manejo de malezas* (pp. 9-34). Universidad de Buenos Aires.
- Sawchik, J., Siri, 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: ¿Qué aportan los cultivos de cobertura y/o las pasturas cortas? En E. Hoffman (Coord.), *Simposio Nacional de Agricultura* (pp. 149-168). Hemisferio Sur.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5164/1/Simposio-Nacional-Agricultura-2015-Sawchik-p.149-168.pdf>

- Scianca, C. (2010). *Cultivos de cobertura en molisoles de la región Pampeana: Producción de materia seca, eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno e incidencia sobre el cultivo de soja* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Sur]. Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional del Sur.
<https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/2118/SCIANCA-Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Scianca, C., Pérez, M., Barraco, M., & Lardone, A. (2011). Cultivo de cobertura en sistema de producción orgánica: Producción de materia seca e impacto sobre algunas propiedades edáficas y poblaciones de malezas. En Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Ed.), *Memoria técnica 2010-2011* (pp. 38-45).
- Segredo, A. (2021). *Efecto del rastrojo de avena, cantidad de precipitaciones y momento de ocurrencia de las mismas en la efectividad de los herbicidas Diflufenican, Flumioxazin, S-Metolaclor y Metribuzin en el control de Amaranthus spp* [Trabajo final de grado, Universidad de la República] Colibri.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/40635/1/SegredoAnaLaura.pdf>
- Sheaffer, C., Gunsolus, J. L., Grimsbo Jewett, J., & Lee, S. (2002). Annual medicagoas a smother crop in soybean. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 188(6), 408-416. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2002.00590.x>
- Siri, G., & Ernst, O. (2011). Raigrás como cultivo de cobertura: Efecto del largo del período de barbecho sobre la disponibilidad de agua, el riesgo de erosión y el rendimiento de la soja. *Cangüé*, (31), 18-27.
http://www.eemac.edu.uy/canque/joomdocs/canque031_siri.pdf
- Stivers-Young, L. (1998). Growth, nitrogen accumulation, and weed suppression by fall cover crops following early harvest of vegetables. *HortScience*, 33(1), 60-63.
- Stute, J., & Posner, J. (1995). Synchrony between legume nitrogen release and corn demand in the upper Midwest. *Agronomy Journal*, 87(6), 1063-1069.
<https://doi.org/10.2134/agronj1995.00021962008700060006x>

- Supiciche, M., Chantre, G., Sabbatini, M., & Castro, A. (2015). Rol de las cubiertas como posible mecanismo de imposición de la dormición en semillas de *Lolium perenne* L. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *I Congreso Argentino de Malezas 2015* (pp. 185).
- Swain, T. (1977). Secondary compounds as protective agents. *Annual Review of Plant Physiology*, 28, 479-501.
<https://doi.org/10.1146/annurev.pp.28.060177.002403>
- Teasdale, J. (1993). Interaction of light, soil moisture, and temperature with weed suppression by hairy vetch residue. *Weed Science*, 41(1), 46-51.
- Teasdale, J. (1996). Contribution of cover crops to weed management in sustainable agricultural systems. *Journal of Production Agriculture*, 9(4), 475-479. <https://doi.org/10.2134/jpa1996.0475>
- Teasdale, J. (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: Addendum I*. FAO.
<https://www.fao.org/3/y5031s/y5031s0d.htm>
- Teasdale, J., Beste, C., & Potts, W. (1991). Response of weeds to tillage and cover crop residues. *Weed Science*, 39(2), 195-199.
<https://www.jstor.org/stable/4044915>
- Teasdale, J., Brandseater, L., Clegari, A., & Skoraneto, F. (2007). Cover crops and weed management. En M. Upadhyaya & R. Blackshaw (Eds.), *Non chemical weed management* (pp. 49-64). CAB International.
<https://www.ars.usda.gov/sp2UserFiles/Place/12650400/Non-ChemWeedMgmt.pdf>
- Teasdale, J., & Daughtry, C. (1993). Weed suppression by live and desiccated hairy vetch (*Vicia villosa*). *Weed Science*, 41(2), 207-212.
- Teasdale, J., & Mohler, C. (1993). Light transmittance, soil temperature, and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. *Agronomy Journal*, 85(3), 673-680. <https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500030029x>
- Teasdale, J., & Pillai, P. (2005). Contribution of ammonium to stimulation of smooth pigweed germination by extracts of hairy vetch residue. *Weed Biology and Management*, 5(1), 19-25.

- United State Department of Agriculture. (2011). *Carbon to nitrogen ratios in cropping systems*. <http://cultivosdeservicios.agro.uba.ar/wp-content/uploads/2019/04/stelprdb1166766.pdf>
- Urzúa, F. (2013). *Principios del manejo integrado de malezas*. Universidad Autónoma Chapingo.
https://www.academia.edu/21255905/PRINCIPIOS_DEL_MANEJO_INTEGRADO_DE_MALEZAS
- Ustarroz, D., Beltrami, J., Cura, L., & Álvarez, C. (2018). Evaluación de CC de *Vicia villosa* R. y *Vicia villosa* consociada con *Triticum secale* W. como reguladores de las poblaciones de malezas en la región central de Córdoba. En Asociación Civil Argentina de Ciencia de las Malezas (Ed.), *II Congreso Argentino de Malezas 2018* (pp. 322-324).
- Vega, C., & Andrade, F. (2000). Densidad de plantas y espaciamento entre hileras. En F. Andrade & V. Sadras (Eds.), *Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja* (pp. 97-126). INTA.
- Westgate, L., Singer, J., & Kohler, K. (2005). Method and timing of rye control affects soybean development and resource utilization. *Agronomy Journal*, 97(3), 806-816. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0223>
- Williams, M., Mortensen, D., & Doran, J. (1998). Assessment of weed and crop fitness in cover crop residues for integrated weed management. *Weed Science*, 46(5), 595-603. <https://doi.org/10.1017/S0043174500091153>
- Yenish, J., Worsham, A., & Chilton, W. (1995). Disappearance of DIBOA-glucoside, DIBOA, and BOA from rye cover crop residue. *Weed Science*, 43(1), 18-20.
- Zanoniani, R., & Ducamp, F. (2000). Consideraciones a tener en cuenta en la elección de verdeos de invierno. *Cangüé*, (18), 22-26.
http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/Cangue_18/22-26.pdf