

**“CULTIVOS DE COBERTURA PARA EL
MANEJO DE MALEZAS SIN HERBICIDAS”**

Trabajo Final de Grado
de la alumna



**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Junín, 27 de Marzo de 2026.

**“CULTIVOS DE COBERTURA PARA EL
MANEJO DE MALEZAS SIN HERBICIDAS”**

Trabajo Final de Grado
de la alumna

Rocio Camurati

Aprobada por el Tribunal Evaluador

(Nombre y Apellido)
Evaluador/a

(Nombre y Apellido)
Evaluador/a

(Nombre y Apellido)
Evaluador/a

Dra. Ing Agr. M. Victoria Buratovich
Co-Directora

Dr. MSc. Horacio A. Acciaresi
Director

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

Junín, 27 de Marzo de 2026.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi codirectora de tesis, Dra. Ing. Agr. Victoria Buratovich, por su guía constante, paciencia, compromiso y por las valiosas sugerencias y enseñanzas que enriquecieron cada etapa de este trabajo.

Al equipo de profesionales del sector Malezas de INTA Pergamino, por brindarme los recursos y el espacio necesario para llevar adelante la investigación.

A mi familia, por su apoyo, su confianza y acompañamiento; en especial a mi abuela Elsa, quien nunca dejó de creer en mí y me alentó en los momentos más difíciles a continuar y finalizar mis estudios.

A Enzo, quien me brindó su amor y apoyo constante, haciendo más ameno este camino. Su compañía fue fundamental, y sin ella este recorrido no hubiera sido el mismo.

Finalmente, a mis amigos de la infancia, a los que hice en la universidad y a quienes me acompañaron a lo largo de toda mi carrera, los cuales fueron testigos y parte de mis logros.

“Constancia, equilibrio y evolución”

Índice General

Agradecimientos.....	3
Índice de tablas y figuras.....	5
Resumen.....	6
Introducción.....	7
Estado actual, justificación y antecedentes sobre el uso de herbicidas.....	7
Cultivos de cobertura y el manejo de malezas.....	8
Hipótesis.....	9
Objetivos.....	9
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos.....	10
Materiales y métodos.....	10
Sitio experimental.....	10
Material vegetal.....	10
Diseño experimental y prácticas agronómicas.....	11
Recolección de datos.....	11
Análisis estadístico.....	13
Resultados.....	14
Condiciones climáticas de la campaña 2024/2025.....	14
Materia seca aérea de cultivos de cobertura, residuos de cultivos de cobertura y malezas y número de individuos de malezas.....	15
Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa.....	19
Humedad disponible en el suelo.....	19
Especies de malezas.....	20
Discusión.....	30
Materia seca aérea de cultivos de cobertura, residuos de cultivos de cobertura y malezas y número de individuos de malezas.....	¡Error! Marcador no definido.
Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa.....	32
Humedad disponible en el suelo.....	33
Especies de malezas.....	34
Conclusión.....	36
Bibliografía.....	38

Índice de tablas y figuras

Tabla 1. Promedio de % de humedad, calculado a partir de las muestras recolectadas dentro del tratamiento de Alta densidad.	19
Figura 1. Esquema del experimento a campo. Los números corresponden a los tratamientos. 1: Alta densidad, 2: Baja densidad, 3: Testigo Natural. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2024-2025.	11
Figura 2. Precipitaciones históricas registradas (en línea) entre 1910-2023 y precipitaciones promedio entre mayo 2024 y marzo 2025 (en barras). Pergamino, Buenos Aires, Argentina.	14
Figura 3. Temperaturas históricas registradas (línea) de 1967-2023 y temperaturas promedio entre mayo 2024 y marzo 2025 (en barras). Pergamino, Buenos Aires, Argentina.	15
Figura 4. Materia seca aérea (MSA) de cultivos de cobertura y de residuos de CC (en barras). Materia seca aérea (MSA) de malezas (en línea roja) y Número (N.º/m ²) de individuos de malezas (en línea verde). Pergamino, Buenos Aires, Argentina, agosto 2024- marzo 2025.	16
Figura 5. Materia seca aérea (MSA) de cultivos de cobertura y de residuos de CC (en barras). Materia seca aérea (MSA) de malezas (en línea roja) y Número (N.º/m ²) de individuos de malezas (en línea verde). Pergamino, Buenos Aires, Argentina, agosto 2024- diciembre 2024.	17
Figura 6. Materia seca aérea (MSA) de malezas (en barras) y Número de malezas (N.º/m ²) (en línea roja). Pergamino, Buenos Aires, Argentina, agosto 2024- marzo 2025.	18
Figura 7. Porcentaje de intercepción de la radiación fotosintéticamente activa (IRFA, %) (en barras). Pergamino, Buenos Aires, Argentina, septiembre y octubre 2024.	19
Figura 8. Promedio de humedad en disponible en el suelo (%) (en barras). Pergamino, Buenos Aires, Argentina, enero 2025.	20
Figura 9. Distribución porcentual de especie de malezas en los tratamientos de alta densidad (a), baja densidad (b) y testigo natural (c) evaluados durante la primera fecha. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, agosto 2024.	22
Figura 10. Distribución porcentual de especie de malezas en los tratamientos de alta densidad (a) y baja densidad (b) evaluados durante la segunda fecha. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, septiembre 2024.	23
Figura 11. Distribución porcentual de especie de malezas en los tratamientos de alta densidad (a), baja densidad (b) y testigo natural (c) evaluados durante la tercera fecha. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, octubre 2024.	25
Figura 12. Distribución porcentual de especie de malezas en los tratamientos de alta densidad (a), baja densidad (b) y testigo natural (c) evaluados durante la cuarta fecha. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, diciembre 2024.	27
Figura 13. Distribución porcentual de especie de malezas en los tratamientos de alta densidad (a) y testigo natural (b) evaluados durante la quinta fecha. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, enero 2025.	28
Figura 14. Distribución porcentual de especie de malezas en los tratamientos de alta densidad (a) y testigo natural (b) evaluados durante la sexta fecha. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, marzo 2025.	29

Resumen

El uso repetido e indiscriminado de herbicidas como única alternativa para el manejo de malezas generó una presión de selección sobre biotipos resistentes y su expansión en los sistemas productivos de la región del noroeste de la provincia de Buenos Aires. Una alternativa al control químico es el control cultural y, dentro de este, la siembra de cultivos de cobertura (CC). El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos consociaciones de cultivos de cobertura, donde se utilizaron exactamente las mismas especies en distintas densidades, sobre la dinámica de enmalezamiento y rendimiento en grano del cultivo estival siguiente, en un planteo sin herbicidas. Así, se llevó a cabo un experimento a campo durante la campaña 2024/25 en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Pergamino (Buenos Aires, Argentina). Se evaluaron, la materia seca aérea de ambas consociaciones de CC y posteriores residuos (MSA), la materia seca aérea de malezas (MSA), número de individuos ($N./m^2$) y especies de malezas durante el ciclo de crecimiento y descomposición de los residuos de ambas consociaciones de CC, la radiación fotosintéticamente activa interceptada (IRFA) por las distintas consociaciones de CC durante su ciclo de crecimiento y el rendimiento en grano del cultivo de soja (*Glycine max*) en la siguiente en la rotación. Se ajustó un modelo lineal mixto considerando el lote como efecto fijo y las submuestras como unidades anidadas dentro del lote, obteniendo finalmente un modelo lineal mixto con submuestreo. Así mismo, se compararon las muestras a partir de un análisis de correlación lineal simple donde los resultados mostraron que en la alta densidad de siembra de los CC se favoreció una rápida y eficiente captación de radiación, reduciendo, en comparación con la baja densidad, la presencia de malezas. Sin embargo, las consociaciones y sus residuos no fueron suficientes para suprimir la emergencia de nuevos individuos, y controlar completamente las existentes. En general, la alta densidad de CC limitó la diversidad de malezas, aunque con riesgo de favorecer la dominancia de especies problemáticas. Mientras que la baja densidad promovió comunidades más diversas. Además, las condiciones climáticas evaluadas durante el periodo de investigación, cumplieron un papel fundamental al momento de la siembra del cultivo estival siguiente, obteniendo un porcentaje de humedad en el suelo bajo e insuficiente para promover un óptimo desarrollo de la soja, lo que su producción en grano se vio totalmente desfavorecida. Estos hallazgos evidenciaron que la densidad de las consociaciones de CC resulta en una herramienta eficaz de control cultural, que permitiría controlar la sobrevivencia de distintas especies de malezas, así como también la emergencia de nuevas especies. En este escenario, se debería tener en cuenta las condiciones ambientales propicias y el manejo cultural del cultivo posterior, para que el manejo de malezas, resulte eficiente en un planteo sin herbicidas.

Introducción

Estado actual, justificación y antecedentes sobre el uso de herbicidas.

En lo que se relaciona con la protección vegetal, el manejo de las malezas fue progresivamente simplificándose en los principales cultivos sustentado en el control químico eficiente y económico, lo que condujo en los últimos años a un aumento de los casos de resistencia de distintas malezas a diferentes familias químicas de herbicidas (Holt y otros, 1993; Cousens y Mokhtari, 1998; Owen, 2016, Gaines y otros, 2020). El consumo de herbicidas creció año a año por el mayor uso del glifosato y de los principios activos utilizados para el dominio de malezas no controladas por dicho herbicida (Appleby, 2005; Culpepper, 2006; Mortensen y otros, 2012; Beckie y otros, 2019). En Argentina, el consumo de herbicidas aumentó de 19,7 a 304,2 millones de kg entre 1991 y 2014. El glifosato representa el principal ingrediente activo utilizado (62%), con una tendencia hacia el uso de glifosatos de alta concentración (CASAFE, 2014). En el noroeste de la provincia de Buenos Aires, el glifosato fue el ingrediente activo más utilizado (Acciaresi y otros, 2019). Además, cinco mecanismos de acción representaron el 82% de la superficie aplicada (Acciaresi y otros, 2019). Asimismo, el uso de herbicidas con actividad residual en el suelo incrementó el proceso de selección de biotipos resistentes (Gaines y otros, 2020). En el mundo se han identificado 266 especies resistentes a herbicidas, con un predominio de dicotiledóneas sobre monocotiledóneas. En 71 países, dichas especies han registrado resistencia en 21 sitios de acción de herbicidas de los 31 conocidos.

Así, de acuerdo con los resultados obtenidos por Scursoni y otros (2019) en Argentina, más del 53% de los productores utiliza solo alternativas químicas para el manejo de malezas, el 86% de los productores realiza barbecho químico y sólo el 32% rota modos de acción de herbicidas. De esta manera, se han detectado 50 biotipos de malezas resistentes correspondientes a 29 especies en 6 sitios de acción con 20 resistencias múltiples (REM, 2026). La potencialidad productiva de extensas áreas de Argentina llevó a relativizar la atención del agroecosistema donde aparecen problemas como la persistencia de herbicidas en el suelo, el cambio de flora y la resistencia de malezas a herbicidas, entre otros (Derksen y otros, 1996; Stoate y otros, 2001; Owen, 2016).

La escasa posibilidad de aparición de herbicidas con nuevos mecanismos de acción seguirá provocando una alta presión de uso sobre los principios activos existentes con la consecuente expansión de la resistencia en los sistemas productivos de la región (Powles, 2010).

La creciente necesidad de aumentar la producción de los cultivos por un lado y de lograr que la misma sea sustentable por el otro, es el marco en que se plantean las acciones y líneas de

investigación para el manejo de malezas (Petit y otros, 2011; Peterson y otros, 2018).

De este modo, se observa que la solución a este problema debe necesariamente apuntar a generar una agricultura de procesos, y entender la naturaleza de los mecanismos de enmalezamiento y la influencia que el manejo del cultivo ejerce sobre los mismos, será un paso inevitable. Para avanzar en ese sentido, es necesario el desarrollo de alternativas culturales de manejo de malezas a mediano plazo. Dentro de ellos es posible incluir prácticas tales como el empleo de cultivos de cobertura (CC), las rotaciones diversificadas, la modificación del diseño de siembra y el manejo nutricional del cultivo (Acciaresi y Sarandón, 2002; Peterson y otros, 2018). El objetivo de estas tácticas se basa fundamentalmente en comprender y aprovechar los procesos relacionados con la modificación de los micro sitios donde pueden establecerse malezas y la alteración del balance de la captura de recursos por parte de las malezas y los factores que lo regulan. Dentro de las mismas el uso de CC posee un rol preponderante hacia la racionalización del manejo de malezas en sistemas agrícolas extensivos (Reddy, 2001; Kruidhof y otros, 2009; Ryan y otros, 2011; Wallace y otros, 2019).

Cultivos de cobertura y el manejo de malezas.

Los CC han sido utilizados largamente como práctica conservacionista para prevenir la erosión edáfica, disminuir el escurrimiento superficial, mejorar la estructura, el carbono orgánico y el nitrógeno del suelo (Teasdale, 1996; Krutz y otros, 2009; O'Connell y otros, 2014). No obstante, existe un creciente interés en el uso de los CC para favorecer el manejo otoñal temprano de malezas (Norsworthy y otros, 2011; Price y otros, 2012; Hamilton, 2016; Wallace y otros, 2019). El crecimiento de los CC previene la emergencia, crecimiento, desarrollo y producción de semillas de las malezas (Brainard y otros, 2011; Lawson y otros, 2015) a través de la competencia por recursos aéreos (radiación solar) y/o subterráneos (agua, nutrientes) (Bastiaans y otros, 2007; Baraibar y otros, 2018). De acuerdo a lo expuesto, los CC podrían ser una alternativa tecnológica que contribuye al aumento de la biodiversidad del agroecosistema, asegurando la productividad del mismo, por un lado, en tanto que las poblaciones de malezas se mantienen en densidades relativamente bajas, y el impacto negativo de las mismas sobre la productividad de los cultivos se reduce al mínimo (Barberi, 2002; Storkey y otros, 2015; Finney y Kaye, 2017).

Además, los CC ejercen un efecto de interferencia sobre las malezas también a través de los residuos que dejan sobre la superficie del suelo. En lo que respecta a la influencia que ejercen los CC sobre la marcha de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) es posible detectar una declinación exponencial de la transmitancia lumínica relacionada con la materia seca aérea (MSA) de residuos (Teasdale, 1996) y la densidad de malezas (Teasdale y otros, 2007). De este

modo se ha sugerido que la transmitancia lumínica puede ser un indicador adecuado de la capacidad de los CC en suprimir la emergencia de malezas (Teasdale, 2005). Los residuos de los CC dejados en la superficie del suelo, inhiben o retardan la germinación, emergencia y crecimiento temprano de *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Chenopodium album*, *Polygonum convolvulus*, *Panicum dichotomiflorum*, *Setaria faberi*, *Setaria glauca*, *Taraxacum officinale* (Mirsky y otros, 2011), *Amaranthus hybridus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album* y *Abutilon theophrasti* (Ryan y otros, 2011) por disminución en la penetración de la radiación solar y de la temperatura en la superficie del suelo (Kruidhof y otros, 2009; Vann y otros, 2018). El grado de control de malezas por parte de los residuos de CC se encuentra influenciado por distintos factores entre los cuales se destacan: las especies de CC, la MSA generada por cada uno de estos y las especies de malezas presentes (Liebman y Mohler, 2001). En Argentina, entre los años 2014/2015 y 2019/2020, se quintuplicó la adopción de CC por parte de los productores pasando de 4 a 19% de adopción (Bolsa de Cereales, 2021). En la campaña agrícola 2023/24 los CC fueron adoptados por aproximadamente el 11% de los productores en Argentina, mostrando una caída respecto al 19% registrado en 2019/20. Esto significa que, tras un crecimiento fuerte en la década pasada, la adopción se estancó e incluso retrocedió en los últimos años, asociado a los años de sequía. (Bolsa de Cereales, 2024).

De esta manera, surge la necesidad de generar información local acerca del uso de cultivos de cobertura para el manejo de malezas, tanto durante el ciclo de crecimiento de los mismos, así como también durante la descomposición de sus residuos y rendimiento en grano del cultivo estival siguiente.

Hipótesis

1. Las consociaciones de cultivos de cobertura en pie afectan el número de individuos y la materia seca área de malezas.
2. Los residuos de las consociaciones de cultivos de cobertura dejados en la superficie del suelo, disminuyen el número de individuos y la materia seca aérea de malezas.
3. El empleo de las consociaciones de cultivos de cobertura afectan el rendimiento en grano del cultivo siguiente.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de dos consociaciones en distintas densidades de cultivos de cobertura sobre

la dinámica de enmalezamiento y rendimiento en grano del cultivo estival siguiente, en un planteo sin herbicidas.

Objetivos específicos

1. Cuantificar la materia seca aérea de dos consociaciones de *xTriticosecale*, *Secale cereale*, *Raphanus sativus* y *Vicia villosa*, en distintas densidades, tanto durante el ciclo de crecimiento como en la descomposición de los residuos.
2. Cuantificar la materia seca aérea, número de individuos y especies de malezas durante el ciclo de crecimiento y descomposición de los residuos de dos consociaciones, en distintas densidades, de *xTriticosecale*, *Secale cereale*, *Raphanus sativus* y *Vicia villosa*.
3. Determinar la radiación fotosintéticamente activa interceptada por las dos consociaciones de cultivos de cobertura durante su ciclo de crecimiento.
4. Evaluar la productividad en grano del cultivo estival siguiente en la rotación, *Glycine max*.

Materiales y métodos

Sitio experimental

El estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) ubicada en Pergamino, Buenos Aires, Argentina (33° 51´ S, 60° 34´ O) durante la campaña 2024/2025. El suelo corresponde a un Argiudol típico de textura franco limosa de la serie Pergamino sin fases por erosión, con pendiente < 0,5% (INTA, 1972). El clima del área de estudio es templado húmedo, donde la precipitación media anual es de 946 mm y la temperatura media anual de 16,4 °C (Irizar y Andriulo, 2017).

Material vegetal

Se sembraron el 22 de mayo de 2024, dos consociaciones de distintas densidades de CC las cuales formaron parte de dos tratamientos, uno de ellos denominado de alta densidad, mientras que al siguiente se lo llamó de baja densidad. En el tratamiento de alta densidad con un total de 4,8 has, se sembró una consociación de CC compuesta por una mezcla de 250 pl./m², conformada por 30 plantas de *Raphanus sativus*, 50 plantas de *Vicia villosa* y 170 plantas totales entre *xTriticosecale* y *Secale cereale*. Por otra parte, en el tratamiento de baja densidad el cual contaba con 3,2 has totales, se llevó a cabo la segunda siembra constituida por una mezcla de 79 pl./m², 22 plantas de *Raphanus sativus*, 23 plantas de *Vicia villosa* y 34 plantas totales entre *xTriticosecale* y *Secale cereale*. Asimismo, se contó con semillas de *Glycine max*

correspondiente a la variedad DM 46i20 a una densidad de 32 pl./m² para su posterior siembra (03/11/2024).

Diseño experimental y prácticas agronómicas

La distancia entre hileras para la siembra de ambos tratamientos de CC fue de 17,5 cm, con una densidad de siembra total de 108 y 33 kg/has finales. Pevio a la siembra de tales tratamientos de CC se les realizó una labranza convencional con el objetivo de eliminar malezas presentes. Cabe señalar que ambos tratamientos presentaban una historia de 3 años sin herbicidas. Al mismo tiempo, se incorporó un tercer tratamiento de 3 has como testigo natural. (Figura 1).

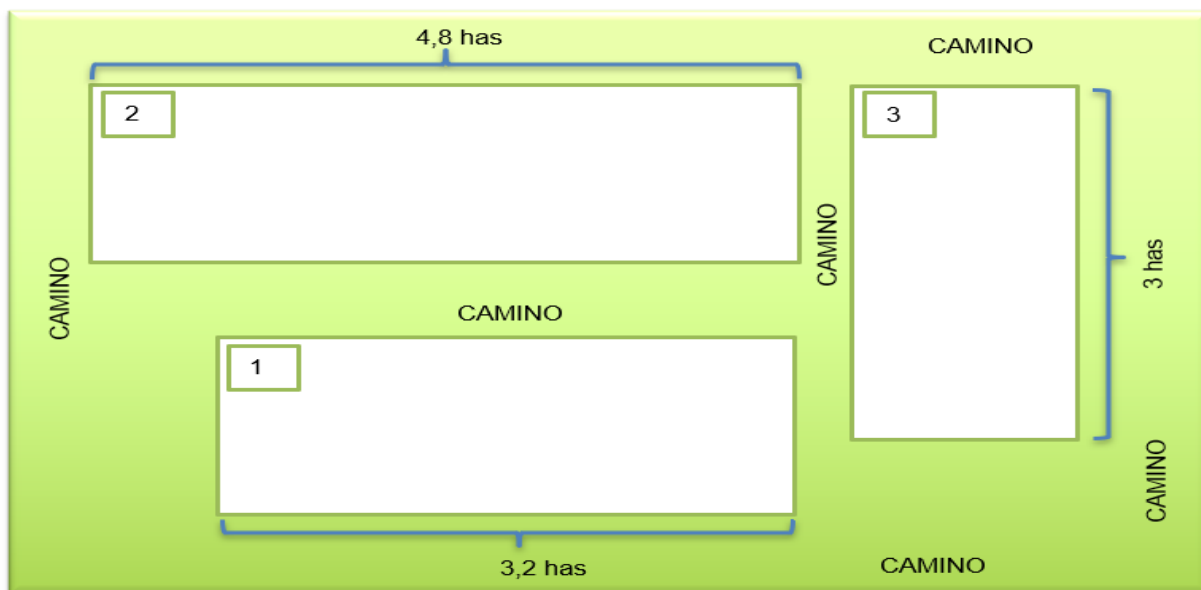


Figura 1. Esquema del experimento a campo. Los números corresponden a los tratamientos. 1: Alta densidad, 2: Baja densidad, 3: Testigo Natural. INTA Pergamino, Buenos Aires, Argentina, (2024-2025).

Recolección de datos

Durante el crecimiento de los CC para ambos tratamientos y conforme estos avanzaron en su ciclo (según la escala fenológica de Feekes para gramíneas y los descriptores FAO/IBPGR para leguminosas y brassicas): gramíneas (4 hojas, encañazón, grano lechoso, grano pastoso); vicia (vegetativo temprano, 10% de floración, 30% de floración, primeras vainas en formación); nabo (estado de roseta, inicio de fructificación, inicio de llenado de granos). Se realizó en primer lugar la recolección de muestras por m², mediante cuadrantes fijos de 0.25.m² tirados al azar. En segundo lugar, posterior al rolado de los tratamientos de CC, las muestras se tomaron bajo el mismo método, para los tres tratamientos. En dichos muestreos se midieron las siguientes variables:

- Primer muestreo (gramíneas (*xTriticosecale* y *Secale cereale*) en el estado fenológico de 4 hojas; vicia (*Vicia villosa*) en vegetativo temprano y nabo (*Raphanus sativus*) en estado de roseta):

Materia seca aérea (MSA) de CC, MSA de Malezas, número de individuos ($N.^{\circ}/m^2$) y especie de malezas presentes para los tratamientos de alta y baja densidad de CC. Mientras que en el testigo natural las variables fueron MSA de malezas, número de individuos ($N.^{\circ}/m^2$) y especies de malezas presentes.

- Segundo muestreo (gramíneas: estado de encañazón; vicia: inicio de fructificación; nabo: 10% de floración): MSA de CC, MSA de Malezas, $N.^{\circ}$ -y tipo de especie de malezas presentes sólo para los tratamientos de alta y baja densidad de CC. Asimismo se midió Radiación Fotosintéticamente Activa interceptada (RFAi).
- Tercer muestreo (gramíneas: estado de grano lechoso; vicia: 30% de floración; nabo: inicio de llenado de grano): MSA de CC, MSA de Malezas, $N.^{\circ}$ y tipo de especie de malezas presentes, además, RFAi en los tratamientos de alta y baja densidad de CC. En cuanto al testigo natural sus variables fueron MSA de malezas, $N.^{\circ}$ de individuos y especies de malezas presentes, las mismas que durante el primer muestreo.
- Cuarto muestreo (soja en VC (cotiledones completamente expandidos)): MSA de Residuos de CC, MSA de Malezas, $N.^{\circ}$ de individuos y especies de malezas presentes para los tratamientos de alta y baja densidad de CC. Mientras que en el testigo natural las muestras fueron las previamente señaladas en el tratamiento inicial.
- Quinto muestreo (soja en v2): MSA de Residuos de CC, MSA de Malezas, MSA de soja, $N.^{\circ}$ y especie de malezas presentes únicamente donde se llevó a cabo la siembra de este cultivo cuyo tratamiento fue el de alta densidad; en el mismo se tomaron muestras de agua a 60 cm de profundidad para determinar la humedad edáfica. Las muestras de suelo para análisis de agua se recolectaron mediante un barreno manual de acero cilíndrico con mango en T. El testigo natural mantuvo sus variables.
- Sexto muestreo (soja en V6): MSA de Residuos de CC, MSA de Malezas, $N.^{\circ}$ y tipo de especie de malezas, para el tratamiento de alta densidad, recolectando como variable del testigo natural las anteriormente descritas.

Las muestras vegetales recolectadas, se llevaron a estufa a 65°C hasta peso constante y, luego, se pesaron en balanza de precisión (0,01g o centesimal), para la determinación de materia seca aérea de CC (MSA CC), malezas (MSA malezas) y soja (MSA soja).

Para la determinación de la RFAi, se utilizó un radiómetro cuántico lineal (1m). (AccuPar, PAR-80 Decagon Devices Inc., Pullman, EEUU). Las mediciones se realizaron por encima y por debajo del canopeo entre las 11:30 y 14:00 horas en un día completamente soleado. El porcentaje de RFAi se calculó a través de la siguiente ecuación:

$$RFAi (\%) = \left(1 - \frac{RFA \text{ abajo}}{RFA \text{ arriba}} \right) \times 100$$

Donde RFA abajo: radiación fotosintéticamente activa debajo del canopeo. RFA arriba: radiación fotosintéticamente activa arriba del canopeo.

Se finalizó el ciclo de los CC cuando los mismos estaban en el momento fenológico siguiente: vicia en formación de las primeras vainas, gramíneas en grano pastoso y nabo en inicio de fructificación. Para ello, se utilizó un método mecánico mediante el empleo de un rolo deshidratador, el cual se pasó totalmente lastrado (lleno de agua).

Una vez finalizado el ciclo de ambas consociaciones de CC, se sembró la variedad de soja DM 46i20 únicamente en el tratamiento de alta densidad, a una distancia entre hileras de 35 cm. Al momento de la siembra, el lote se encontraba sin malezas, aún con buena cobertura de residuos en superficie. En cuanto al tratamiento de baja densidad, se lo descartó y no fue sembrado posteriormente, por la imposibilidad de contar con las condiciones climáticas óptimas.

Cuando la soja se encontraba en el momento fenológico V2, se realizó un muestreo de agua. Para esto, se extrajeron muestras de suelo con un barreno manual de acero cilíndrico con mango en T hasta los 60 cm de profundidad. El barreno utilizado estaba conformado por un cilindro hueco con punta cortante que permite penetrar el perfil del suelo y retener la muestra, unido a un mango resistente que facilita la extracción. Asimismo, se utilizó una palanca auxiliar, la cual ayudó a hacer presión lateral y extraer el cilindro. En cada sitio de muestreo se introdujo el barreno verticalmente hasta la profundidad deseada, se retiró la columna de suelo y se depositó en frascos limpios, cerrados herméticamente para que mantengan la humedad y rotulados, asegurando la representatividad y evitando contaminación entre muestras. Luego, las muestras fueron llevadas al laboratorio, en primer lugar, se las pesó en balanza para obtener el peso húmedo. En segundo lugar, las muestras se llevaron a estufa por 48 horas a 110°C, para a continuación pesarlas y obtener así el peso seco. Finalmente se determinó, a partir de los datos extraídos el % de humedad del suelo. Para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$Humedad \text{ del suelo } (\%) = 100 - \left(\frac{\text{Peso Seco} \times 100}{\text{Peso Húmedo}} \right)$$

Análisis estadístico

Se ajustó un modelo lineal mixto considerando el lote como efecto fijo y las submuestras como unidades anidadas dentro del lote.

- Lote = efecto fijo

- Muestras = variación dentro del lote

Modelo lineal mixto con submuestreo:

$$Y_{ij} = \mu + Lote_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:

- Y_{ij} = variable respuesta j en el lote i
- $Lote_i$ = efecto del lote
- ε_{ij} = variación entre muestras dentro del lote

Resultados

Condiciones climáticas de la campaña 2024/2025

En la campaña 2024/2025, se observaron variaciones significativas en las precipitaciones respecto de los valores históricos, quedando marcada por precipitaciones desiguales en intensidad y distribución, con largos períodos secos interrumpidos por picos de lluvia. El total de precipitaciones acumuladas durante la campaña fue de 708,8 mm, mientras que el promedio histórico fue de 880,64 mm registrado durante el mismo período de estudio, desde 1910-2023 (Figura 2).

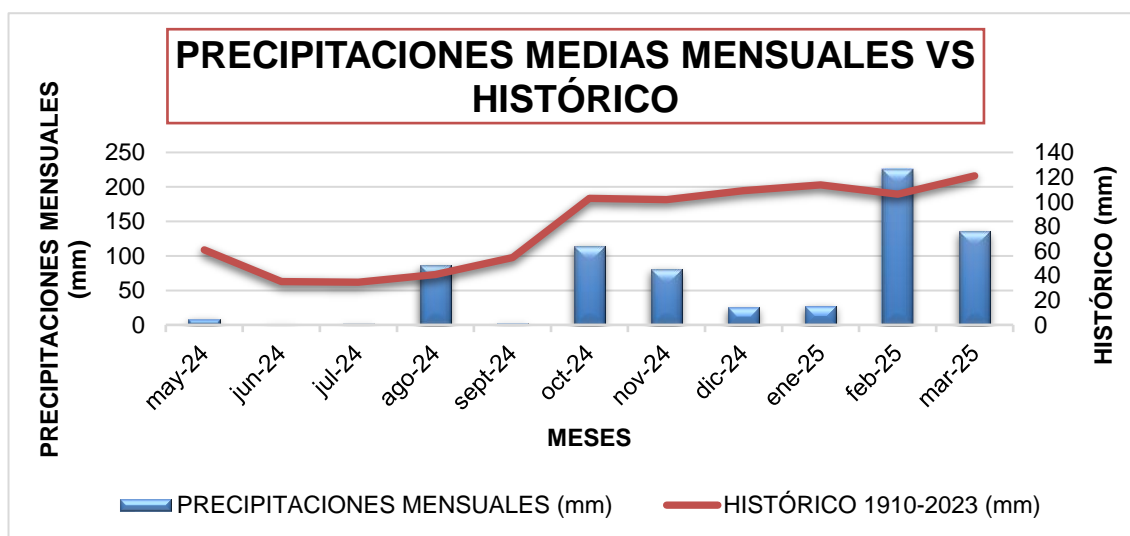


Figura 2. Precipitaciones históricas registradas (en línea) entre 1910-2023 y precipitaciones promedio entre mayo 2024 y marzo 2025 (en barras). Pergamino, Buenos Aires, Argentina.

Para comenzar, mayo, junio y julio de 2024 registraron precipitaciones de 8,7, 1,5 y 2 mm,

respectivamente. Luego se consignaron valores de 85,8, 2,4 y 114,2 mm, para agosto, septiembre y octubre respectivamente. Posteriormente, en noviembre, tras el rolado, en noviembre las lluvias alcanzaron los 80,7 mm, coincidiendo con el período inmediatamente posterior a la siembra de la soja. Sin embargo, esta estabilidad se interrumpe en los próximos dos meses, diciembre y enero, con una caída de las precipitaciones durante el crecimiento del cultivo.

Por otra parte, las temperaturas medias durante el período de investigación siguen un patrón estacional similar al histórico, con valores menores en invierno y máximos en verano. En los meses de verano (enero y febrero 2025), las temperaturas registradas en la presente tesis se ubican por encima de la media histórica, lo que sugiere un posible incremento térmico respecto al promedio de las últimas décadas. Si se analiza la variabilidad mensual, aunque la tendencia es semejante, se observan diferencias puntuales. En este sentido, en el invierno (junio y julio 2024) se muestran valores cercanos o apenas superiores al histórico, mientras que en primavera y verano la brecha se amplía (Figura 3).

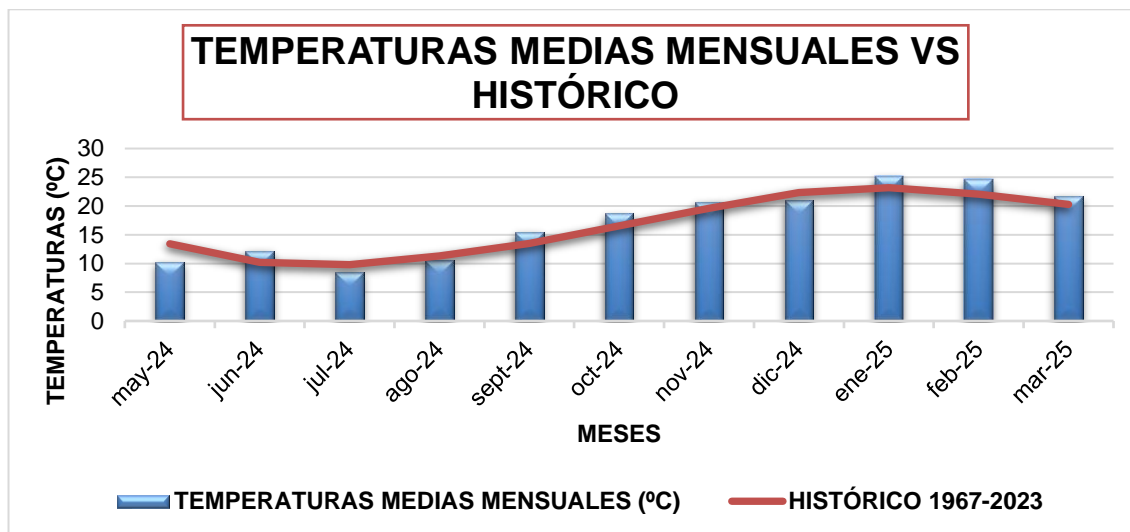


Figura 3. Temperaturas históricas registradas (en línea) de 1967-2023 y temperaturas promedio entre mayo 2024 y marzo 2025 (en barras). Pergamino, Buenos Aires, Argentina.

Materia seca aérea de cultivos de cobertura y residuos, materia seca aérea de malezas y número de individuos de malezas.

De acuerdo con los resultados obtenidos y en cuanto al seguimiento temporal de las tres variables, se determinó que el tratamiento de alta densidad, mostró una dinámica diferenciada entre el cultivo y las malezas. La MSA de CC presentó un incremento progresivo, desde agosto hasta octubre 2024, alcanzando el valor máximo este último mes, el cual fue de 719,5 g/m². Mientras que para diciembre 2024 y enero 2025 se mantuvo relativamente constante entre 400-

450 g/m². Finalmente, en marzo 2025 disminuye a 300 g/m². La MSA de malezas se mantuvo relativamente baja durante la mayor parte del ciclo de investigación, con valores inferiores a 100 g/m², y un promedio de 24,62 g/m² hasta enero 2025, pero registró un aumento marcado en marzo de 2025, alcanzando los 357 g/m². El número de individuos de malezas siguió una tendencia similar a la variable analizada anteriormente. En este sentido, se registraron niveles bajos en los meses de agosto y septiembre 2024 (39 pl./m²), seguido de una disminución progresiva para los meses de octubre y diciembre alcanzando en este último 1 pl./m² y un incremento progresivo hacia marzo 2025 (11 pl./m²) (Figura 4).

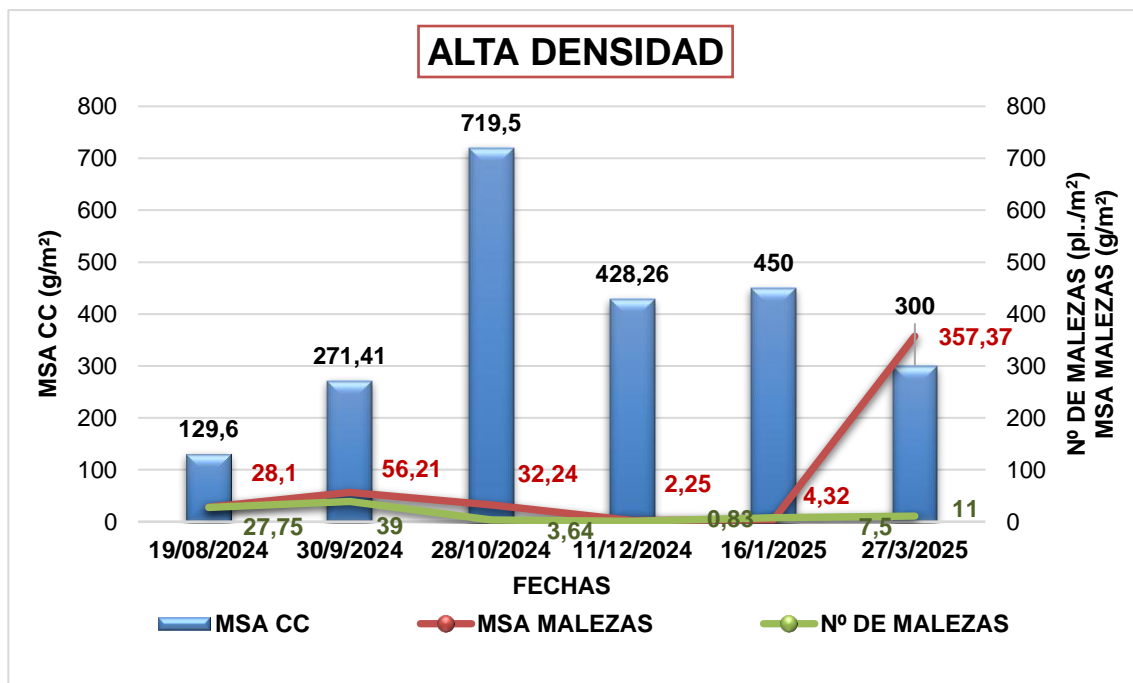


Figura 4. Materia seca aérea (MSA) de cultivos de cobertura y de residuos de CC (en barras). Materia seca aérea (MSA) de malezas (en línea roja) y Número (pl./m²) de individuos de malezas (en línea verde) en tratamiento de alta densidad. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, agosto 2024- marzo 2025.

Los resultados obtenidos para el tratamiento de baja densidad de CC arrojaron, en cuanto a la variable MSA de CC, un incremento progresivo desde agosto (91,4 g/m²), hasta diciembre, alcanzando valores cercanos al máximo de la escala (538 g/m²). Por otro lado, la variable MSA de malezas, mostró una tendencia más heterogénea. Inicialmente, en el mes de agosto se mantuvo baja (27,14 g/m²), durante los meses de septiembre y octubre aumentó, con picos de hasta 41,8 g/m², y ya para el último mes analizado, diciembre 2024, registró una disminución que alcanzó 10,76 g/m². Finalmente, el N.º de individuos de malezas siguió una dinámica variable, con fluctuaciones. En agosto se alcanzó un valor de 53 pl./m², septiembre y octubre se dio una disminución de individuos alcanzando esta última un valor de 17 pl./m²; para diciembre, el último

mes que se evaluó dicho tratamiento, la variable comenzó a aumentar nuevamente alcanzando 38 pl./m². (Figura 5).

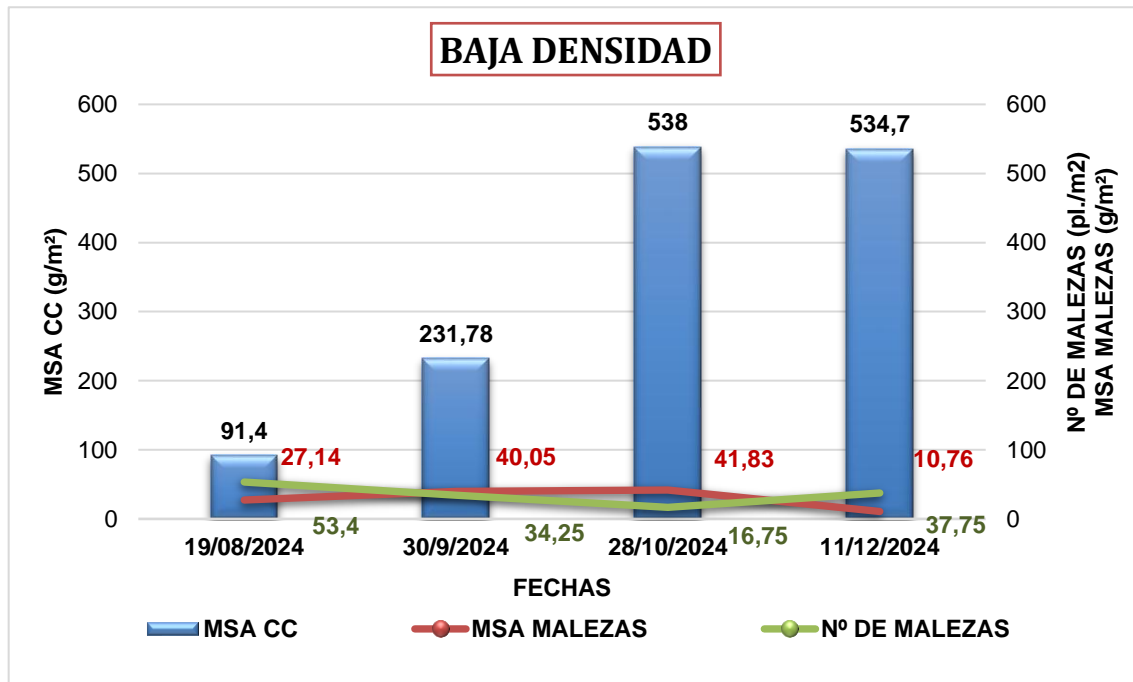


Figura 5. Materia seca aérea (MSA) de cultivos de cobertura y de residuos de CC (en barras). Materia seca aérea (MSA) de malezas (en línea roja) y Número (pl./m²) de individuos de malezas (en línea verde) en el tratamiento de baja densidad. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, agosto 2024- diciembre 2024.

En el testigo natural se registró en cuanto a la variable MSA de malezas, valores que fueron aumentando de agosto a octubre, siendo 102,23 g/m² y 459,38 g/m² respectivamente, reflejando una fuerte presencia de malezas. Posteriormente, hacia diciembre y enero, se evidenció una marcada reducción con un promedio de 67,8 g/m². Finalmente, en marzo de 2025 se observó un marcado incremento con un aumento que alcanzó hasta los 689,94 g/m². En cuanto a la segunda variable analizada, N.º de malezas, la dinámica fue inversa a la variable anteriormente evaluada, con disminuciones desde agosto 2024 (103 pl./m²), a enero 2025 (5 pl./m²), para finalmente alcanzar los 34 pl./m², en marzo 2025. (Figura 6).

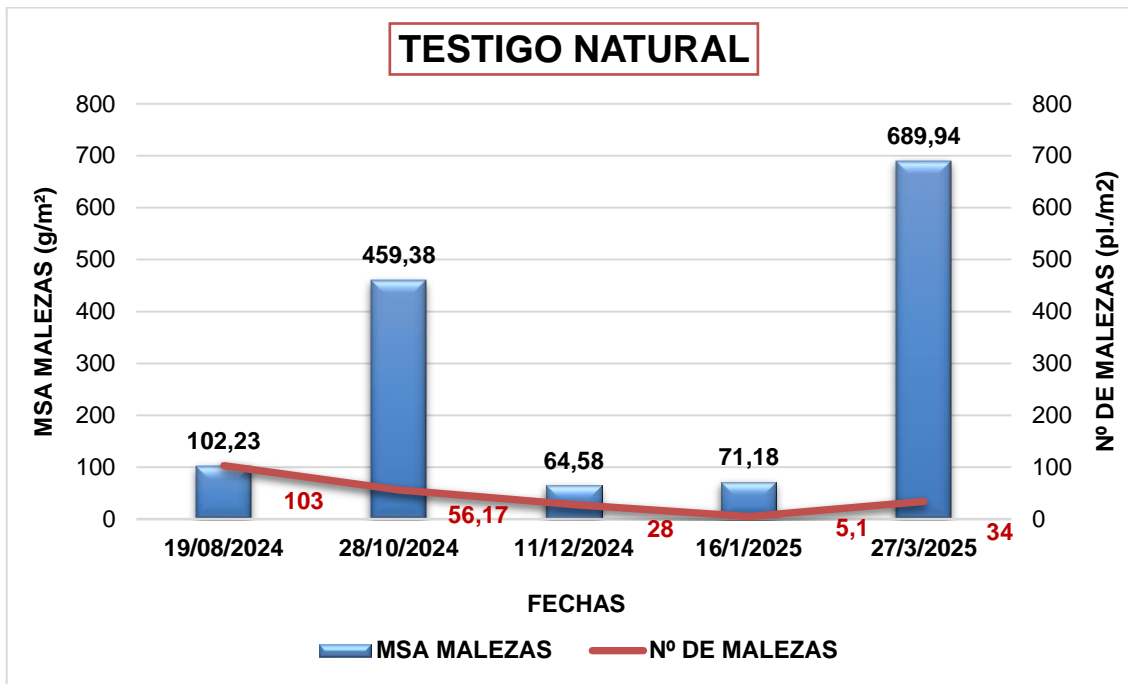


Figura 6. Materia seca aérea (MSA) de malezas (en barras) y Número de individuos de malezas (pl./m²) (en línea roja) en el tratamiento testigo natural. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, agosto 2024- marzo 2025.

De esta manera, para la variable MSA de CC, no existió diferencia significativa (DS) para las dos primeras fechas (agosto y octubre) entre los tratamientos de alta y baja densidad. En contraste para la tercera fecha hubo DS entre ambos tratamientos con promedios de 719,5 g/m² y 538 g/m² para el tratamiento de alta y baja densidad, respectivamente. Mientras que para la fecha siguiente donde la variable cambió a MSA de residuos de CC, no hubo DS entre ambos tratamientos.

Siguiendo con la variable MSA de malezas, existieron diferencias significativas entre el testigo natural por un lado y los tratamientos de alta y baja densidad por el otro, a lo largo de todo el proceso de evaluación, no habiendo DS entre estos últimos mencionados, en ninguna fecha analizada. Para finalizar en cuanto al N.º de malezas, se observaron fluctuaciones marcadas. Durante la primera fecha (agosto 2024) hubo DS entre los tres tratamientos siendo los promedios de 103 pl./m², 28 pl./m² y 53 pl./m² para el testigo natural, alta y baja densidad respectivamente. En cuanto a la segunda fecha (septiembre 2024) no hubo DS entre los tratamientos. Para la tercera (octubre 2024), nuevamente se determina DS para el testigo natural (57 pl./m²), alta densidad (4 pl./m²) y baja (17 pl./m²). Para la fecha siguiente, diciembre de 2024 se mantiene la DS entre testigo natural y baja densidad (sin DS entre estos dos últimos) por un lado, siendo los promedios de 28 pl./m² y 38 pl./m² y por el otro la alta densidad siendo de 1 pl./m² su promedio. Y en la quinta fecha, enero de 2025 no hay DS entre los dos tratamientos que se siguieron evaluando, los cuales fueron el testigo natural y la alta densidad. En cuanto a la última fecha marzo de 2025 se vuelve a encontrar DS entre los últimos mencionados, los cuales presentaron promedios de 34 pl./m² y 11 pl./m² respectivamente.

Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa

A partir de los resultados obtenidos, el porcentaje de intercepción de la radiación fotosintéticamente activa (RFAi) mostró diferencias claras entre los tratamientos de alta y baja densidad en ambas fechas de evaluación, septiembre y octubre de 2024. En la primera medición el tratamiento de alta densidad presentó un valor de 83,97%, mientras que el de baja densidad alcanzó únicamente el 49,16%. En la segunda fecha, al mes siguiente, la tendencia se mantuvo; la alta densidad registró un 89,35%, en tanto que la baja densidad llegó al 61,3% (Figura 7).

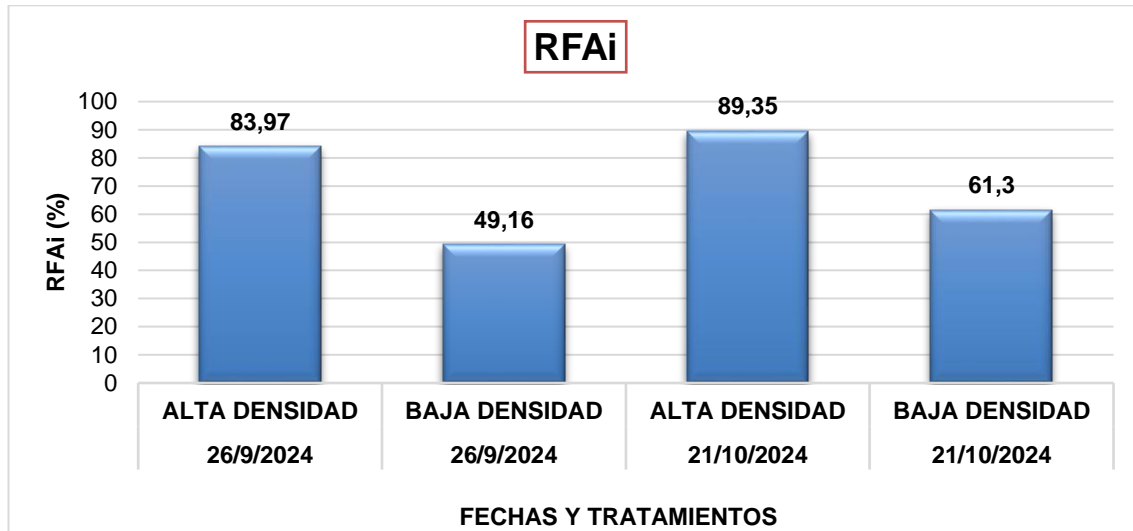


Figura 7. Porcentaje de intercepción de la radiación fotosintéticamente activa (IRFA, %) (en barras). Pergamino, Buenos Aires, Argentina, septiembre y octubre 2024.

Humedad disponible en el suelo

Tabla 1. Promedio de % de humedad, calculado a partir de las muestras recolectadas dentro del tratamiento de alta densidad.

TRATAMIENTO DE ALTA DENSIDAD	% DE HUMEDAD
PROMEDIO	11,73

El análisis de % de humedad disponible en el suelo, mostró valores bajos en todas las repeticiones dentro del tratamiento de alta densidad. Los porcentajes oscilaron entre 10,88% y 12,91%, con un promedio de 11,73 %. (Figura 8). (Tabla 1).

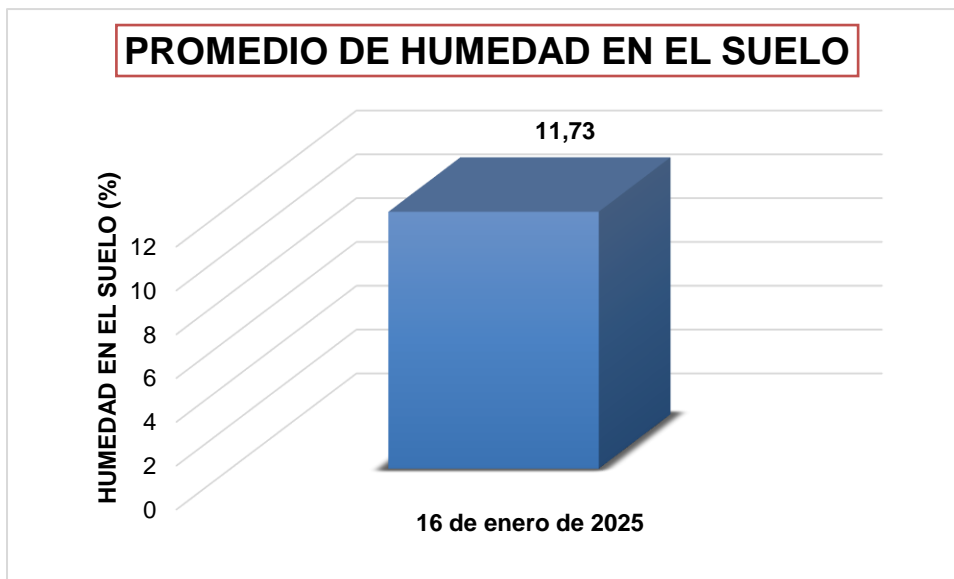
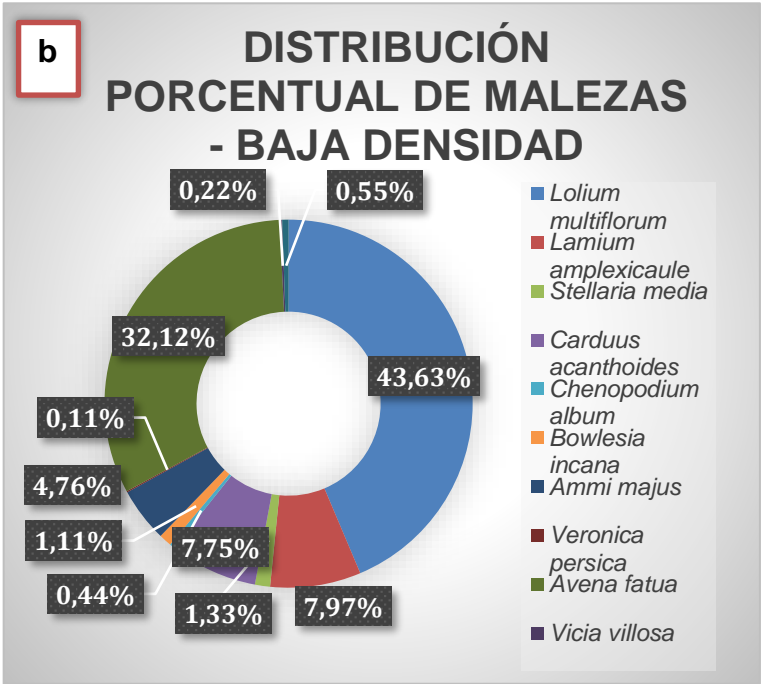
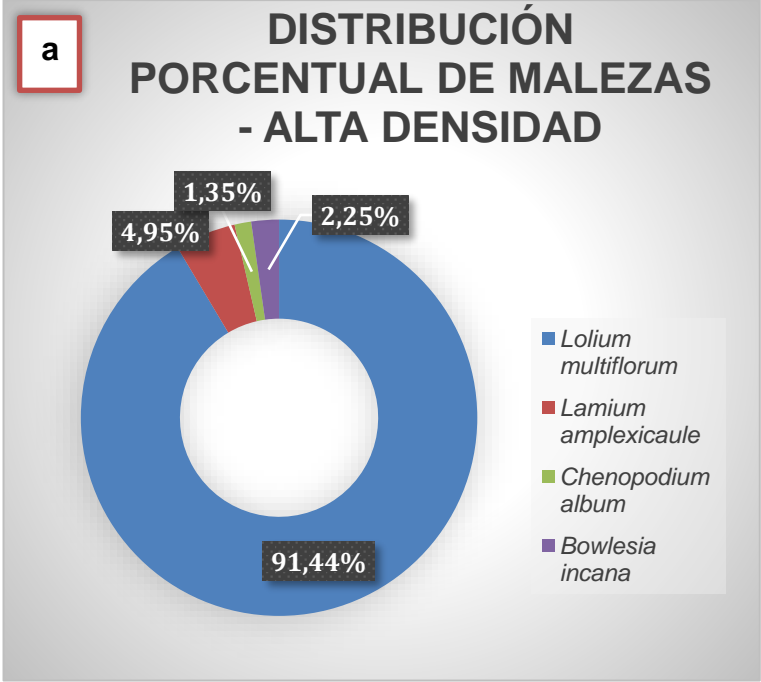


Figura 8. Promedio de humedad disponible en el suelo (%) (en barras). Pergamino, Buenos Aires, Argentina, enero 2025.

Especies de malezas

A partir de los resultados de distribución porcentual de especies de malezas en los tres tratamientos evaluados para la primera fecha (agosto 2024), el resultado arrojó para el tratamiento de alta densidad una menor proporción con respecto al resto de los tratamientos y una dominancia marcada en particular por una especie, *Lolium multiflorum* (91,44%), también presencia de otras tres especies, pero en menores porcentajes, *Lamium amplexicaule* (4,95%), *Bowlesia incana* (2,25%) y *Chenopodium album* (1,35%). (Figura 9, a). En contraste, en el de baja densidad, se registró una mayor diversidad relativa, es decir, coexistencia de varias especies, destacándose *Lolium multiflorum* (43,63%) y *Avena fatua* (32,12%), acompañadas por otras ocho especies en menor relación, lo que indicó una comunidad más heterogénea (Figura 9, b). Finalmente, en el testigo natural, hubo predominio de dos especies competitivas, *Avena fatua* (50,09%) y *Lolium multiflorum* (38,51%), con participación secundaria de *Carduus acanthoides* (8,46%) y otras cuatro especies en proporciones reducidas (Figura 9, c).



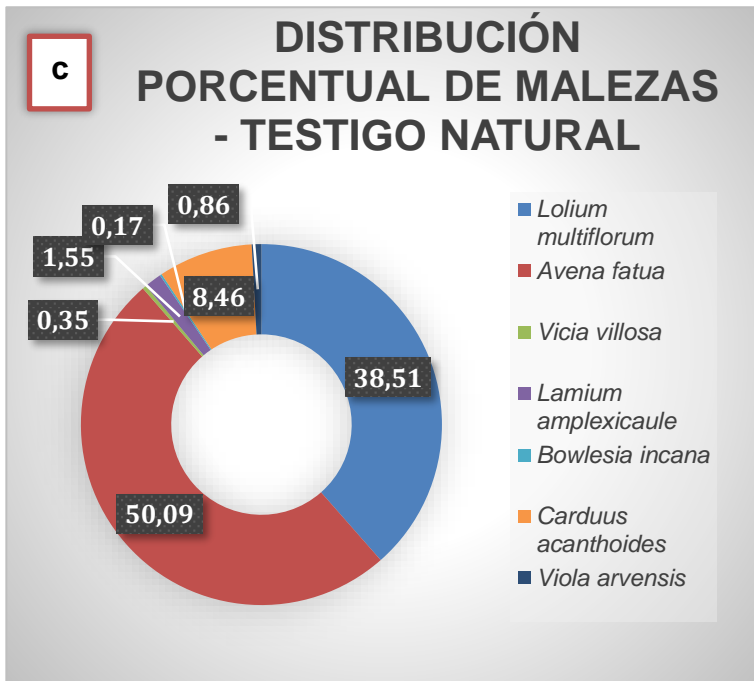


Figura 9. Distribución porcentual de especie de malezas en los tratamientos de alta densidad (a), baja densidad (b) y testigo natural (c) evaluados durante la primera fecha. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, agosto 2024.

Observando los gráficos de distribución porcentual de especies de malezas en los dos tratamientos evaluados, para septiembre 2024 se determinó que, en el tratamiento de alta densidad, la comunidad de malezas estuvo dominada por *Lolium multiflorum* (75,21%), al igual que en agosto 2024, seguido por *Lamium amplexicaule* (17.52%). Mientras que, otras especies presentes en proporciones menores fueron *Fumaria officinalis* (2.99%), *Bowlesia incana* (2.56%), *Chenopodium album* (1.28%) y *Coronopus didymus* (0.43%) (Figura 10, a).

Para el de baja densidad, nuevamente hubo predominio de *Lolium multiflorum* (80.95%), acompañado por *Carduus acanthoides* (8.66%) y *Bromus catharticus* (6.49%). Se registraron además *Bowlesia incana* (2.16%), *Ammi majus* (0.87%) y *Lactuca serriola* (0.87%) (Figura 10, b).

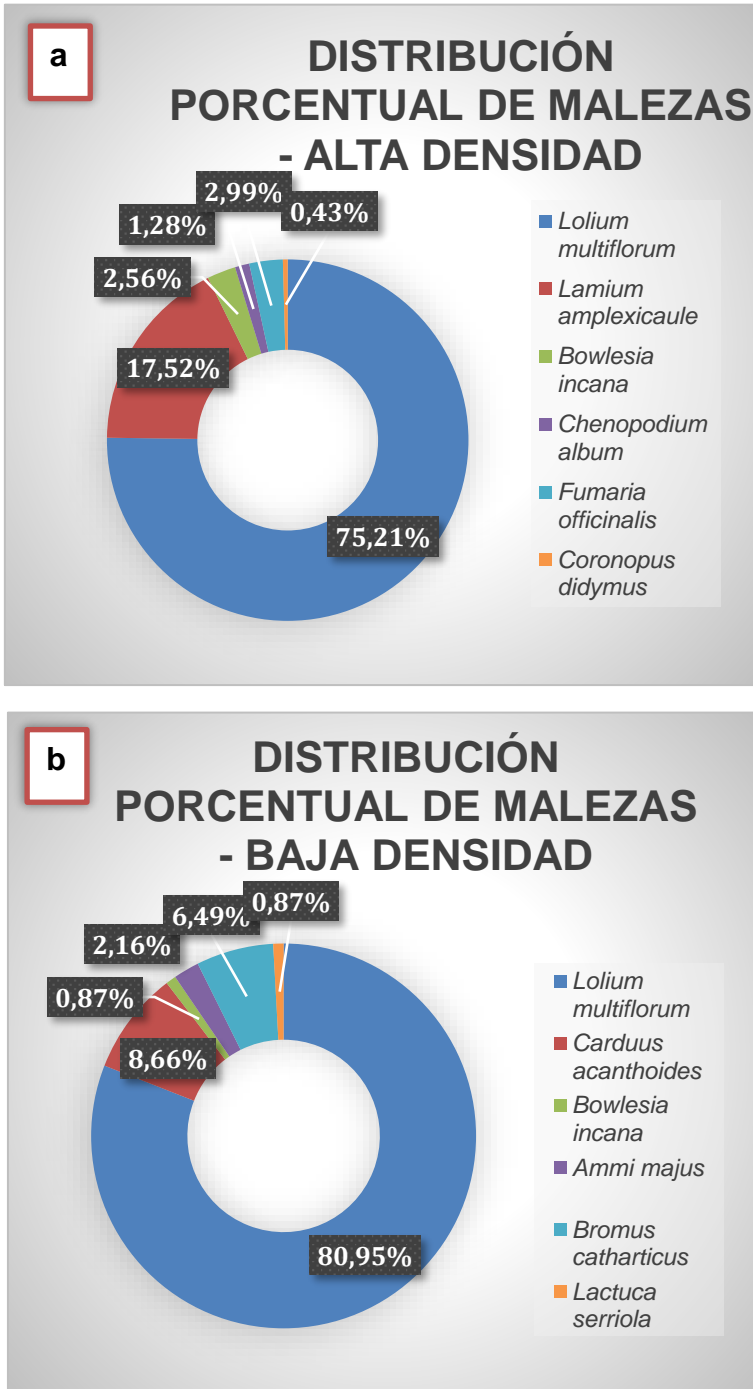
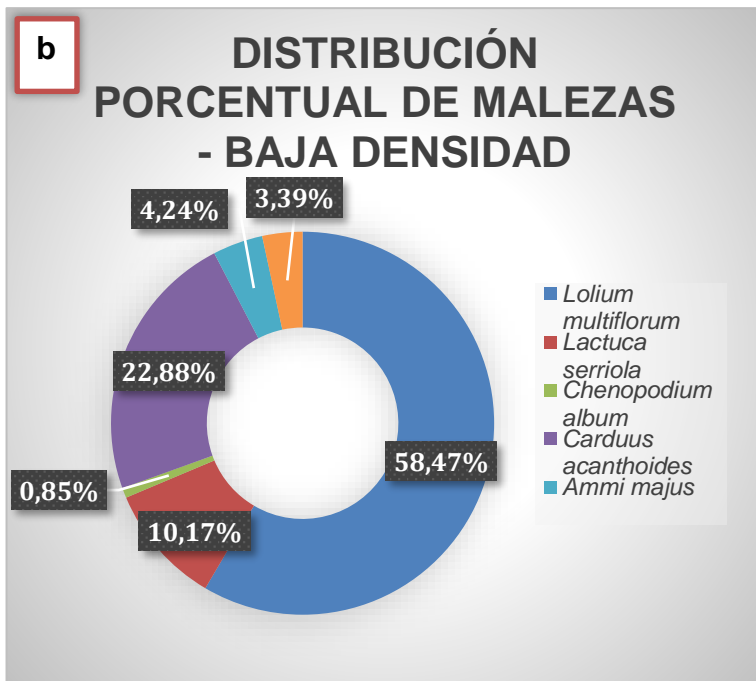


Figura 10. Distribución porcentual de especie de malezas en los tratamientos de alta densidad (a) y baja densidad (b) evaluados durante la segunda fecha. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, septiembre 2024.

Por medio de la obtención de los gráficos de distribución porcentual de especie de malezas en los tres tratamientos evaluados, para la tercera fecha, se observó que en el de alta densidad, la comunidad estuvo compuesta exclusivamente por *Lolium multiflorum* (100%), sin presencia de otras especies (Figura 11, a). Mientras que en el de baja densidad nuevamente el predominio fue de *Lolium multiflorum* (58.47%), acompañado por *Carduus acanthoides* (22.88%), *Lactuca serriola* (10.17%), *Ammi majus* (4.24%), *Bromus catharticus* (3.39%) y *Chenopodium album*

(0.85%) (Figura 11, b). En cuanto al testigo natural, la fuerte dominancia fue de *Lolium multiflorum* (90.79%), con participación secundaria de *Bromus catharticus* (6.58%), *Avena fatua* (1.32%), *Lactuca serriola* (0.88%) y *Lamium amplexicaule* (0.44%) (Figura 11, c).



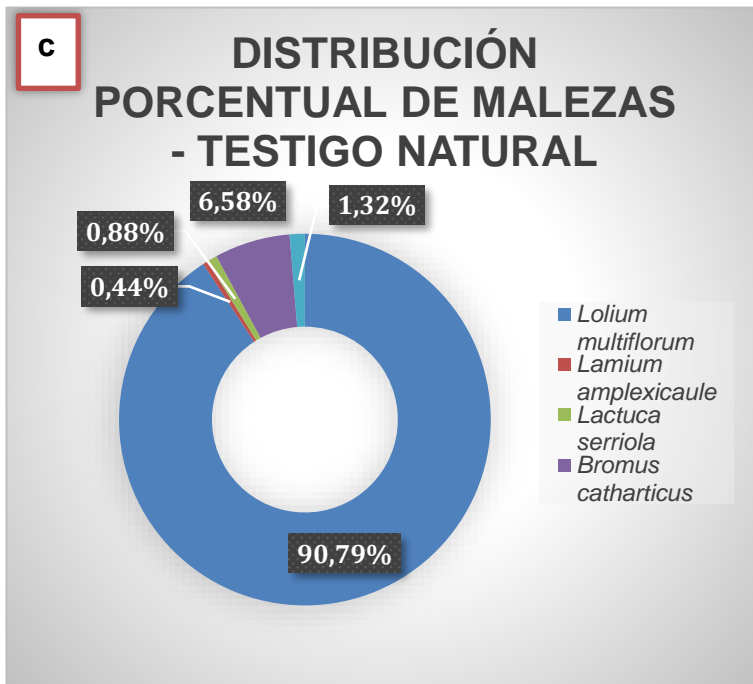
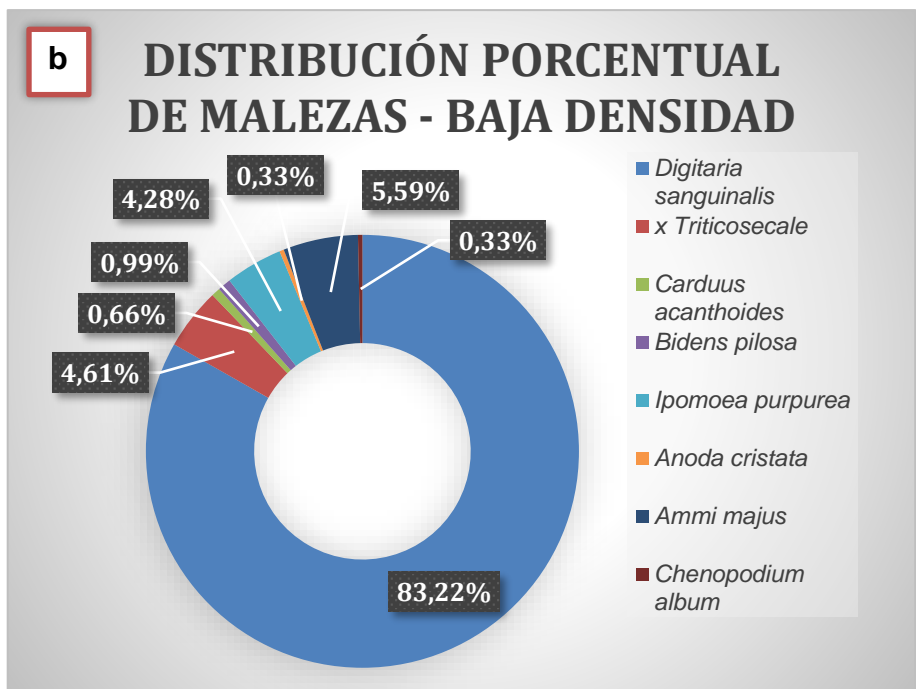
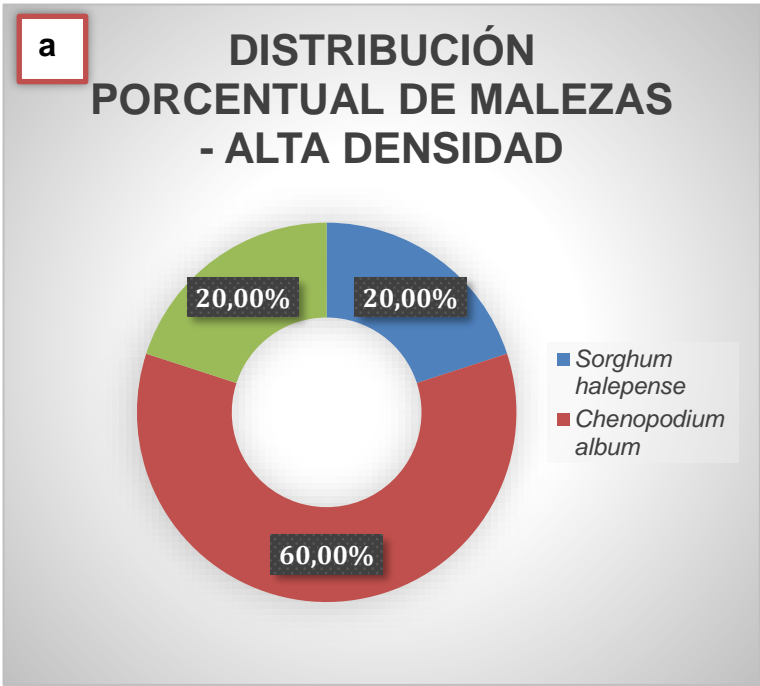


Figura 11. Distribución porcentual de especie de malezas en los tratamientos de alta densidad (a), baja densidad (b) y testigo natural (c) evaluados durante la tercera fecha. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, octubre 2024.

Los gráficos de distribución porcentual de malezas en los tres tratamientos evaluados, para la cuarta fecha, arrojaron como resultado, que, para el tratamiento de alta densidad, la comunidad estuvo compuesta principalmente por *Chenopodium album* (60%), seguido por *Sorghum halepense* (20%) y *Convolvulus arvensis* (20%) (Figura 12, a). Para el de baja densidad hubo predominio de *Digitaria sanguinalis* (83.22%), acompañado por *Ammi majus* (5.59%), *Ipomoea purpurea* (4.28%), x *Triticosecale* (4.61%), *Bromus catharticus* (0.99%), *Carduus acanthoides* (0.66%), *Chenopodium album* (0.33%) y *Anoda cristata* (0.33%) (Figura 12, b). En cuanto al testigo natural, se destacó una comunidad también diversa y equitativa, con predominio de *Digitaria sanguinalis* (26.79%) y *Bidens pilosa* (25%), seguidos por *Bromus catharticus* (21.43%) y *Carduus acanthoides* (15.18%). A su vez se registraron *Cynodon dactylon* (5.36%), *Sorghum halepense* (4.46%), *Lactuca serriola* (0.89%) y *Chenopodium album* (0.89%) (Figura 12, c).



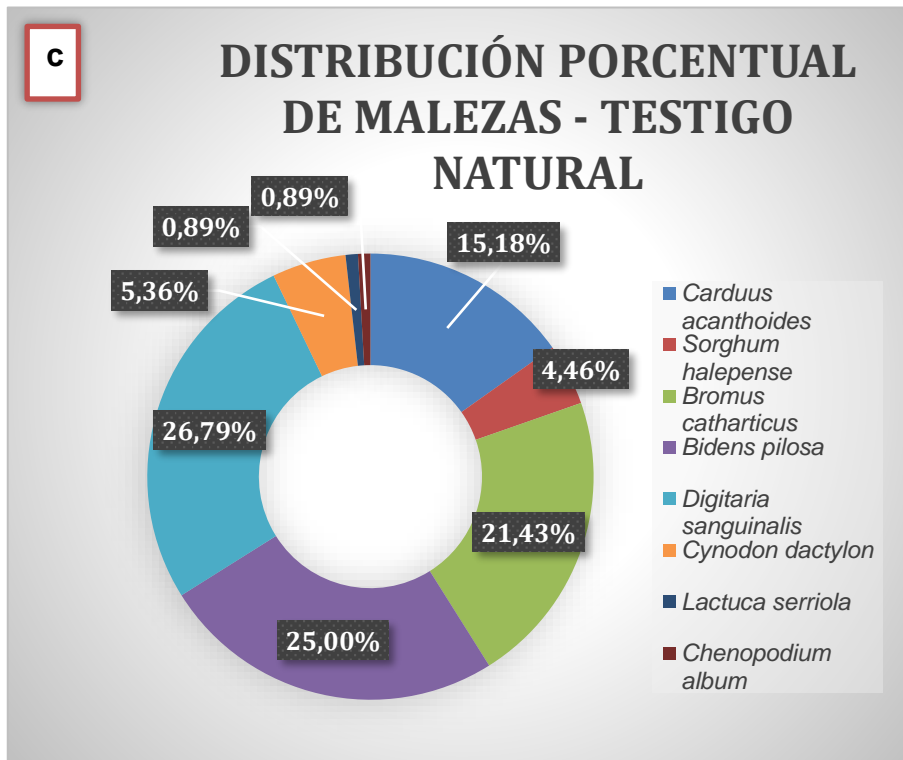
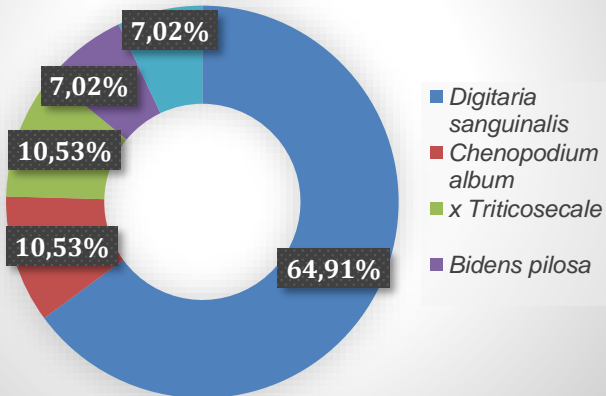


Figura 12. Distribución porcentual de especie de malezas en los tratamientos de alta densidad (a), baja densidad (b) y testigo natural (c) evaluados durante la cuarta fecha. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, diciembre 2024.

De acuerdo a la distribución porcentual de malezas en los dos tratamientos evaluados, por un lado, el de alta densidad, y por el otro lado el testigo natural y para enero de 2025 fecha tuvo como resultado que, para el tratamiento de alta densidad, la comunidad de malezas estuvo dominada por *Digitaria sanguinalis* (64.91%), seguida por *Chenopodium album* (10.53%), *Triticosecale* (10.53%), *Bidens pilosa* (7.02%) y *Sorghum halepense* (7.02%) (Figura 13, a). El testigo natural tuvo predominio de *Bromus catharticus* (66.67%), acompañado por *Stellaria media* (14.29%), *Carduus acanthoides* (9.52%), *Digitaria sanguinalis* (4.76%) y *Chenopodium album* (4.76%) (Figura 13, b).

a

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE MALEZAS - ALTA DENSIDAD



b

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE MALEZAS - TESTIGO NATURAL

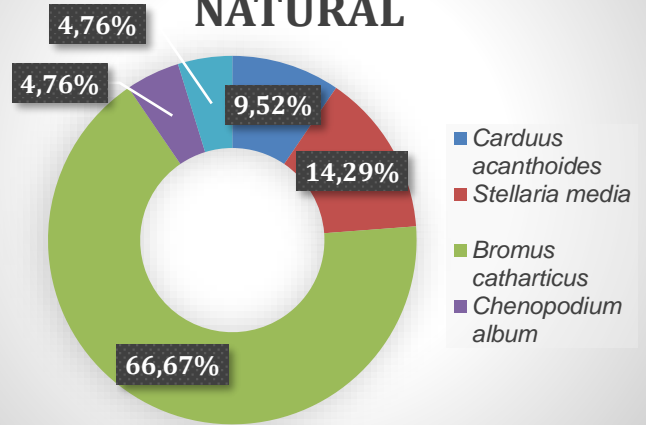


Figura 13. Distribución porcentual de especie de malezas en los tratamientos de alta densidad (a) y testigo natural (b) evaluados durante la quinta fecha. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, enero 2025.

Para la última fecha de evaluación, siendo la misma marzo de 2025, el tratamiento de alta densidad contó con un importante predominio de *Digitaria sanguinalis* (69.35%), acompañado por *Sorghum halepense* (29.03%). Se registraron además especies en baja proporción como *Chenopodium album* (10.53%), *x Triticosecale* (10.53%), *Bidens pilosa* (7.02%), *Ipomoea purpurea* (0.40%) y *Carduus acanthoides* (0.40%) (Figura 14, a). El testigo natural presentó una fuerte dominancia de *Digitaria sanguinalis* (83.46%), con presencia secundaria de *Eleusine indica* (11.15%). También se observó presencia de *Tagetes minuta* (3.46%), *Bidens pilosa* (0.77%), *Ipomoea purpurea* (0.38%), *Amaranthus hybridus* (0.38%) y *Conyza bonariensis* (0.38%) (Figura 14, b).

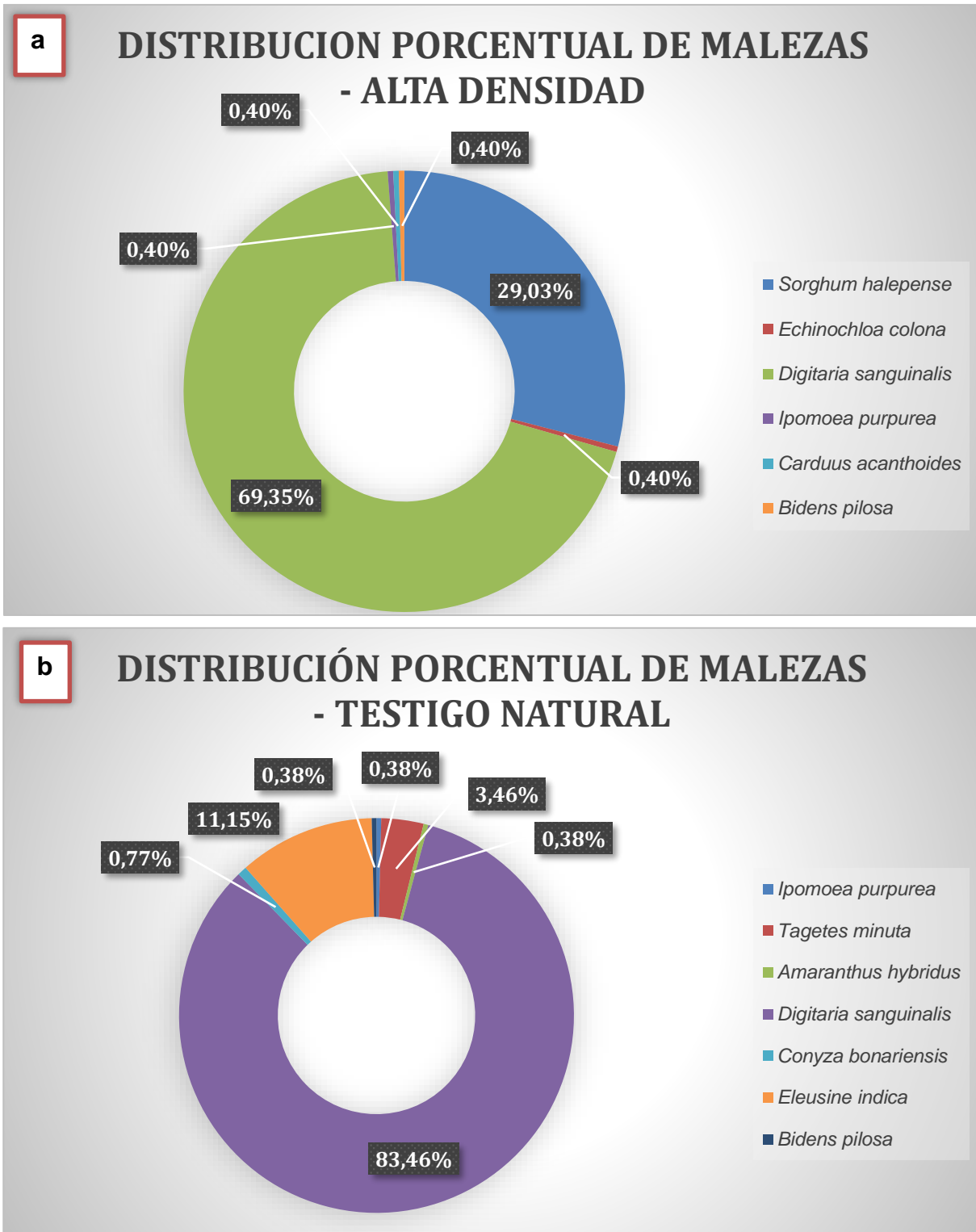


Figura 14. Distribución porcentual de especie de malezas en los tratamientos de alta densidad (a) y testigo natural (b) evaluados durante la sexta fecha. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, marzo 2025.

Discusión

Materia seca aérea de cultivos de cobertura y residuos, materia seca aérea de malezas y número de individuos de malezas.

En alta densidad de CC, los resultados evidencian que, durante las primeras etapas de crecimiento de los CC, hasta puntualmente diciembre 2024 existió una disminución en la MSA y número de individuos de malezas por parte de los CC. Esto puede deberse a la competencia por recursos aéreos y/o subterráneos, coincidiendo con estudios previos, los cuales mostraron que el uso de *Vicia villosa*, (Hassannejad y Mobli, 2014), y *Secale cereale* (Smith y otros, 2020) como CC reducen la materia seca aérea, densidad y diversidad específica de las malezas. Además, diversos trabajos (Norsworthy y otros, 2011; Shaner y Beckie, 2014; Kumar y otros, 2020; Mennan y otros, 2020) destacan la importancia de los CC para el manejo de malezas resistentes, dada la posibilidad de competir con éstas por recursos aéreos y/o subterráneos y de esta manera potencialmente reducir la abundancia de una especie de maleza con una alta capacidad competitiva (Smith y Gross, 2007). Luego, a partir de enero 2025, comienza un aumento progresivo en la variable MSA de malezas, para que finalmente, hacia marzo de 2025 se observe un cambio en la relación cultivo–malezas, con un crecimiento acelerado de estas últimas en su biomasa. No obstante, en cuanto a la variable N.º de malezas se mantuvo constante. Este comportamiento puede explicarse por varios factores. En lo que respecta a las condiciones ambientales, la falta de precipitaciones en diciembre y enero limitó el desarrollo pleno del cultivo de soja, mientras que las malezas, con mayor plasticidad adaptativa, aprovecharon las condiciones de final de verano para expandirse. El incremento de biomasa y número de malezas en marzo sugiere una competencia directa por recursos (agua, nutrientes, luz) en un momento crítico para la soja, afectando su capacidad de sostener el rendimiento potencial. Este hallazgo refuerza la hipótesis de que el grado de control de malezas por parte de los residuos de CC se encuentra influenciado por distintos factores, entre los cuales se destacan: las especies de CC, la MSA generada por cada uno de estos y las especies de malezas presentes (Liebman y Mohler, 2001; Norsworthy y otros, 2011; Mirsky y otros, 2013). La presencia significativa de malezas al final del ciclo representa un riesgo para la productividad y la calidad del cultivo, además de aumentar la presión de semillas viables en el banco de malezas para campañas futuras, generando que la ventaja inicial del cultivo se vea comprometida por la emergencia tardía y el crecimiento acelerado de las malezas.

Por otro lado, en baja densidad de CC, los resultados permiten destacar varios aspectos

relevantes; en primer lugar, el incremento sostenido de la MSA de CC indica que, aun bajo condiciones de baja densidad, las plantas cultivadas poseen una capacidad de compensación mediante mayor desarrollo individual. Esto resulta interesante desde un punto de vista productivo dada la importancia de establecer densidades de siembras adecuadas. En este sentido coincide con los resultados obtenidos del análisis estadístico, solo se vio diferencias en un único momento, previo al rolado. Esto tiene sentido ya que ambas consociaciones se diferenciaban en su densidad. En lo que respecta a la variable MSA de malezas, coinciden las DS obtenidas, con lo representado en los gráficos, si bien son dos tratamientos con distintas densidades, no se encontraron DS entre ambos a lo largo de todo el período de investigación, comparados con el testigo natural, donde si se registraron DS entre estos dos por un lado en comparación con el último mencionado. Sin embargo, no fue así en cuanto al N.º de malezas. Para esta variable y, desde el inicio, se hayan DS entre los tres tratamientos evaluados, la misma se mantiene hasta tener residuos en superficie, donde ya esa DS corresponde al testigo natural y la baja densidad en conjunto, con respecto a la alta densidad. En este caso, la variable se mantuvo por debajo en comparación con los dos restantes tratamientos. En consecuencia, la baja densidad contribuyó a disminuir la MSA de malezas, pero favoreció la aparición de nichos vacíos, generando condiciones propicias para que el N.º de especies de malezas se mantenga variable, con repuntes durante todo el ciclo. Para finalizar, se evidencia gráficamente en el testigo natural un aumento significativo para la variable, lo que nos permitió apoyarnos en los resultados concretos arrojados, que señalan la DS marcada entre el testigo natural y la alta densidad. Por lo tanto, aunque el cultivo logró crecer y aumentar su cobertura, la presión de malezas se intensificó en etapas avanzadas, comprometiendo la eficiencia en el uso de recursos como agua, nutrientes y luz, según investigaciones anteriores. En tal sentido, si la cantidad de residuos es baja a moderada, la humedad del suelo se mantiene y esto puede generar un efecto beneficioso sobre el número de individuos y la MSA de malezas y favorecer la emergencia de éstas (Teasdale y otros, 2007). En definitiva, el tratamiento de baja densidad disminuye la MSA de malezas en superficie, pero no asegura un control efectivo de nuevas emergencias, ocasionando de esta manera la posibilidad de derivar en mayores costos de manejo. Este hallazgo refuerza la importancia de establecer densidades óptimas o implementar prácticas culturales complementarias para garantizar un equilibrio favorable entre las consociaciones de CC, el cultivo posterior y las malezas.

Finalmente, los resultados obtenidos en el testigo natural demuestran que, la disminución en cuanto a la variable N.º de malezas registrada entre agosto y enero puede asociarse a factores ambientales (temperatura y precipitaciones) y a la dinámica natural de las poblaciones de malezas, que tienden a reducirse en condiciones desfavorables. Sin embargo, el aumento

significativo observado en marzo sugiere que las malezas poseen una alta capacidad de resiliencia y pueden recolonizar rápidamente cuando las condiciones vuelven a ser favorables, fenómeno que ha sido reportado en distintos agroecosistemas y que se relaciona con la persistencia del banco de semillas en el suelo (Ghersa & Martínez-Ghersa, 2000). En consecuencia, el testigo natural evidencia la ausencia de control efectivo, mostrando la variabilidad propia de las comunidades espontáneas y su capacidad de regeneración. Por lo tanto, este tratamiento pone de manifiesto la importancia de la intervención agronómica; sin prácticas de manejo, las malezas pueden disminuir temporalmente, pero tienden a recuperar su presencia y biomasa en el mediano plazo.

Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa

Los resultados obtenidos en la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa evidencian diferencias consistentes entre los tratamientos de alta y baja densidad en ambas fechas de evaluación, durante septiembre y octubre de 2024. Para la primera fecha, el tratamiento de alta densidad mostró una intercepción superior al 80%. En concordancia con lo citado, la presencia de CC, aumenta la eficiencia en el uso de la radiación, situación que no se da en ausencia de CC como es el caso de un barbecho químico. Mientras que en el tratamiento de baja densidad apenas superó el 49%. Esta diferencia refleja la capacidad de la cobertura aérea del cultivo en alta densidad para cerrar más rápidamente el surco y maximizar la captación de radiación en etapas tempranas del ciclo. Tal como señala la bibliografía, la radiación solar incide en el crecimiento y desarrollo vegetal. La cantidad disponible de radiación solar incidente es un valor constante que depende de la latitud y de las condiciones de la atmósfera (Acciaresi y otros, 2014).

En la segunda fecha, cuando el desarrollo vegetativo de las consociaciones de CC era más avanzado, ambos tratamientos incrementaron la RFAi, aunque la brecha se mantuvo, el de alta densidad alcanzó valores cercanos al 90%, mientras que el de baja densidad se situó en torno al 61%. Este comportamiento confirma que la densidad de siembra constituye un factor determinante en la dinámica de intercepción de la radiación, ya que condiciona la velocidad y el grado de cierre de la estructura foliar. La mayor intercepción registrada en alta densidad puede favorecer la acumulación de biomasa y la competencia frente a malezas. Sin embargo, también implica un incremento en la competencia intraespecífica por recursos como agua y nutrientes, lo que podría limitar el rendimiento en condiciones restrictivas. Por su parte, la baja densidad, si bien mostró una menor eficiencia en la captación de radiación, podría ofrecer ventajas en términos de menor competencia y mejor desarrollo individual de las plantas. No obstante, ante

condiciones de competencia aérea, las malezas pueden modificar la morfología foliar y del tallo (Delagrange y otros, 2004). Así, las malezas pueden reducir las ramificaciones y aumentar el área foliar, la longitud de pecíolos y entrenudos (Callaway y otros, 2003; Yasin y otros, 2017), como también florecer en estadios de desarrollo más tempranos (Callahan y Pigliucci, 2002). Además, una reducción en la cantidad y modificación en la calidad de la RFA afectan el crecimiento, la MSA y la producción de semillas de las malezas (Yasin y otros, 2017). En conjunto, los resultados sugieren que, para ambas fechas analizadas, en la alta densidad de CC, donde los resultados arrojaron mayor RFAi, ambas variables, MSA de malezas y N.º de malezas, se ven disminuidas, reflejando una competencia mayor por parte de la consociación de CC. Mientras que, para el caso de la baja densidad, a medida que el N.º de malezas disminuye la MSA de malezas se mantiene relativamente constante, evidenciando que la elección de la densidad de siembra, presenta un rol importante para la supervivencia de las mismas en el sistema productivo planteado.

Humedad disponible en el suelo.

Los hallazgos demuestran que la soja enfrentó un escenario de estrés hídrico temprano, lo cual coincide con la falta de precipitaciones en la región durante las semanas posteriores a la siembra. En esta etapa fenológica, la humedad del suelo es determinante para la germinación, el crecimiento radicular y la expansión foliar. La baja disponibilidad de agua observada en el tratamiento de alta densidad explica el poco favorecimiento al desarrollo normal del cultivo, generando plantas menos vigorosas y con menor uniformidad en el lote.

Este comportamiento se alinea con estudios previos que señalan que la soja es particularmente sensible a déficits hídricos en las fases iniciales, ya que afectan la capacidad de la planta para establecer un sistema radicular profundo y eficiente. La falta de lluvias en diciembre y enero limitó la recarga del perfil, reduciendo la capacidad del cultivo de enfrentar etapas posteriores. En consecuencia, el rendimiento potencial se ve comprometido desde el inicio, dado que el estrés hídrico temprano suele tener efectos acumulativos sobre la productividad final.

La escasez de precipitaciones registrada durante este período se tradujo en una restricción hídrica significativa, condicionando la emergencia y el establecimiento de las plantas. En sistemas productivos de Argentina, la disponibilidad hídrica constituye uno de los principales factores que explican la variabilidad del rendimiento de soja, evidenciando la fuerte dependencia del cultivo respecto al agua disponible en el suelo (Aramburu Merlos et al., 2015; Bert et al., 2006).

Los resultados registrados en la presente tesis destacan la importancia de la recarga del perfil

del suelo luego del secado de los CC. En situaciones sin aplicación de herbicidas en donde se priorizó generar una alta cantidad de MSA de CC, los residuos dejados sobre la superficie del suelo generaron la suficiente impedancia física frente a las malezas, pero se vio perjudicado el cultivo estival siguiente en la rotación, en donde los porcentajes de agua registrados en estadios iniciales del cultivo de soja rondaron un promedio de 11,73%.

Especies de malezas

En primer lugar, los resultados muestran que la densidad de siembra influye directamente en la estructura de la comunidad de malezas, y se refuerza durante al menos las tres primeras fechas donde la variable en evaluación era MSA de CC. En alta densidad de CC, *Lolium multiflorum* fue la especie dominante, observándose una mayor participación relativa de otras especies como *Lamium amplexicaule* y *Fumaria officinalis*. Esto sugiere que la presión competitiva no solo favorece a *Lolium*, sino que también permite la emergencia de especies adaptadas a condiciones de alta competencia. Estudios previos han señalado que *Lolium multiflorum* presenta plasticidad y resistencia a herbicidas, lo que explica su predominio en distintos escenarios (Bobadilla et al., 2021; Zhu et al., 2023).

En baja densidad de CC, la dominancia de *Lolium multiflorum* es aún más marcada que en la alta densidad, pero acompañada por la presencia significativa de *Carduus acanthoides* y *Bromus catharticus*. La literatura indica que comunidades con menor presión competitiva tienden a favorecer la aparición de especies secundarias, aunque la dominancia de una gramínea competitiva como *Lolium* puede limitar la diversidad (Zingsheim & Döring, 2024).

La aparición de *Carduus acanthoides* en baja densidad es relevante, dado que esta especie ha mostrado resistencia múltiple a herbicidas en Argentina, lo que representa un desafío para el manejo (Palma-Bautista et al., 2020). Por otro lado, la presencia de *Bromus catharticus* y *Lactuca serriola* en baja densidad refleja la capacidad de especies oportunistas de establecerse cuando la competencia es menor, lo cual coincide con estudios sobre dinámica de malezas en sistemas agrícolas diversificados (Bajwa et al., 2017). En el testigo natural, la dominancia de *Lolium multiflorum* se mantiene, pero con participación secundaria de *Bromus catharticus* y *Avena fatua*. Esto concuerda con estudios realizados por Cornelius y Bradley (2017) donde registraron disminuciones entre 68 a 72% en la emergencia de malezas invernales durante el ciclo de crecimiento y del 41 y 24% en la emergencia de malezas estivales durante la descomposición de los residuos de *Secale cereale* y *Secale cereale/Vicia villosa*, respectivamente.

Cabe destacar que, a partir del rolado de los CC, los resultados muestran un cambio notable en la composición de malezas respecto a las fechas anteriores, reflejando la influencia de la

densidad de siembra y la dinámica natural del sistema. En tal sentido, la bibliografía indica, que los residuos dejados en la superficie del suelo, inhiben o retardan la germinación, emergencia y crecimiento temprano de *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Chenopodium album*, *Polygonum convolvulus*, *Panicum dichotomiflorum*, *Setaria faberi*, *Setaria glauca*, *Taraxacum officinale* (Mirsky y otros, 2011), *Amaranthus hybridus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album* y *Abutilon theophrasti* (Ryan y otros, 2011) por disminución en la penetración de la radiación solar y de la temperatura en la superficie del suelo (Kruidhof y otros, 2009; Vann y otros, 2018). El grado de control de malezas por parte de los residuos de CC se encuentra influenciado por distintos factores entre los cuales se destacan: las especies de CC, la MSA generada por cada uno de estos y las especies de malezas presentes (Liebman y Mohler, 2001; Norsworthy y otros, 2011; Mirsky y otros, 2013). Así, a medida que aumenta la cantidad de MSA producida por los CC, la supresión de malezas es mayor.

En alta densidad, la dominancia de *Chenopodium album* es significativa. La presencia de *Sorghum halepense* y *Convolvulus arvensis* también es relevante, ya que ambas especies son perennes y difíciles de controlar, con capacidad de rebrote y propagación vegetativa (Heap, 2023). En baja densidad, la supremacía de *Digitaria sanguinalis* refleja su capacidad competitiva en ambientes con menor presión. Esta gramínea anual es considerada una de las malezas más agresivas en cultivos de verano, con gran producción de semillas y rápida colonización (Chauhan y Johnson, 2009). La aparición de especies como *Ipomoea purpurea* y *Ammi majus* indica que la menor competencia favorece la emergencia de malezas de ciclo anual y oportunistas.

En el testigo natural, la comunidad fue más diversa, con predominio compartido entre *Digitaria sanguinalis* y *Bidens pilosa*. Esta última es una maleza ampliamente distribuida en sistemas agrícolas de América Latina, con gran capacidad de dispersión y resistencia a herbicidas (González-Andújar y Fernández-Quintanilla, 2004). La presencia de *Cynodon dactylon* y *Sorghum halepense* refuerza la idea de que en condiciones naturales emergen especies perennes que complican el manejo a largo plazo.

En etapas posteriores, hacia los meses de verano, se observa la emergencia de especies estivales. En el tratamiento de alta densidad con soja en crecimiento, se vuelve de suma importancia la dominancia de *Digitaria sanguinalis*, manteniendo la dinámica de presencia de *Chenopodium album* y *Bidens pilosa*, así como también de *Sorghum halepense*, una especie perenne de difícil control y es particularmente relevante en sistemas con soja, ya que puede interferir fuertemente en el rendimiento y persistir a través de rizomas (Heap, 2023). En el caso del testigo natural, la dominancia cambió por *Bromus catharticus*, acompañado por especies secundarias como *Stellaria media* y *Carduus acanthoides*. Y fuerte participación de *Digitaria*

sanguinalis confirmando así su capacidad competitiva en sistemas de verano, pero también acompañada por *Eleusine indica*, otra gramínea anual competitiva que suele prosperar en ambientes disturbados. La aparición de especies como *Tagetes minuta*, *Amaranthus hybridus* y *Conyza bonariensis*, ésta última, es una especie de maleza de ciclo anual, y de crecimiento otoño-invierno-primaveral, y constituye una de las especies de malezas resistentes más frecuentes en el noroeste de la provincia de Buenos Aires. Así, la frecuencia específica fue del cien por ciento entre 2014 y 2019 (Acciaresi y Principiano, 2019). Por su parte la presencia de *Bidens pilosa* en ambos tratamientos refuerza su papel como maleza persistente.

En este contexto cabe destacar que, en ensayos con una consociación en alta densidad de cultivos de cobertura, resulta en una estrategia que puede funcionar como herramienta cultural para disminuir la presencia de malezas, pero también conlleva el riesgo de reducir la diversidad de especies y favorecer la supremacía de alguna problemática. En contraste, en ensayos con baja densidad de CC, si bien existieron diferencias a la hora de controlar determinadas especies, con respecto a la alta densidad, promueve comunidades más diversas, ofreciendo un abanico de posibilidades más amplio de control. De igual manera se comportan los residuos en superficie, una vez roladas las consociaciones de CC. Esto refleja el proceso de control que pueden tener los CC frente a las malezas.

Conclusión

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa que, bajo las condiciones del experimento, las distintas densidades establecidas en las consociaciones de cultivos de cobertura (CC), por sí solas, resultan insuficientes o solo parcialmente efectivas para reducir la emergencia, o controlar malezas en sistemas sin aplicación de herbicidas. Asimismo, se evidenció que las condiciones ambientales desempeñan un papel determinante, tanto en la emergencia de las malezas como en el crecimiento óptimo de los CC y del cultivo posterior. Por lo tanto, dichas condiciones deben ser cuidadosamente consideradas al momento de planificar una producción que contemple este tipo de estrategias de manejo.

Con base en los resultados obtenidos, en ensayos con alta densidad de cultivos de cobertura, se logra afectar a la MSA y emergencia de individuos de malezas, logrando un control parcial, lo que evidenciaría la necesidad de recurrir a prácticas complementarias. En contraste, en ensayos con baja densidad de CC, la misma no fue suficiente para controlar ni evitar la emergencia de nuevas especies.

De la evidencia obtenida se desprende que, considerar la densidad de las consociaciones de CC, resulta en una herramienta eficaz de control cultural, que permitiría dominar la sobrevivencia

de distintas especies de malezas, así como también la emergencia de nuevas especies, pero que, también se debería considerar las condiciones ambientales propicias y el manejo cultural del cultivo posterior, para que el manejo de malezas, resulte eficiente en un planteo sin herbicidas.

De esta manera:

- Se acepta la hipótesis 1 que postula que, las consociaciones de cultivos de cobertura en pie afectan el número de individuos y la materia seca aérea de malezas.
- Se acepta parcialmente la hipótesis 2 que postula que, los residuos de las consociaciones de cultivos de cobertura dejados en la superficie del suelo, disminuyen el número de individuos y la materia seca aérea de malezas.
- En cuanto a la hipótesis 3, la cual postula que, el empleo de las consociaciones de cultivos de cobertura afectan el rendimiento en grano del cultivo siguiente, permanece abierta, ya que los datos obtenidos no permiten confirmar ni refutar su validez.

Investigaciones futuras

- Repetir el experimento en condiciones hídricas similares a la media histórica.
- Evaluar consociaciones con especies menos utilizadas en la zona y su impacto en la dinámica de malezas resistentes.
- Analizar cómo la persistencia de los residuos en superficie (tiempo de descomposición, aporte de alelopatía) influye en la emergencia de malezas.
- Evaluar siembras anticipadas de cultivos de cobertura.

Bibliografía

- Acciaresi, H. A. y S. J. Sarandon. (2002). Manejo de malezas en una agricultura sustentable. 331-362 pp. En: Agroecología, El camino hacia una agricultura sustentable. S.J. Sarandón (ed.). Ediciones científicas americanas. 557 pp.
- Acciaresi, H.; Lavezzari, D. y Principiano, M. (2019). Distribución y abundancia de malezas resistentes y tolerantes a herbicidas en el noroeste de la provincia de Buenos Aires.
- Appleby, A. P. (2005). A history of weed control in the United States and Canada. *Weed Sci* 53:762-768.
- Baraibar, B., Hunter, M. C., Schipanski, M. E., Hamilton, A., & Mortensen, D. A. (2018). Weed suppression in cover crop monocultures and mixtures. *Weed Science*, 66(1), 121- 133.
- Barberi, P. (2002). Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issue? *Weed research*42, 177- 193.
- Bastiaans, L.; D. L. Zhao; N. den Hollander; D. T. Baumann; M. Kruidhof y M. J. Kropff. (2007). Exploiting diversity to manage weeds in agro-ecosystems. In: *Scale and Complexity in Plant System Research: Gene-Plant-Crop Relations*, Spiertz JHJ, Struik PC and van Laar HH (Eds.). Springer, New York, pp: 267-284.
- Beckie, H. J., Ashworth, M. B., & Flower, K. C. (2019). Herbicide resistance management: Recent developments and trends. *Plants*, 8(6), 161.
- Bolsa de Cereales, (2021). Relevamiento de tecnología agrícola aplicada. Cultivos de cobertura. Disponible en: <https://www.bolsadecereales.com/imagenes/retaa/2021-03/220-retaamensualn%C2%BA42-cultivoscobertura.pdf>.
- Brainard DC, Bellinder RR, Kumar V (2011). Grass–legume mixtures and soil fertility affect cover crop performance and weed seed production. *Weed Technol* 25:473–479.
- CASAFE, (2014). Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. Estadísticas, disponible en: <https://www.casafe.org/pdf/2018/ESTADISTICAS/Informe-Mercado Fitosanitarios- 2014.pdf>.
- Cousens, R. D. y S. Mokhtari. (1998). Seasonal and site variability in the tolerance of wheat cultivars to interference from *Lolium rigidum*. *Weed Res.* 38: 301-307.
- Culpepper, A. S. (2006). Glyphosate-induced weed shifts. *Weed Technol.* 20:277– 281.
- Finney, D. M. y Kaye, J. P. (2017). Functional diversity in cover crop polycultures increases multifunctionality of an agricultural system. *Journal of Applied Ecology* 54:509–517.

- Gaines, T. A., Duke, S. O., Morran, S., Rigon, C. A., Tranel, P. J., Küpper, A., & Dayan, F.E. (2020). Mechanisms of evolved herbicide resistance. *Journal of Biological Chemistry*, 295(30), 10307-10330.
- Hamilton, A. (2016). Maximizing the On-Farm Benefits of Cover Crops: Comparing Management Intentions and Ecosystem Service Provisioning. Master's thesis. University Park, PA: Pennsylvania State University.
- Hassannejad, S., & Mobli, A. R. (2014). Effect of living mulches on yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and weed seed productivity in line with sustainable agriculture. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 4(4), 148–154.
- Heap, I. (2023). The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. On line. Internet. Disponible en: www.weedscience.com.
- Holt, J. S.; S. B. Powles y J. A. M. Holtum. (1993). Mechanism and agronomic aspects of herbicide resistance. *Annu. Rev. Plant. Physiol. Plant. Mol. Biol.* 44: 203-229.
- International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) & Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1985). *Descriptors for grain legumes*. Rome: FAO.
- Kruidhof, H. M.; L. Bastiaans y M. J. Kropff. (2009). Cover crop residue management for optimizing weed control. *Plan Soil*, 318: 169-184.
- Krutz, L. J.; M. A. Locke; R. W. Stenriede Jr. (2009). Interactions of tillage and cover crop on water, sediment, and pre-emergence herbicide loss in glyphosate-resistant cotton: implications for the control of glyphosate-resistant weed biotypes. *Journal of Environment Quality* 38, 1240–1247.
- Large, E. C. (1954). *Growth stages in cereals: Illustration of the Feekes scale*. *Plant Pathology*, 3(4), 128–129.
- Lawson A, Cogger C, Bary A, Fortuna AM (2015) Influence of seeding ratio, planting date and termination date on rye-hairy vetch cover crop mixture performance under organic management. *PLOS ONE* 10: e0129597. doi: 10.1371/journal.pone.0129597.
- Liebman, M. y C. L. Mohler. (2001). Weeds and the Soil Environment. In: *Ecological Management of Agricultural Weeds*, Liebman M, Mohler CL and Staver CP (Eds.). Cambridge, UK., pp: 210-268.
- Mirsky SB, Curran WS, Mortensen DA, Ryan MR, Shumway DL. (2011). Timing of cover-crop management effects on weed suppression in no-till planted soybean using a roller-crimper. *Weed Sci* 59:380–389.

- Mortensen, D. A., Egan, J. F., Maxwell, B. D., Ryan, M. R. y Smith, R. G. (2012). Navigating a critical juncture for sustainable weed management. *Bio Science* 62, 75– 84.
- Norsworthy, J. K.; M. McClelland; G. Griffith; S. Bangarwa y J. Still. (2011). Evaluation of cereal and Brassicaceae cover crops in conservation-tillage, enhanced glyphosate-resistant cotton. *Weed Technol.* 25:6–13.
- O'Connell SO, Grossman JM, Hoyt GD, Shy W, Bowen S, Marticorena DC, Fager KL, Creamer NG. (2014). A survey of cover crop practices and perceptions of sustainable farmers in North Carolina and the surrounding region. *Renew Agric Food Syst* 30:550– 562.
- Owen, M. D. K. (2016). Diverse approaches to herbicide- resistant weed management. *Weed Science*, 64, 570– 584. <https://doi.org/10.1614/WS-D-15-00117.1>.
- Peterson, M. A., Collavo, A., Ovejero, R., Shivrain, V., & Walsh, M. J. (2018). The challenge of herbicide resistance around the world: a current summary. *Pest management science*, 74(10), 2246-2259.
- Petit, S.; A. Boursault; M. LeGuilloux; N. Munier-Jolain y X. Reboud. (2011). Weeds in agricultural landscapes. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 31: –309-317.
- Powles, S. (2010). Resistance evolution around the World and Why the Americas will be Number One. *Pan-American Weed Resistance Conference Bios & abstracts*: 5-6.
- Price, A. J.; K. S. Balkcom; L. M. Duzy y J. A. Kelton. (2012). Herbicide and cover crop residue integration for *Amaranthus* control in conservation agriculture cotton and implications for resistance management. *Weed Technol* 26(3):490-498. Reddy, K. N. 2001. Effects of cereal and legume cover crop residues on weeds, yield, and net return in soybean (*Glycine max*). *Weed technol.* 15: 660-668.
- Ryan, M. R; S. B. Mirsky; D. A. Mortensen; J. R. Teasdale y W. S. Curran. (2011). Potential Synergistic Effects of Cereal Rye Biomass and Soybean Planting Density on Weed Suppression. *Weed Science* 2011 59:238–246.
- Scursoni, J. A., Vera, A. C. D., Oreja, F. H., Kruk, B. C., & de la Fuente, E. B. (2019). Weed management practices in Argentina crops. *Weed Technology*, 33(3), 459-463.
- Storkey, J.; Doring, T.; Baddeley, J.; Collins, R.; Roderick, S.; Jones, H. y Watson, C. (2015). Engineering a plant community to deliver multiple ecosystem services. *Ecological Applications* 25:1034–1043.

Teasdale, J. R. (1996). Contribution of cover crops to weed management in sustainable agricultural systems. *J. Prod. Agric.* 9:475–479.

Teasdale, J. R. (2005). Principios y prácticas para el uso de cultivos de cobertura en el manejo de sistemas de malezas. On line. Internet. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s0d.htm>.

Teasdale, J. R.; C. B. Coffman y R. W. Mangum. (2007). Potential long-term benefits of no-tillage and organic cropping systems for grain production and soil improvement. *Agron. J* 99: 1297-1305.

Vann, R. A., Reberg-Horton, S. C., Edmisten, K. L., y York, A. C. (2018). Implications of cereal rye/crimson clover management for conventional and organic cotton producers. *Agronomy Journal*, 110(2), 621-631. Wallace, J. M., Curran, W. S., y Mortensen, D. A. (2019). Cover crop effects on horseweed (*Erigeron canadensis*) density and size inequality at the time of herbicide exposure. *Weed Science*, 67(3), 327-338.

Aapresid. (2026). Malezas resistentes: Monitoreo REM. Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa. <https://aapresid.org.ar/rem/malezas#monitoreo>

Acciaresi, H. A., & Sarandón, S. J. (2002). Manejo de malezas en una agricultura sustentable. En S. J. Sarandón (Ed.), *Agroecología, el camino hacia una agricultura sustentable* (pp. 331–362). Ediciones Científicas Americanas.

Acciaresi, H. A., Sobrero, M. T., & Leguizamón, E. S. (2014). Interacción maleza–cultivo I: competencia, teorías, recursos y factores; estrategias competitivas. En O. A. Fernández, E. S. Leguizamón & H. A. Acciaresi (Eds.), *Malezas e invasoras de la Argentina. Tomo I: Ecología y manejo*.

Acciaresi, H., Lavezzari, D., & Principiano, M. (2019). Distribución y abundancia de malezas resistentes y tolerantes a herbicidas en el noroeste de la provincia de Buenos Aires. <https://inta.gob.ar/documentos/distribucion-y-abundancia-de-malezas-resistentes-y-tolerantes-a-herbicidas-en-el-noroeste-de-la-prov-de-bs-as-0>

Appleby, A. P. (2005). A history of weed control in the United States and Canada. *Weed Science*, 53, 762–768.

Aramburu Merlos, F., Monzón, J. P., Mercau, J. L., Taboada, M., Andrade, F. H., Hall, A. J., Jobbágy, E., & Cassman, K. G. (2015). Potential for crop production increase in Argentina through closure of existing yield gaps. *Field Crops Research*, 184, 145–154. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.10.001>

- Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (Aapresid). (2026). *Malezas – Red de Manejo de Plagas (REM)*. Recuperado de <https://aapresid.org.ar/rem/malezas>
- Bajwa, A. A., Mahajan, G., Chauhan, B. S., & Adkins, S. W. (2017). Nonconventional weed management strategies for modern agriculture. *Weed Science*, 65(6), 723–747.
- Baraibar, B., Hunter, M. C., Schipanski, M. E., Hamilton, A., & Mortensen, D. A. (2018). Weed suppression in cover crop monocultures and mixtures. *Weed Science*, 66(1), 121–133.
- Barberi, P. (2002). Weed management in organic agriculture: Are we addressing the right issue? *Weed Research*, 42, 177–193.
- Bastiaans, L., Zhao, D. L., den Hollander, N., Baumann, D. T., Kruidhof, M., & Kropff, M. J. (2007). Exploiting diversity to manage weeds in agro-ecosystems. En J. H. J. Spiertz, P. C. Struik & H. H. van Laar (Eds.), *Scale and complexity in plant system research* (pp. 267–284). Springer.
- Beckie, H. J., Ashworth, M. B., & Flower, K. C. (2019). Herbicide resistance management: Recent developments and trends. *Plants*, 8(6), 161.
- Bert, F. E., Satorre, E. H., & Podestá, G. P. (2006). Climate and technological trends affecting soybean yields in Argentina. *Climate Research*, 30, 149–157. <https://doi.org/10.3354/cr030149>
- Bobadilla, L. K., Hulting, A. G., Berry, P. A., Moretti, M. L., & Mallory-Smith, C. (2021). Frequency, distribution, and ploidy diversity of herbicide-resistant Italian ryegrass (*Lolium perenne* ssp. *multiflorum*) populations of western Oregon. *Weed Science*, 69(2), 177–185.
- Bolsa de Cereales. (2021). Relevamiento de tecnología agrícola aplicada: Cultivos de cobertura. <https://www.bolsadecereales.com/imagenes/retaa/2021-03/220-retaamensualn%C2%BA42-cultivoscobertura.pdf>
- Bolsa de Cereales. (2024). *Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada (ReTAA) 2023/24*. Buenos Aires: Bolsa de Cereales.
- Brainard, D. C., Bellinder, R. R., & Kumar, V. (2011). Grass–legume mixtures and soil fertility affect cover crop performance and weed seed production. *Weed Technology*, 25, 473–479.
- Callahan, H. S., & Pigliucci, M. (2002). Shade-induced plasticity and its ecological significance in wild populations of *Arabidopsis thaliana*. *Ecology*, 83, 1965–1980.
- Callaway, R. M., Pennings, S. C., & Richards, C. L. (2003). Phenotypic plasticity and interactions among plants. *Ecology*, 84, 1115–1128.

- Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE). (2014). Informe del mercado de fitosanitarios en Argentina. <https://www.casafe.org/>
- Chauhan, B. S., & Johnson, D. E. (2009). Seed germination and seedling emergence of *Digitaria sanguinalis*. *Weed Science*, 57(5), 503–509. <https://doi.org/10.1614/WS-09-046.1>
- Cornelius, C. D., & Bradley, K. W. (2017). Influence of various cover crop species on winter and summer annual weed emergence in soybean. *Weed Technology*, 31, 503–513. <https://doi.org/10.1017/wet.2017.23>
- Cousens, R. D., & Mokhtari, S. (1998). Seasonal and site variability in the tolerance of wheat cultivars to interference from *Lolium rigidum*. *Weed Research*, 38, 301–307.
- Culpepper, A. S. (2006). Glyphosate-induced weed shifts. *Weed Technology*, 20, 277–281.
- Delagrange, S.; Messier, C.; Lechowicz, M. J. y Dizengremel, P. 2004. Physiological, morphological and allocational plasticity in understory deciduous trees: importance of plant size and light availability. *Tree Physiology* 24, 775–784.
- Derksen, D. A., Blackshaw, R. E., & Boyetchko, S. M. (1996). Sustainability, conservation tillage and weeds in Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 76, 651–659.
- Finney, D. M., & Kaye, J. P. (2017). Functional diversity in cover crop polycultures increases multifunctionality of an agricultural system. *Journal of Applied Ecology*, 54, 509–517.
- Gaines, T. A., Duke, S. O., Morran, S., Rigon, C. A. G., Tranel, P. J., Küpper, A., & Dayan, F. E. (2020). Mechanisms of evolved herbicide resistance. *Journal of Biological Chemistry*, 295(30), 10307–10330. <https://doi.org/10.1074/jbc.REV120.013572>
- Ghersa, C. M., & Martínez-Ghersa, M. A. (2000). Ecological correlates of weed seed size and persistence in the soil under different tilling systems. *Field Crops Research*, 67, 141–148.
- González-Andújar, J. L., & Fernández-Quintanilla, C. (2004). Modeling the population dynamics of *Bidens pilosa*. *Weed Research*, 44(4), 264–272. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2004.00397.x>
- Hamilton, A. (2016). *Maximizing the on-farm benefits of cover crops* (Tesis de maestría). Pennsylvania State University.
- Heap, I. (2023). The international survey of herbicide resistant weeds. <https://www.weedscience.org/>

Holt, J. S., Powles, S. B., & Holtum, J. A. M. (1993). Mechanisms and agronomic aspects of herbicide resistance. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 44, 203–229.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). (1972). Carta de suelos de la República Argentina: Serie Pergamino. Buenos Aires: INTA.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2024–2025). Datos meteorológicos históricos: estación Pergamino (precipitaciones y temperatura). INTA.

Irizar AC, Andriulo AE (2017). Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina. Entre Ríos: Ediciones INTA, 249-251.

Kruidhof, H. M., Bastiaans, L., & Kropff, M. J. (2009). Cover crop residue management for optimizing weed control. *Plant and Soil*, 318, 169–184.

Krutz, L. J.; M. A. Locke; R. W. Stenriede Jr. 2009. Interactions of tillage and cover crop on water, sediment, and pre-emergence herbicide loss in glyphosate-resistant cotton: implications for the control of glyphosate-resistant weed biotypes. *Journal of Environment Quality* 38, 1240–1247.

Kumar, V., et al. (2020). Integrating cover crops for weed management in the semiarid US Great Plains. *Weed Science*, 68(4), 311–323.

Lawson A, Cogger C, Bary A, Fortuna AM (2015) Influence of seeding ratio, planting date and termination date on rye-hairy vetch cover crop mixture performance under organic management. *PLoS ONE* 10:e0129597. doi: 10.1371/journal.pone.0129597.

Liebman, M., & Mohler, C. L. (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.

Mennan, H., Jabran, K., Zandstra, B. H., & Pala, F. (2020). Non-chemical weed management in vegetables by using cover crops: A review. *Agronomy*, 10(2), 257.

Mirsky SB, Curran WS, Mortensen DA, Ryan MR, Shumway DL. 2011. Timing of cover-crop management effects on weed suppression in no-till planted soybean using a roller-crimper. *Weed Sci* 59:380–389

Mirsky, S.B., M.R. Ryan, J.R. Teasdale, W.S. Curran, S.C. Reberg-Horton, J.T. Spargo, M.S. Wells, C.L. Keene, and J.W. Moyer. 2013. Overcoming weed management challenges in cover crop-based organic rotational no-till soybean production in the eastern United States. *Weed Technol.* 27:193–203. doi:10.1614/WT-D-12-00078.1

- Mortensen, D. A., Egan, J. F., Maxwell, B. D., Ryan, M. R., & Smith, R. G. (2012). Navigating a critical juncture for sustainable weed management. *BioScience*, *62*, 75–84.
- Norsworthy, J. K., et al. (2012). Reducing the risks of herbicide resistance. *Weed Science*, Special Issue, 31–62.
- O'Connell SO, Grossman JM, Hoyt GD, Shy W, Bowen S, Marticorena DC, Fager KL, Creamer NG. 2014. A survey of cover crop practices and perceptions of sustainable farmers in North Carolina and the surrounding region. *Renew Agric Food Syst* 30:550-562.
- Owen, M. D. K. 2016. Diverse approaches to herbicide-resistant weed management. *Weed Science*, *64*, 570–584. <https://doi.org/10.1614/WS-D-15-00117.1>
- Palma-Bautista, C., et al. (2020). Multiple resistance to herbicides in *Lolium rigidum*. *Frontiers in Plant Science*, *11*, 1–11.
- Peterson, M. A., et al. (2018). The challenge of herbicide resistance around the world. *Pest Management Science*, *74*, 2246–2259.
- Petit, S.; A. Boursault; M. LeGuilloux; N. Munier-Jolain y X. Reboud. 2011. Weeds in agricultural landscapes. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 31: 309-317.
- Powles, S. 2010. Resistance evolution around the world and why the Americas will be number one. Pan-american Weed resistance conference Bios & abstracts: 5-6.
- Price, A. J.; K. S. Balkcom; L. M. Duzy y J. A. Kelton. 2012. Herbicide and cover crop residue integration for *Amaranthus* control in conservation agriculture cotton and implications for resistance management. *Weed Technol* 26(3):490-498.
- Reddy, K. N. (2001). Effects of cereal and legume cover crop residues on weeds. *Weed Technology*, *15*, 660–668.
- Ryan, M. R., et al. (2011). Potential synergistic effects of cereal rye biomass and soybean planting density. *Weed Science*, *59*, 238–246.
- Scursoni, J. A., et al. (2019). Weed management practices in Argentina crops. *Weed Technology*, *33*(3), 459–463.
- Shaner, D. L., & Beckie, H. J. (2014). The future for weed control and technology. *Pest management science*, *70*(9), 1329-1339.
- Smith, R. G., & Gross, K. L. (2007). Assembly of weed communities along a crop diversity gradient. *Journal of Applied Ecology*, *44*, 1046–1056.

- Smith, R. G.; N. D. Warren and S. Cordeau. 2020. Are cover crop mixtures better at suppressing weeds than cover crop monocultures? *Weed Science* 68.2: 186-194.
- Stoate, C., Boatman, N. D., Borralho, R., Carvalho, C. R., de Snoo, G. R., & Eden, P. (2001). Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management*, 63(4), 337–365. <https://doi.org/10.1006/jema.2001.0473>
- Storkey, J., et al. (2015). Engineering a plant community to deliver multiple ecosystem services. *Ecological Applications*, 25, 1034–1043.
- Teasdale, J. R. 1996. Contribution of cover crops to weed management in sustainable agricultural systems. *J. Prod. Agric.* 9:475–479.
- Teasdale, J. R. 2005. Principios y prácticas para el uso de cultivos de cobertura en el manejo de sistemas de malezas. On line. Internet. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s0d.htm>
- Teasdale, J. R.; L. O. Brandsaeter; A. Calegari y F. Skora Neto. 2007a. Cover crops and weed management. Pages 49-64 in MK Upadhyaya and RE Blackshaw, eds. *Non chemical weed management: Principles, concepts and technology*. Wallingford UK: CAB International.
- Vann, R. A., Reberg-Horton, S. C., Edmisten, K. L., y York, A. C. (2018). Implications of cereal rye/crimson clover management for conventional and organic cotton producers. *Agronomy Journal*, 110(2), 621-631.
- Wallace, J. M., Curran, W. S., y Mortensen, D. A. 2019. Cover crop effects on horseweed (*Erigeron canadensis*) density and size inequality at the time of herbicide exposure. *Weed Science*, 67(3), 327-338.
- Yasin, M.; Rosenqvist, E. y Andreasen, C. 2017. The effect of reduced light intensity on grass weeds. *Weed Science*, 65(5), 603-613.
- Zhu, G., et al. (2023). Multiple resistance in *Lolium multiflorum*. *Agronomy*, 13, 216.
- Zingsheim, O., & Döring, T. F. (2024). Crop diversity effects on weed communities. *Agronomy for Sustainable Development*, 44, 1–15.