

**EFFECTO DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA SOBRE LA DIVERSIDAD LOCAL
Y LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA AÉREA DE MALEZAS: UN ENFOQUE
EN LA INTERCEPCIÓN DE RADIACIÓN FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA**

Trabajo Final de Grado

del alumno

GUIDO PUGNI



Este trabajo ha sido presentado como requisito
para la obtención del título de

Ingeniero Agrónomo

Carrera

Ingeniería Agronómica

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.

Pergamino,.....

**EFFECTO DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA SOBRE LA DIVERSIDAD LOCAL
Y LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA AÉREA DE MALEZAS: UN ENFOQUE
EN LA INTERCEPCIÓN DE RADIACIÓN FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA**

Trabajo Final de Grado
del alumno

GUIDO PUGNI

Aprobada por el Tribunal Evaluador

(Nombre y Apellido)

Evaluador

(Nombre y Apellido)

Evaluador

(Nombre y Apellido)

Evaluador

Gabriel Picapietra

Co-Director

Horacio Acciaresi

Director

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.

Pergamino,.....

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1 EL MANEJO DE MALEZAS EN LOS SISTEMAS ACTUALES	2
2.2 LA INTENSIFICACIÓN DE CULTIVOS Y LAS MALEZAS.....	2
2.3 LOS CULTIVOS DE COBERTURA	3
2.4 APORTES PARA UN MANEJO SUSTENTABLE DE MALEZAS	4
3. HIPOTESIS	5
4. OBJETIVOS	5
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
5. MATERIALES Y METODOS.....	6
5.1 ESTRUCTURA DE LA BASE EXPERIMENTAL	6
5.1.1 MÓDULO DE CULTIVOS DE COBERTURA EN ROTACIÓN SOJA-MAÍZ.....	6
5.1.2 MÓDULO DE CULTIVOS DE COBERTURA EN SOJA	7
5.1.3 MATERIA SECA AÉREA (MSA), NÚMERO DE INDIVIDUOS (NI) Y ESPECIES (NS).....	9
5.1.4 RADIACIÓN FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA INTERCEPTADA (PAR)	9
5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	10
6. RESULTADOS	11
6.1 CULTIVOS DE COBERTURA EN ROTACIÓN SOJA-MAÍZ	11
6.1.1 MATERIA SECA AÉREA DE MALEZAS.....	11
6.1.2 DIVERSIDAD Y RIQUEZA DE MALEZAS.....	12
6.1.3 INTERCEPCIÓN DE LA RADIACIÓN FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA INCIDENTE	13
6.1.4 RELACIÓN ENTRE MSA, PAR _i Y LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD Y RIQUEZA	14
6.2 CULTIVOS DE COBERTURA EN SOJA	14
6.2.1 MATERIA SECA AÉREA DE MALEZAS.....	14
6.2.2 DIVERSIDAD Y RIQUEZA DE MALEZAS.....	15
6.2.3 INTERCEPCIÓN DE LA RADIACIÓN FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA INCIDENTE	16
6.2.4 RELACIÓN ENTRE MSA, PAR _i Y LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD Y RIQUEZA	17

7. DISCUSIÓN.....	17
7.1 MATERIA SECA AÉREA DE MALEZAS.....	17
7.2 DIVERSIDAD Y RIQUEZA DE LA COMUNIDAD DE MALEZAS.....	18
7.3 INTERCEPCIÓN DE LA RADIACIÓN FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA	19
7.4 CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES MSA, PAR _i , DIVERSIDAD Y RIQUEZA ESPECÍFICA.....	19
8. CONCLUSIONES.....	21
9. BIBLIOGRAFIA	22

Efecto de los cultivos de cobertura sobre la diversidad local y la producción de materia seca aérea de malezas: un enfoque en la interceptación de radiación fotosintéticamente activa

1. RESUMEN

El manejo de malezas durante el período de barbecho otoño-invernal se convirtió en una problemática creciente en los últimos años en la región noroeste de la provincia de Buenos Aires, dada por diversos factores productivos, entre los que se destacan la selección de especies tolerantes y resistentes a los mecanismos de acción de herbicidas más ampliamente utilizados. Una alternativa para el manejo es la siembra de cultivos de cobertura (CC) otoño-invernales que, además de brindar beneficios como la reducción de la erosión, el aporte de materia orgánica, la mejora de la estructura del suelo, entre otros, contribuyen al manejo de malezas. El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes cultivos de cobertura y determinar la relación entre la materia seca aérea y diversidad de malezas y la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) de distintos cultivos de cobertura.

Para esto se realizaron dos experimentos con diferentes CC como antecesores de maíz y soja, en contraste con alternativas químicas de control de malezas. En ambos experimentos se cuantificó la materia seca aérea (MSA) producida por las malezas en distintos momentos a lo largo de un año productivo (CC-maíz y CC-soja). También se cuantificó la radiación fotosintéticamente activa incidente e interceptada en los distintos tratamientos. Asimismo, para evaluar el comportamiento de la comunidad de malezas presente, se cuantificó el número de individuos por especie y se calcularon índices de diversidad y riqueza específica efectiva.

Se pudo observar que los CC fueron eficientes moduladores del enmalezamiento respecto a las alternativas de BQ. También se encontraron diferencias a favor de la vicia pura, vicia en mezcla con avena y nabo como supresores del crecimiento de malezas como antecesores de maíz, respecto a CC de gramíneas puras, siendo la cebadilla la más deficiente. Del mismo modo los CC incidieron diferencialmente sobre la composición de la comunidad de malezas. El efecto de interceptación de la PAR por parte de los CC demostró ser de gran importancia para el control del enmalezamiento.

2. INTRODUCCIÓN

A las malezas se las pueden definir como plantas adaptadas a hábitats alterados por el hombre y que, en un momento determinado, interfieren con las actividades humanas (Baker, 1974; Holzner, 1978). Son consideradas como la adversidad biótica más importante que puede afectar a los cultivos extensivos debido, principalmente, a que pueden reducir su rendimiento y calidad, como así también dificultar el proceso de cosecha (Rodríguez et al., 2019).

2.1 El manejo de malezas en los sistemas actuales

En los últimos años, los sistemas de producción de cultivos en la región Pampeana han experimentado un cambio rotundo, principalmente por la reducción del laboreo mecánico del suelo y la simplificación de las tareas para el control de adversidades (Satorre, 2011). El aumento de superficie bajo siembra directa (SD) produjo una mayor prevalencia de especies anuales gramíneas y latifoliadas de semilla pequeña, mientras que uso de herbicidas como principal metodología de control favoreció la selección de malezas tolerantes y resistentes a distintos herbicidas (Appleby, 2005).

El uso de herbicidas en nuestro país en los últimos años ha mostrado un destacado crecimiento, donde entre 1991 y 2011 se ha registrado un incremento de 19,7 millones de kg/l a 252,1 millones de kg/l de producto formulado (Moltoni, 2012). Más precisamente, en la región del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, el consumo interanual de herbicidas de diversas familias químicas ha tenido un crecimiento paulatino entre las campañas 2017/18 y 2019/20 (Acciaresi y Principiano, 2020). Este aumento en el uso de herbicidas se correlaciona, además, con el incremento de selección y detección de biotipos de malezas resistentes (Rem, 2017).

2.2 La intensificación de cultivos y las malezas

La rotación de cultivos en la región Pampeana es ciertamente dependiente de los precios internacionales de los granos, donde en determinadas campañas el 70% de la superficie se encuentra cultivada con soja de primera, la cual incluye al monocultivo de soja o a la rotación con maíz, principalmente, y en menor medida a la rotación maíz-soja-trigo/soja (Abelleyra y Veron, 2020). La intensificación de cultivos, obtenida al agregar más de un cultivo por ciclo agrícola, no solo mejora la productividad de los cultivos de grano (Hisse et al., 2022), sino que tiene un gran impacto en la estructura

de la comunidad de malezas y contribuye a la reducción del uso de herbicidas (de la Fuente et al., 2021).

De esta manera, la secuencia de cultivos diversificada, con diferente estructura y que tengan un aporte de residuos en el lote puede alterar el proceso de enmalezamiento. Por ejemplo, los cultivos de invierno como trigo o colza pueden afectar la emergencia de algunas especies de malezas durante el período del cultivo y, aun después de la cosecha, los residuos de estos pueden afectar a la emergencia y establecimiento de malezas de primavera-verano (Oreja et al., 2021).

El proceso de germinación de muchas malezas se inicia al superar la dormición de sus semillas que, entre otros factores, se induce por la influencia de la radiación solar y los cambios de temperatura en la superficie del suelo (Benech-Arnold et al., 2014). Es por eso que los residuos en superficie actúan como moduladores de la germinación, debido a que pueden atenuar la llegada de estas señales ambientales a la superficie del suelo, o bien, debido a una impedancia física que le significa a la plántula emergente (Teasdale y Mohler, 2000).

2.3 Los cultivos de cobertura

Los cultivos de cobertura (CC) son especies vegetales que se siembran entre dos cultivos de verano destinados a producir granos, sin que su objetivo sea su incorporación al suelo, su pastoreo o cosecha y pueden contribuir a la sustentabilidad de los sistemas agrícolas extensivos mediante un manejo racional de malezas y con una menor utilización de herbicidas (Reddy, 2001).

Existen numerosos beneficios que brindan los CC, entre ellos, se destacan el aporte de N al suelo por fijación biológica (cuando se siembra una leguminosa como lo es el cultivo de vicia), contribuyen al aumento de la materia orgánica del suelo y mejoran la estructura y la estabilidad del suelo y sus macroporos (Ridley, 2013). Como consecuencia del aumento en la porosidad, el suelo adquiere una mayor capacidad de infiltración y almacenamiento de agua, al mismo tiempo que los CC previenen el ascenso de sales a los horizontes superiores, entre otras características (de Sá Pereira et al., 2013).

Por otra parte, los CC contribuyen al manejo de malezas por sus efectos supresores tanto durante el ciclo de vida, como así también luego de finalizarlos mediante el efecto

de sus residuos. Cuando los CC están vivos, limitan la disponibilidad de recursos aéreos (radiación fotosintéticamente activa (PAR)) y subterráneos (agua y nutrientes), imposibilitando así que las malezas emerjan y logren desarrollarse adecuadamente. Asimismo, al no permitir que la radiación llegue a la superficie del suelo, se ven altamente disminuidas las posibilidades de germinación de nuevos individuos (Bastiaans et al., 2008).

Cuando el ciclo del CC alcanza la floración se procede a su finalización, que puede ser mecánica (mediante rolo) o química (mediante aplicación de herbicidas). Aun finalizados, el efecto supresor de los CC continúa ya que sus residuos en superficie pueden lograr una interferencia en el enmalezamiento. La cantidad de residuos en superficie y su distribución sobre el suelo es muy variable y depende del CC empleado, pero es sabido que aquellos que dejan muchas capas compactas de residuos con pocos espacios vacíos internos son los más favorables para reducir la emergencia de malezas (Teasdale y Mohler, 2000).

2.4 Aportes para un manejo sustentable de malezas

Además de los efectos supresores directos de los CC sobre las malezas, se pueden interferir en el proceso de enmalezamiento de forma indirecta, generando en el suelo hábitats propicios para el crecimiento de insectos depredadores de semillas (Shelton & Badenes-Pérez, 2006). Este conjunto de prácticas podría lograr un adecuado manejo de malezas, con lo cual es factible pensar que en el largo plazo disminuya el banco edáfico de semillas de malezas y reducir, de esta manera, los niveles de infestación (Teasdale & Mohler, 1993; Davis & Liebman, 2003; Teasdale et al., 2007; Shearin et al., 2008).

Es ampliamente conocida la importancia que tiene la biodiversidad sobre los agroecosistemas, pues esta la provee servicios ecosistémicos más allá de la producción de cultivos, a través del reciclaje de nutrientes, el control del microclima local, la regulación de especies de malezas y de insectos potencialmente benéficos, entre otros (Altieri, 1999). El empleo de CC resulta, entonces, en un desafío significativo que puede contribuir al aumento de la biodiversidad y, al mismo tiempo, mitigar el impacto negativo de las malezas en la productividad (Barberi, 2002).

Sabiendo que la mayoría de los sistemas de producción de cultivos extensivos carecen de programas de rotación y diversificación, que se basan fundamentalmente

en el uso de herbicidas como único método de control de malezas y que los CC contribuyen a reducir el impacto negativo de las malezas, en este trabajo se estudió el efecto de CC y barbechos químicos (BQ) sobre la producción de materia seca aérea de malezas y la diversidad local de especies con foco en la intercepción de PAR durante el barbecho y el cultivo, para la producción de maíz y soja.

3. HIPOTESIS

- Los cultivos de cobertura otoño-invernales contribuirían a disminuir la producción de materia seca aérea de malezas durante el barbecho previo a la siembra de maíz y soja.
- Los cultivos de cobertura aumentarían la diversidad local y la riqueza específica de la comunidad de malezas con respecto a un barbecho químico.
- La mayor acumulación de materia seca aérea de malezas, junto con la mayor diversidad local y riqueza específica estaría asociada a una menor intercepción de la radiación fotosintéticamente activa por parte de los cultivos de cobertura.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de los cultivos de cobertura en contraste con barbechos químicos sobre la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa y su incidencia sobre la producción de materia seca aérea de malezas y la diversidad específica.

4.2 Objetivos específicos

- Determinar cuantitativamente la diversidad y abundancia de las malezas emergidas durante el período de barbecho y del cultivo de soja y maíz.
- Cuantificar las variaciones en la radiación fotosintéticamente activa interceptada por los distintos cultivos de cobertura.
- Evaluar la materia seca aérea de malezas durante el período de barbecho y en los cultivos de maíz y soja.

5. MATERIALES Y METODOS

Los estudios se llevaron a cabo en 2015 en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) de Pergamino, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (33,94° S, 60,56° O). Se utilizó un experimento de largo plazo de CC, iniciado en 2005, conducido bajo dos niveles de fertilización en SD, con una rotación de dos años maíz-soja, con ocho alternativas de CC y un BQ. Además, se utilizó un segundo experimento de largo plazo, iniciado en 2013, con tres alternativas de CC y dos BQ en un esquema bajo monocultura de soja.

5.1 Estructura de la base experimental

5.1.1 Módulo de cultivos de cobertura en rotación soja-maíz

Para este experimento se utilizó un diseño de parcelas divididas, en bloques completos aleatorizados con 3 repeticiones. La parcela mayor (10 m x 30 m) correspondió a la alternativa de barbecho, incluyendo ocho CC y un BQ. La subparcela (5 m x 30 m) se asoció al nivel de fertilización mediante el uso de urea (46-0-0) en dosis de 0 y 32 kg N ha⁻¹ aplicada en el cultivo de maíz en V3 (Ritchie & Hanway 1982).

Los CC, sembrados después de la cosecha de soja (24/04), fueron: cebada forrajera (*Hordeum vulgare* L.), ray grass (*Lolium multiflorum* L.), avena (*Avena sativa* L.), cebadilla (*Bromus unioloides* L.), vicia (*Vicia sativa* L.), colza (*Brassica napus* L.) y nabo forrajero (*Raphanus sativus* L.), utilizando densidades de siembra de 70, 20, 80, 25, 70, 5 y 20 kg semilla ha⁻¹, respectivamente. Además, se incluyó una parcela con la consociación de avena y vicia sembrada con densidades de 20 y 40 kg semilla ha⁻¹, respectivamente. De esta manera se establecieron 9 parcelas mayores, que incluyeron 2 subparcelas cada una y, con sus 3 repeticiones, se obtuvieron 54 unidades muestrales.

Al momento de la siembra, todos los CC fueron fertilizados con superfosfato simple de calcio (0 - 9.5 - 0 + S 12 + Ca 20) a razón de 70 kg ha⁻¹. En preemergencia (28/04) se aplicaron 1,08 kg e.a. ha⁻¹ de glifosato en todo el lote. Seguidamente, el 23/07 se reiteró la aplicación del herbicida únicamente en las parcelas de BQ. La finalización de los CC se realizó el 21/08 con la aplicación de una mezcla de glifosato (1,08 kg e.a. ha⁻¹) y 2,4-D (0,48 kg e.a. ha⁻¹). Transcurridos 45 días después de la finalización de

los CC se sembró el cultivo de maíz (Híbrido DK747VT3P) a una distancia entre hileras de 0,70 m y una densidad de 80.000 semillas ha⁻¹. En postemergencia se realizó la aplicación de una mezcla de glifosato (1,08 kg e.a. ha⁻¹), topramezone (0,10 l ha⁻¹) y atrazina (3,00 l ha⁻¹).

La primera evaluación se realizó en el mes de julio, cuando las gramíneas de los CC se encontraron en macollaje, donde se determinó la materia seca aérea (MSA), el número de individuos (NI) y el número de especies (NS) de malezas. Al mismo tiempo se cuantificó la radiación fotosintéticamente activa (PAR) incidente y transmitida a través del canopeo de los cultivos. En agosto se reiteró la medición de MSA, NI y NS y al momento de la siembra de maíz en octubre, se determinó MSA, NI, NS y PAR. Luego, en V3, en VT (panojamiento) y en madurez fisiológica del maíz (Ritchie & Hanway 1982) se midió MSA, NI, NS y PAR (Figura 1).

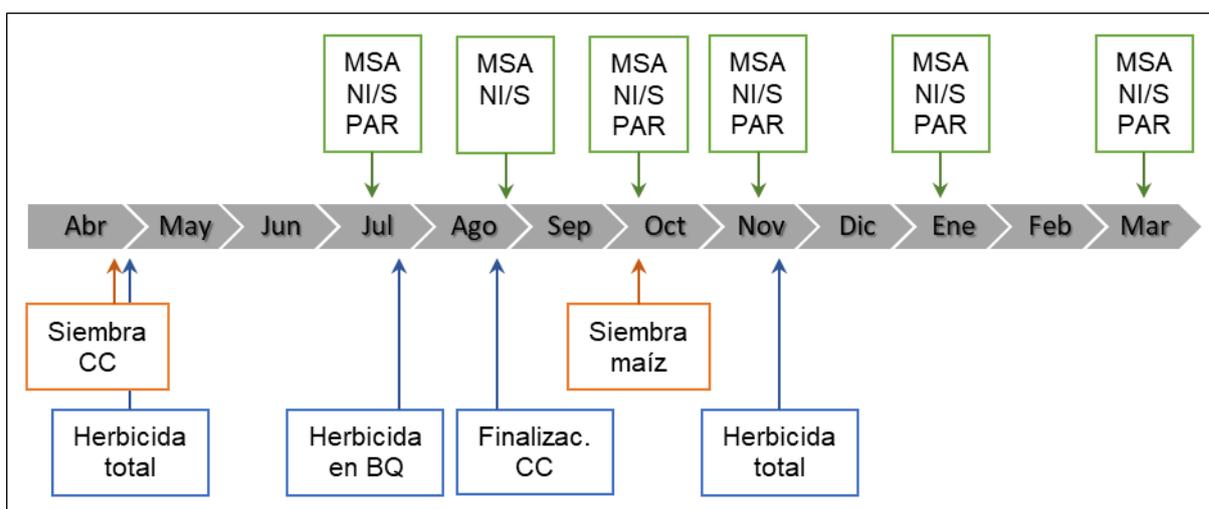


Figura 1. Cronología de las actividades experimentales, como la siembra (cuadros naranjas), las aplicaciones de herbicidas (cuadros azules) y las evaluaciones (cuadros verdes) de cuantificación de la materia seca aérea de malezas (MSA), número de individuos y especies (NI/S) y medición de radiación fotosintéticamente activa (PAR). EEA INTA Pergamino, campaña 2015/16.

5.1.2 Módulo de cultivos de cobertura en soja

En este experimento se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. Se evaluaron cinco tratamientos correspondientes a tres alternativas de CC y dos de BQ, en parcelas de 25 m x 10 m. Los CC, que se sembraron el 29 de

julio luego de la cosecha de soja, fueron avena (*Avena sativa* L.), centeno (*Secale cereale* L.) y triticale (*x Triticum-secale*), con densidades de 114, 60,5 y 131 kg ha⁻¹, respectivamente. La finalización de los CC fue el 20/11 con glifosato (1,08 kg e.a. ha⁻¹) y 2,4-D (0,48 kg e.a. ha⁻¹).

Una de las alternativas de BQ, de aquí en adelante denominada BQ1, correspondió a la rotación del uso de herbicidas con diferente mecanismo de acción, para lo cual se aplicó clorimuron (0,02 kg i.a. ha⁻¹) en barbecho largo y metribuzina (0,48 kg i.a. ha⁻¹) en presiembra, ambos en mezcla con glifosato (1,08 kg e.a. ha⁻¹) y 2,4-D (0,48 kg e.a. ha⁻¹). La otra alternativa, denominada BQ2, correspondió a la utilización de herbicidas sin consideración de la rotación de mecanismos de acción, con predominio de inhibidores de la enzima Aceto Lactato Sintasa (ALS). Para ello se aplicó el mismo tratamiento en barbecho largo (clorimuron, glifosato y 2,4-D) y diclosulam (0,03 kg i.a. ha⁻¹) en presiembra.

El 20/12 se sembró soja a una distancia entre hileras de 0,70 m y una densidad de 25 pl m⁻². Además, antes del cierre del surco se realizó una aplicación de glifosato (1,08 kg e.a. ha⁻¹) y cletodim (0,20 kg i.a. ha⁻¹) en todo el lote.

Durante el período de barbecho se realizaron tres determinaciones de MSA, NS, NI y PAR, las cuales coincidieron con 70, 90 y 100 días después de la siembra de los CC. Luego de la emergencia de soja se realizaron tres determinaciones de MSA, NS y NI, coincidiendo con los estadíos V3, R3 y R8 (escala de Fehr y Caviness 1971) y dos mediciones de PAR, en V3 y R5 (Figura 2).

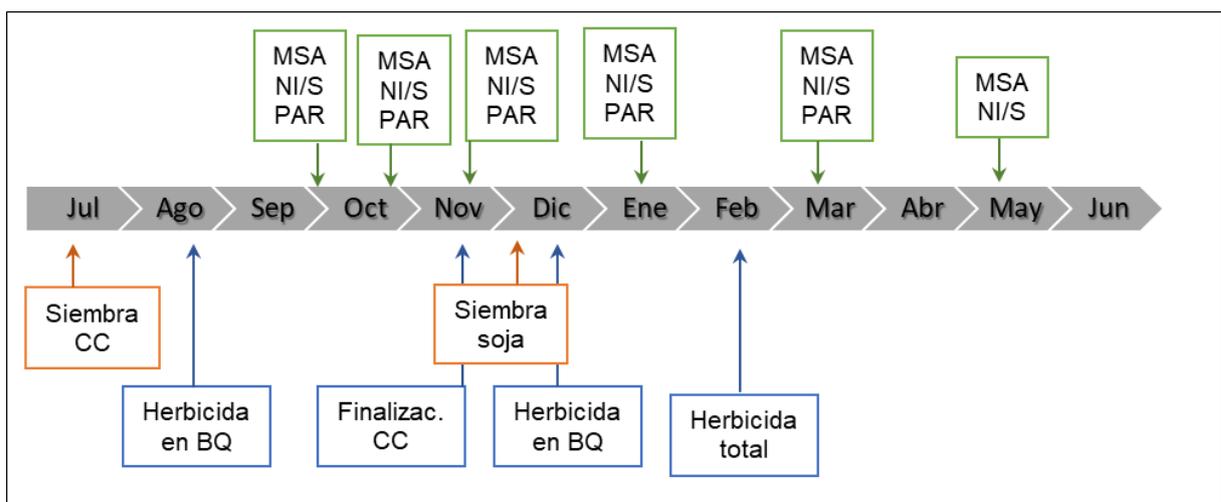


Figura 2: Cronología de las actividades experimentales, como la siembra (cuadros naranjas), las aplicaciones de herbicidas (cuadros azules) y las evaluaciones (cuadros 8

verdes) de cuantificación de la materia seca aérea de malezas (MSA), número de individuos y especies (NI/S) y medición de radiación fotosintéticamente activa (PAR). EEA INTA Pergamino, campaña 2015/16.

5.1.3 Materia seca aérea (MSA), número de individuos (NI) y especies (NS)

Los muestreos de malezas se realizaron al azar dentro de la zona central de cada parcela o subparcela, con un marco metálico de 0,25 m². Se registró el número de individuos de cada una de las especies, luego fueron cortadas a nivel del suelo, se colocaron en sobres de papel y se llevaron a una estufa a 55 °C por 48 hs, para obtener el valor de MSA mediante una balanza digital (d=0,01 g).

La determinación de la riqueza específica y de la diversidad de la comunidad de malezas se calcularon mediante los índices de diversidad de Shannon (Ec. 1), equitatividad de Shannon (Ec. 2) y riqueza específica efectiva (Ec. 3) (Scursoni y Satorre, 2010).

$$H' = - \sum P_i \ln P_i \quad (\text{Ec. 1})$$

$$E = H' (\ln S)^{-1} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$eH' = e^{H'} \quad (\text{Ec. 3})$$

siendo H' el índice de diversidad, P_i la proporción del número total de individuos de la especie i , E la equitatividad, S el número de especies por parcela y eH' la riqueza específica efectiva (McCune & Grace, 2002).

5.1.4 Radiación fotosintéticamente activa interceptada (PAR)

La medición de la radiación solar se efectuó con un medidor cuántico lineal (1 m) (AccuPar, PAR-80, Decagon Devices Inc., Pullman, EEUU), determinándose la cantidad de radiación transmitida a través del canopeo del CC y las malezas y posteriormente en los cultivos de soja y maíz, en distintas posiciones del canopeo (sobre el canopeo, tercio superior, tercio medio y sobre la superficie del suelo).

Para realizar las mediciones se escogieron días con el cielo despejado (sin nubosidad) y sin viento, para evitar interferencias y disminuir el error de la lectura. Además, el momento del día fue entre las 11:00 hs. y las 13:00 hs, horario en que la radiación incidente es máxima y plena.

5.2 Análisis estadístico

Para el experimento de CC en rotación soja-maíz se postuló un modelo de parcelas divididas (Ec. 4):

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \rho_k + \delta_{ik} + \beta_j + (\tau * \beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (\text{Ec. 4})$$

donde Y_{ijk} es la variable respuesta (MSA de malezas, PAR, H', E y eH'), μ es la media general, τ el efecto del i ésimo tratamiento de barbecho (CC o BQ), ρ es el efecto del k ésimo bloque, δ el error aleatorio de la parcela mayor, β el efecto del j ésimo nivel de fertilización, $\tau * \beta$ es la interacción y ε el error aleatorio de la subparcela.

Para el experimento de CC y BQ en soja se postuló un diseño en bloques (Ec. 5):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad (\text{Ec. 5})$$

donde Y_{ij} es la variable respuesta (MSA de malezas, PAR, H', E y eH'), μ es la media general, τ es el efecto del i ésimo tratamiento de barbecho (CC o BQ), β el efecto del j ésimo bloque y ε el error aleatorio de la parcela.

En ambos experimentos se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) para evaluar los efectos de los cultivos de cobertura en todas las variables medidas. El modelo estadístico consideró los bloques como efectos aleatorios, en tanto que los cultivos de cobertura se consideraron efectos fijos. Las medias de tratamientos se compararon por medio del test LSD ($p < 0,05$).

Posteriormente se realizó una comparación entre las variables MSA, PAR_i, diversidad y riqueza específica en función de los tratamientos de barbecho a través de un análisis de componentes principales (ACP) y se obtuvieron las matrices de los coeficientes y probabilidades de correlación ($\alpha = 0,05$). Estas comparaciones se hicieron en tres momentos: i) durante el barbecho, coincidiendo con 70-75 días después de la siembra (dds) de los CC, ii) alrededor de la siembra de los cultivos de verano y iii) cuando los cultivos de verano se encontraron entre V3-V4.

Todos los análisis fueron realizados en el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2019).

6. RESULTADOS

6.1 Cultivos de cobertura en rotación soja-maíz

6.1.1 Materia seca aérea de malezas

En el primer muestreo a los 75 días después de la siembra de los CC, se observaron variaciones significativas ($p < 0,05$) en la MSA de malezas. Las parcelas con cebadilla, vicia y colza fueron las que presentaron una cantidad significativamente mayor de MSA de malezas ($45, 50$ y 54 g m^{-2} respectivamente), en tanto que en las parcelas con nabo se suprimió la MSA de malezas hasta 7 g m^{-2} (figura 3).

Al momento de la finalización de los CC, la variación en la MSA de malezas también fue estadísticamente significativa ($p < 0,05$) y, al igual que en el momento anterior, las parcelas con cebadilla y colza presentaron la mayor MSA de malezas (38 y 39 g m^{-2} , respectivamente), mientras que las parcelas con vicia, raigrás, nabo y la consociación de avena/vicia, mostraron la menor MSA de malezas (promedio entre 4 y 9 g m^{-2}).

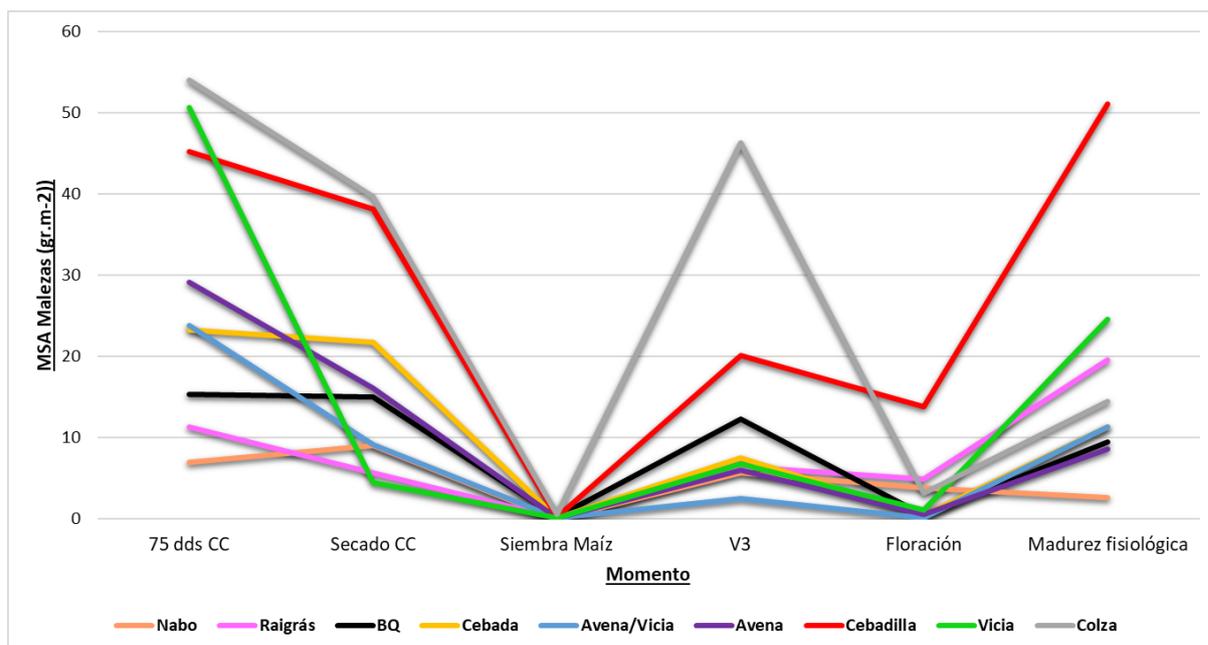


Figura 3. Materia seca aérea de malezas (MSA, g m^{-2}) desde los 75 días posteriores a la siembra de los CC (75 dds CC) hasta la madurez fisiológica de maíz. EEA INTA Pergamino, campaña 2015/16.

Previo al primer muestreo se observó que los cultivos de colza, vicia y cebadilla tuvieron un crecimiento inicial más lento en comparación con el resto de los CC, lo que produjo que estas parcelas tengan un mayor enmalezamiento inicial. Si bien el

cultivo de nabo también tuvo un crecimiento inicial lento, con un canopeo poco denso, el establecimiento de malezas no fue exitoso en estas parcelas.

Por otra parte, las parcelas con vicia en el primer muestreo fueron una de las que mayor MSA de malezas presentaron (figura 3). Sin embargo, en las evaluaciones posteriores la situación se revirtió y las parcelas con vicia pura y vicia consociada con avena fueron las que menos MSA de malezas acumularon.

Al momento de la siembra del maíz, la MSA de malezas fue cercana a cero debido al control con herbicidas sobre el lote. Sin embargo, cuando el maíz se encontró en V3 el efecto de los CC sobre la MSA de malezas fue significativo ($p < 0,05$). Las parcelas con residuos de colza presentaron la mayor cantidad de MSA de malezas (46 g m^{-2}). Además, las parcelas con cebadilla y BQ presentaron niveles de enmalezamiento significativos, con 20 y 12 g m^{-2} de MSA de malezas, respectivamente.

En el muestreo realizado al momento de la floración del cultivo, no se hallaron diferencias significativas en la MSA de malezas debido a que, como todo el lote fue tratado con herbicidas para controlar las malezas en postemergencia, los niveles de enmalezamiento fueron relativamente bajos (figura 3). A pesar de esto, las parcelas que tuvieron a la cebadilla como CC presentaron un promedio de 14 g m^{-2} de MSA de malezas, significativamente superior ($p < 0,05$) al resto de las parcelas ($\text{MSA} < 4 \text{ g m}^{-2}$).

En la última evaluación de MSA de malezas, cuando el maíz alcanzó la madurez fisiológica, también fue significativo el efecto de los CC ($p < 0,05$). Nuevamente, las parcelas provenientes del cultivo de cebadilla fueron las que acumularon la mayor MSA de malezas, con un promedio de 51 g m^{-2} , significativamente diferente ($p < 0,05$) al resto de los CC (figura 3).

6.1.2 Diversidad y riqueza de malezas

Durante el ciclo de los CC se observó que las parcelas con cebadilla fueron las que tuvieron los mayores índices de diversidad (entre $1,11$ y $1,45$) y riqueza específica efectiva (entre $3,17$ y $4,30$) ($p < 0,05$), lo cual significó que se establecieron un mayor número de especies y con una similar proporción en estas parcelas. Por otra parte, los menores índices de diversidad y riqueza fueron observados en los cultivos de vicia, nabo y la consociación de avena con vicia, con índices de diversidad de $0,29$, $0,53$ y $0,24$ y riqueza de $1,44$, $1,83$ y $1,33$, respectivamente.

Luego de la finalización de los CC y durante el ciclo del maíz no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos de barbecho respecto a los índices que describen la composición de la comunidad de malezas. La excepción se observó con el cultivo de maíz en V3 en las parcelas que tuvieron cebadilla, en donde se registraron los índices de diversidad de 1,15 y riqueza específica efectiva de 3,36, ambos superiores al resto de los tratamientos ($p < 0,05$).

6.1.3 Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa incidente

En la primera medición de la PARi se determinó que las parcelas con vicia pura y su consociación con avena fueron los tratamientos que lograron el mayor porcentaje de intercepción ($p < 0,05$) con promedios de 96%. Por el contrario, colza y cebadilla fueron los CC que menor radiación interceptaron (58% y 53%, respectivamente). Por otra parte, en las parcelas de BQ las malezas interceptaron un 8% de la radiación, mientras que el resto de los tratamientos presentaron valores intermedios, sin diferencias significativas entre sí ($p < 0,05$).

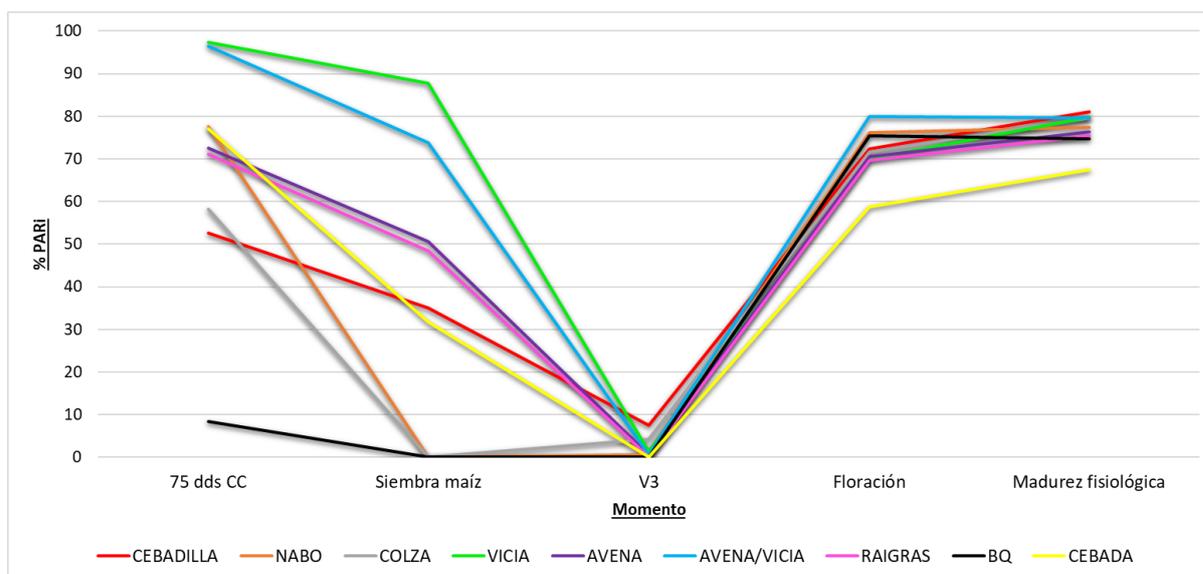


Figura 4. Intercepción de radiación fotosintéticamente activa a partir de los 75 días después de la siembra de los cultivos de cobertura (75 dds CC) hasta la madurez fisiológica del cultivo de maíz. EEA INTA Pergamino, campaña 2015/16.

Luego de la finalización de los CC y previo a la siembra del maíz, el efecto de los CC en la intercepción de la PAR fue estadísticamente significativo ($p < 0,05$). Las parcelas con vicia (sola o en mezcla) fueron las que mayor PAR interceptaron (entre 87% y 73%, respectivamente), mientras que las gramíneas interceptaron en promedio 41%,

en tanto que las parcelas con nabo, colza y BQ no tuvieron intercepción de la PAR.

6.1.4 Relación entre MSA, PAR_i y los índices de diversidad y riqueza

De los tres momentos de evaluación analizados en la correlación multivariada, solo a los 75 días después de la siembra de los CC se observaron interacciones significativas ($p < 0,05$) entre la PAR_i y el índice de diversidad ($r = -0,37$) y entre la PAR_i y el índice de riqueza ($r = -0,34$). Esto significó que, a una mayor intercepción de la radiación por parte de los CC, se observó una menor diversidad y riqueza específica de malezas. En este momento de evaluación, la MSA de malezas no se correlacionó con otras variables ($p > 0,05$).

Las correlaciones entre las variables cuantificadas al momento de la siembra del maíz, como así también cuando el cultivo se encontró en V3, no fueron significativas ($p > 0,05$).

6.2 Cultivos de cobertura en soja

6.2.1 Materia seca aérea de malezas

Existieron diferencias significativas entre las parcelas con CC y BQ durante el período de barbecho ($p < 0,05$). Durante el ciclo de los CC se encontraron valores máximos de hasta 6 g m^{-2} de MSA de malezas, lo cual significó una gran reducción de la biomasa aérea en comparación con las parcelas BQ, con valores de 12 y 18 g m^{-2} de MSA a los 70 DDS y 105 y 144 g m^{-2} de MSA a los 100 DDS (Figura 6). Estas diferencias se diluyen en el cultivo de soja en V3 y R3, sin hallarse diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$), pero en la última evaluación se observaron, nuevamente, diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), donde el CC avena acumuló un promedio de 2 g m^{-2} de MSA de malezas, mientras que BQ2 tuvo un mayor enmalezamiento con 20 g m^{-2} .

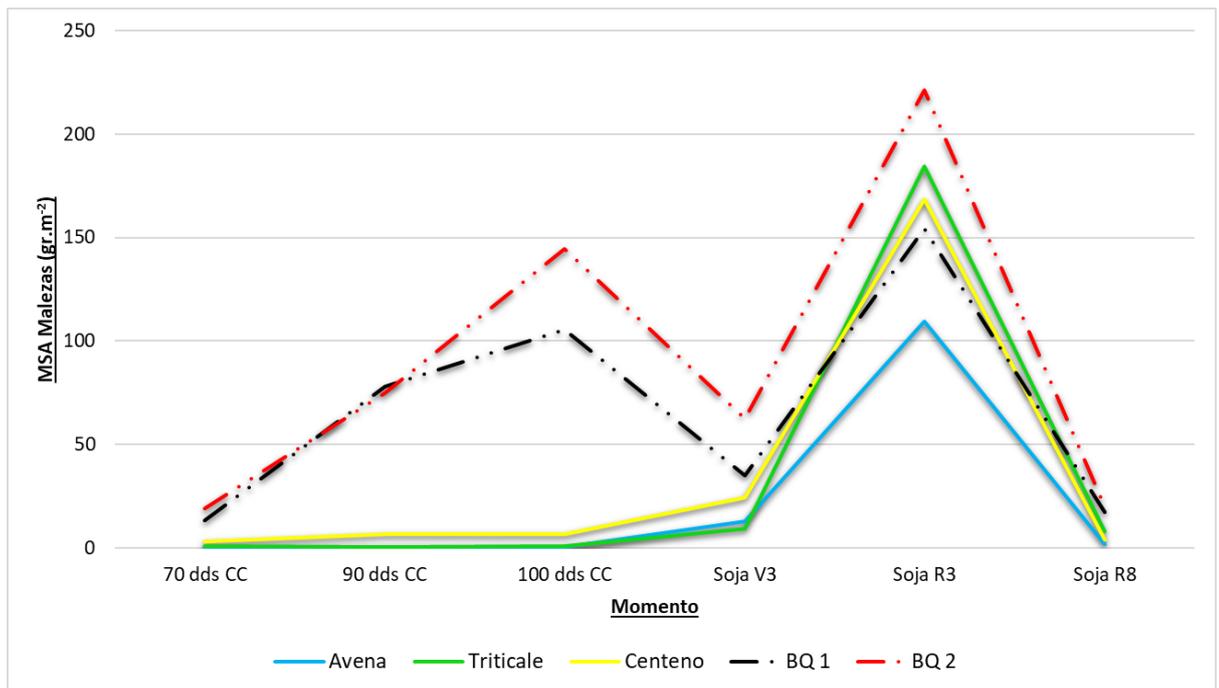


Figura 5. Materia seca aérea de malezas (MSA, g m⁻²) desde 70 días posteriores a la siembra de los CC (70 dds CC) hasta la madurez fisiológica de la soja. EEA INTA Pergamino, campaña 2015/16.

6.2.2 Diversidad y riqueza de malezas

Durante el ciclo de los CC solo se hallaron diferencias significativas ($p < 0,05$) para los índices de diversidad y riqueza en la segunda evaluación (90 días después de la siembra de los CC). En este momento las parcelas con avena presentaron los índices de diversidad y riqueza más bajos, siendo estos 0,95 y 2,83 respectivamente. En tanto que los índices más altos fueron hallados en las parcelas BQ1, con una diversidad de 1,86 y una riqueza de 7,07. En el resto de los tratamientos se observaron valores intermedios sin diferencias significativas entre sí ($p > 0,05$).

Durante el ciclo del cultivo no se hallaron diferencias significativas en los índices evaluados, excepto cuando el cultivo alcanzó la madurez fisiológica, en donde los tratamientos de BQ presentaron el mayor número de especies de malezas ($p < 0,05$), siendo la diversidad igual a 0,96 y 1 y la riqueza igual a 2,64 y 2,75 en BQ2 y BQ1, respectivamente. Al igual que el experimento anterior, que incluía al cultivo de maíz en la rotación, en este experimento también se observó la influencia del método

cultural (CC) y químico (BQ) sobre la composición de la comunidad de malezas.

6.2.3 Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa incidente

El porcentaje de intercepción de la PAR en los CC durante su ciclo de vida mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) respecto a los tratamientos bajo BQ. Se observó que las parcelas con avena, triticale y centeno lograron interceptar una mayor PAR respecto a las dos alternativas de BQ (figura 7). En la primera evaluación avena y triticale interceptaron un 39% y 44%, respectivamente, y fueron estadísticamente superiores al centeno (19%). Al momento de finalización de los CC los porcentajes de PARi medidos fueron de 74%, 56% y 42% para avena, triticale y centeno, respectivamente. Además, se observó un 8% y 10% de intercepción en los tratamientos BQ1 y BQ2, respectivamente.

Finalmente, durante el ciclo del cultivo de soja (en V3 y R5), la intercepción de la PAR no fue significativa ($p < 0,05$) para los tratamientos evaluados.

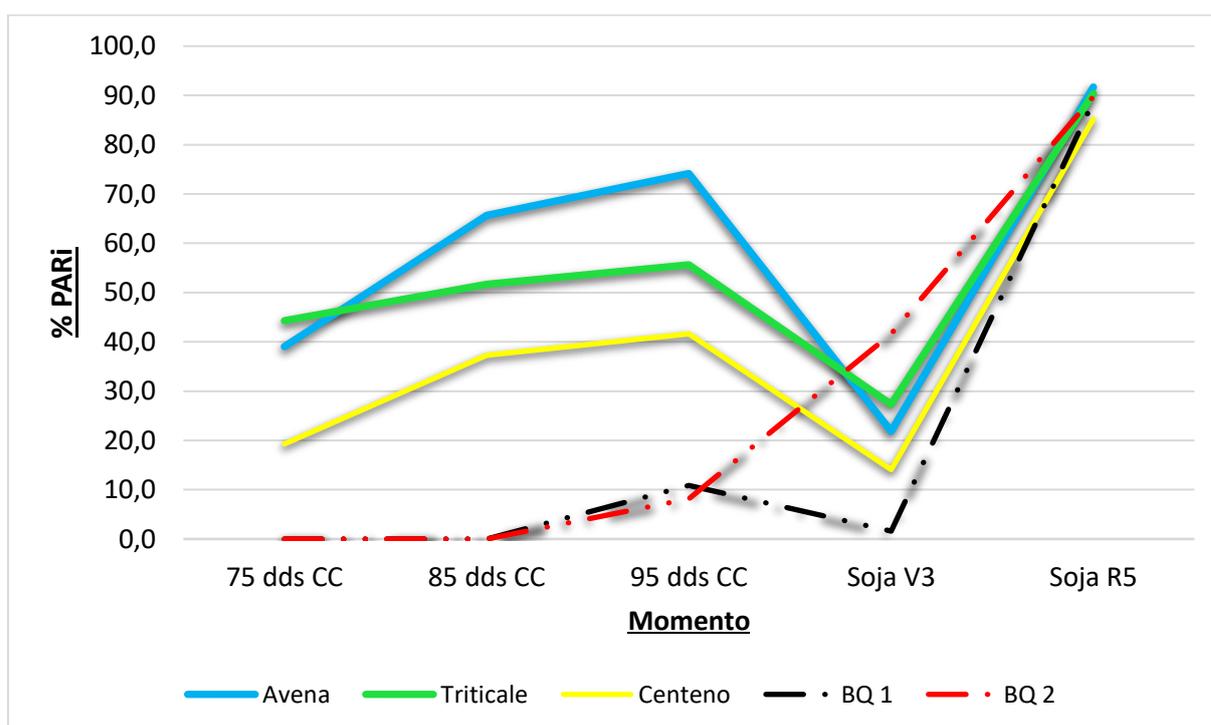


Figura 6. Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa desde 75 días posteriores a la siembra de los CC (75 dds CC) hasta la floración de soja. EEA INTA Pergamino, campaña 2015/16.

6.2.4 Relación entre MSA, PAR_i y los índices de diversidad y riqueza

De los tres momentos evaluados, solo en dos de ellos se obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$). En primer lugar, a los 70 dds de los CC se observó una relación significativa ($p = 0,0005$) inversamente proporcional entre la PAR_i y la MSA de malezas ($r = -0,79$). Esto significó que, en ese momento del período de barbecho, a mayor intercepción de la radiación se registró una menor acumulación de MSA de malezas.

Por otra parte, en el momento de psi de soja se observaron correlaciones significativas ($p < 0,05$) entre todas las variables cuantificadas. Con respecto a la MSA de malezas, la correlación fue proporcional con los índices de diversidad y riqueza ($r = 0,67$ y $r = 0,78$, respectivamente), mientras que tuvo una relación negativa con la PAR_i ($r = -0,78$). Además, la correlación entre PAR_i y los índices de diversidad y riqueza fue inversamente proporcional ($r = -0,52$ en ambos casos). Esto significó que, a una mayor intercepción de la radiación, se podría esperar una menor cantidad MSA de malezas de una comunidad con menor diversidad y riqueza específica.

Las correlaciones entre las variables cuantificadas en V3 del cultivo de soja no fueron significativas ($p > 0,05$).

7. DISCUSIÓN

7.1 Materia seca aérea de malezas

La producción de MSA de malezas durante el período de barbecho se vio afectada según el método de control utilizado. Con respecto a los BQ, al no utilizarse herbicidas residuales en el experimento bajo la rotación maíz-soja, los niveles de MSA fueron relativamente bajos dado por las tres aplicaciones de glifosato (una de ellas en mezcla con 2,4-D). Por otra parte, en el experimento bajo monocultura de soja donde se realizó una única aplicación en el barbecho, la que incluyó clorimuron como herbicida preemergente, se observó un incremento paulatino en la acumulación de MSA de malezas. Este hecho se asoció a la pérdida de la actividad residual del herbicida, el cual posee una vida media de aproximadamente 50 días (Lewis et al., 2016).

En las parcelas con CC también se observaron diferencias en la MSA de malezas. En

primer lugar, las parcelas con cebadilla fueron las que mayor MSA de malezas acumularon durante el barbecho, lo cual coincidió con los resultados expuestos por Restovich y Andriulo (2013), quienes describieron al cultivo como uno de los menos supresores de malezas. A excepción de la cebadilla, el uso de gramíneas como CC monoespecíficos en general, redujo significativamente la MSA de malezas coincidiendo con el planteo de Bybee-finley et al. (2017).

El uso de vicia como CC, ya sea en cultivos monoespecíficos o poliespecíficos (en mezcla con avena), manifestó un mayor contenido de MSA de malezas al inicio del ciclo experimental, incluso sin diferencias con BQ y cebadilla, pero hacia el final del ciclo del cultivo logra revertir la situación, dando como resultado la menor acumulación de MSA de malezas al momento del secado del cultivo. Esta observación coincide con las apreciaciones de varios autores quienes describen este comportamiento como una de las características del cultivo de vicia (Renzi y Cantamutto, 2013; Buratovich y Acciaresi, 2019).

7.2 Diversidad y riqueza de la comunidad de malezas

Si bien los sistemas de producción conservacionistas tienden a aumentar los índices de riqueza y diversidad de malezas, Travlos et al., 2018 señalan que dentro de estos sistemas existen algunos casos en donde pueden observarse diferencias. En coincidencia con los mencionados autores, se han observado diferencias entre los índices de diversidad y riqueza específica de malezas entre los tratamientos evaluados.

En primer lugar, en el experimento bajo la rotación maíz-soja la diferencia se observó en las parcelas con cebadilla, la cual presentó una mayor diversidad tanto durante el ciclo del cultivo de cobertura como luego de finalizado. Este aspecto podría ser considerado como una alternativa en la búsqueda de mayor biodiversidad en los sistemas agrícolas (Gimona et al., 2023), uno de los grandes desafíos para la agricultura actual y futura, pero que no son considerados en este trabajo final de grado.

Además de las diferencias detalladas entre los CC, se encontraron variaciones de diversidad y riqueza entre las parcelas de BQ. Si bien en el BQ del experimento bajo rotación maíz-soja se encontraron valores de diversidad y riqueza relativamente bajos, estos índices fueron mayores en el experimento bajo monocultura de soja, donde se emplearon herbicidas residuales. Estos resultados no coincidieron con lo descrito por

Tuesca y Puricelli (2007), quienes observaron que el uso de herbicidas en barbecho reduce la densidad y riqueza de malezas, con un efecto más acentuado cuando los herbicidas tienen acción residual.

Sin embargo, Guerra et al. (2022) señalan que el conjunto de las prácticas de manejo, más allá de una aplicación de herbicidas, determinan la diversidad funcional de malezas dentro de la comunidad. Es decir, un BQ con una única aplicación puede configurar un nuevo esquema de malezas en la comunidad del barbecho, por lo que al finalizar este período y compararlo con un CC, el BQ puede presentar una mayor diversidad y riqueza de malezas, tal como lo observaron Buratovich y Acciaresi (2022).

7.3 Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa

Durante el período de barbecho, los CC invernales resultaron una alternativa interesante para aprovechar el recurso aéreo en comparación con un BQ, tal como describieron varios autores (Acciaresi y Picapietra 2015, Irurueta y Barcena 2019). Dentro de los cultivos, la vicia sola o en mezcla con avena fue la que logró la mayor intercepción de la radiación, superior al 90%, coincidiendo con las observaciones de Baigorria et al. (2018).

Si bien los resultados del presente trabajo demostraron que la vicia como CC logra una mayor intercepción de la radiación y que las crucíferas nabo y colza tuvieron una intercepción de PAR similar a las gramíneas, estos resultados no coinciden con lo observado por Elhakeem et al. (2021), quienes confirmaron que las crucíferas, por la arquitectura de la disposición planófila, tienen la capacidad de interceptar mayor cantidad de PAR en comparación con las erectófilas, como las gramíneas. Sin embargo, la vicia en mezcla monoespecífica o poliespecífica logró interceptar mayor cantidad de radiación (>95%) en comparación con los demás CC (<80%).

Luego de la finalización de los CC, la intercepción de la radiación por parte de los residuos es un aspecto de crucial importancia para mantener el efecto supresor de los CC sobre el establecimiento de malezas, pudiendo atenuar el estímulo ambiental ya sea en la reducción lumínica que llega a la superficie del suelo, entre otros factores (Acciaresi y Buratovich, 2018).

7.4 Correlación de las variables MSA, PAR_i, diversidad y riqueza específica

El estudio de las correlaciones en el experimento bajo la rotación maíz-soja demostró

un resultado significativo entre la radiación interceptada y la diversidad y riqueza específica de malezas durante el período de barbecho, mientras que el resto de correlaciones analizadas no fueron significativas. Este hecho puede explicarse por la gran diversidad de CC evaluados, provenientes de las familias gramíneas, crucíferas y leguminosas, los cuales pueden generar diferentes ambientes para la prosperidad de las malezas, a través de la competencia por agua y nutrientes, el sombreado y la calidad de luz, como así también pudo estar vinculado a posibles efectos alelopáticos (Brust et al., 2014).

En el experimento bajo la monocultura de soja se observó un mayor número de correlaciones durante el barbecho (a los 70 dds CC) y en pre siembra de soja, mientras que en post emergencia del cultivo estas interacciones se diluyeron. Cabe resaltar que los CC empleados en este experimento fueron tres gramíneas y, en mayor o menor medida, respondieron de manera similar a las variaciones de MSA de malezas, por ejemplo, cuando eran comparados con el BQ (Figura 5), lo cual coincide con lo observado por Malaspina (2022) quien afirmó que la mayor proporción de una gramínea como CC favorece a la reducción de la MSA de malezas.

La correlación inversamente proporcional observada entre la mayor intercepción de la radiación por parte de los CC y la menor acumulación de MSA de malezas coincide y reafirma que los CC tienen un rol importante en la supresión de malezas por el uso del recurso aéreo, no dejándolo disponible para otros individuos y, de esta manera, puede dificultar tanto la germinación, emergencia y supervivencia de malezas debajo del canopeo (Lawley et al., 2012; Christina et al., 2021). Sin embargo, el cultivo de cebadilla, que interceptó mayor cantidad de radiación que los cultivos de colza y nabo, presentó una mayor diversidad y riqueza específica, lo cual sería necesario otro abordaje experimental para determinar, adicionalmente, el rol de los recursos subterráneos y las posibles relaciones de alelopatía (amensalismo).

De manera similar a la MSA, la menor diversidad y riqueza específica de malezas ante la mayor intercepción de PAR, por parte de los CC, pudo atribuirse a que la estructura aérea de los CC funciona como un filtro que, entre otras cosas, atenúa la llegada de la radiación por debajo del canopeo, con lo cual se ve reducida la cantidad y la calidad de luz, tal como describieron Sharma y Banik (2013).

Los resultados de este trabajo final de grado confirman que el uso de cultivos de

cobertura es una alternativa de barbecho eficiente para el manejo de malezas con un menor uso de herbicidas. Si bien se considera a los cultivos de cobertura como prestadores de servicios ecosistémicos, por ejemplo, en el incremento de la biodiversidad vegetal, en este trabajo se observó que la mayor reducción de la materia seca de malezas se obtiene con una mayor intercepción del recurso aéreo por parte de los cultivos de cobertura y esto, directamente, impacta en una menor diversidad de especies vegetales durante el barbecho.

8. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se concluye que los cultivos de cobertura otoño-invernales contribuyen con la disminución de la acumulación de la materia seca aérea de las malezas durante el barbecho previo a la siembra de maíz y soja, por lo cual se acepta la primera hipótesis planteada. Por un lado, durante el barbecho previo a maíz, los cultivos de nabo, raigrás y vicia pura y en consociación con avena fueron los que presentaron significativamente la menor acumulación de materia seca aérea de malezas al momento de la finalización del cultivo de cobertura. Por otra parte, los tres cultivos de cobertura evaluados como antecesores del cultivo de soja redujeron significativamente la materia seca aérea de malezas en comparación con los barbechos químicos.

Tanto en los barbechos previo a la siembra de maíz y de soja, la diversidad local y riqueza específica de malezas no fue mayormente significativa entre barbechos químicos y cultivos de cobertura aunque se observó que, durante el ciclo del cultivo de cebadilla, se presentó una mayor diversidad y riqueza con respecto al resto de tratamientos de barbecho. Por esta razón se rechaza parcialmente la segunda hipótesis que planteaba que los cultivos de cobertura aumentarían la diversidad local y riqueza específica de malezas.

La mayor intercepción de la radiación fotosintéticamente activa por parte de los cultivos de cobertura significó una menor acumulación de materia seca aérea y una menor diversidad local y riqueza específica de malezas, aunque para verificar esta relación serían oportunos otros estudios que consideren la competencia por recursos subterráneos y el posible efecto del amensalismo sobre las malezas, dado el caso observado en los cultivos de cebadilla que, aunque haya presentado una mayor

intercepción de la radiación que otros cultivos de cobertura, presentó una cantidad de materia seca aérea y una diversidad y riqueza específica de malezas significativamente mayores. Por lo tanto, con la excepción del cultivo de cebadilla, se acepta la tercera hipótesis planteada que indica que la mayor intercepción de la radiación fotosintéticamente activa por parte de los cultivos de cobertura implica una menor acumulación de materia seca aérea y una menor riqueza y diversidad de malezas.

Futuras investigaciones serían necesarias para ajustar la relación de los cultivos de cobertura y las malezas a través de la competencia por recursos subterráneos y los posibles efectos alelopáticos, aunque este tipo de experimentos adquieren cierta dificultad al ser necesariamente conducidos en condiciones controladas debido a que en condiciones de campo resulta muy difícil controlar la dinámica de nutrientes y agua, como así también la identificación de sustancias aleloquímicas.

9. BIBLIOGRAFIA

ABELLEYRA, D., VERON, S. 2020. Crop rotations in the Rolling Pampas: Characterization, spatial pattern and its potential controls. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 18: 100320.

ACCIARESI, H. A., 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. *Actas del XXII Congreso de la ALAM y I Congreso de la ASACIM*. Buenos Aires. Argentina.

ACCIARESI, H., BURATOVICH, M. V. 2018. Cultivos de cobertura como moduladores de la emergencia de malezas naturales. *Revista de Tecnología Agropecuaria E.E.A. Pergamino* 10 (35): 47-50.

ACCIARESI, H. A., & PRINCIPIANO, M. 2020. Estado de situación del uso de herbicidas en cultivos extensivos agrícolas de la región norte de la provincia de Buenos Aires. Web: <https://inta.gob.ar/documentos/estado-de-situacion-del-uso-de-herbicidas-en-cultivos-extensivos-agricolas-de-la-region-norte-de-la-provincia-de-buenos-aires>

ALTIERI, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture*, 22

Ecosystems and Environment 74(1-3):19-31.

- ÁLVAREZ, C., QUIROGA, A., SANTOS, D. y BODRERO, M., 2013. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. EEA Anguil del INTA. Cap. 2, 3, 5, 10, 12.
- APPLEBY, A.P., 2005. A history of weed control in the United States and Canada. *Weed Sci* 53:762-768.
- BAIGORRIA, T., GOMEZ, D., LARDONE, A., BOJANICH, M., AIMETTA, B., BERTOLLA, A., CAGLIERO, M., VILCHES, D., RINAUDO, D., CANALE, A., 2018. Bases para el manejo de vicia como antecesor del cultivo de maíz. Sitio argentino de producción animal. 89-Pasturas cultivadas en general, N°232, 12pp.
- BAKER H.G., 1974. The evolution of weeds. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 5:1-24.
- BARBERI, P., 2002. Weed management in organic agriculture: Are we addressing the right issue? *Weed research* 42, 177- 193.
- BASTIAANS, L., PAOLINI, R., BAUMANN, D.T., 2008. Focus on ecological weed management: What is hindering adoption? *Weed research* 48 (6), 481-491.
- BENECH-ARNOLD, R.L., BATLLA, D. 2014. Weed seed germination and the light environment: Implications for weed management. *Weed Biology and Management.* 14-2: 77-87.
- BRUST, J., CLAUPEIN, W., GERHARDS, R. 2014. Growth and weed suppression ability of common and new cover crops in Germany. *Crop Protection*, 63: 1-8.
- BURATOVICH, M.V., ACCIARESI, H.A., 2019. Manejando malezas con cultivos de cobertura: una alternativa tecnológica para disminuir el uso de herbicidas. *Revista de Tecnología Agropecuaria* 10(39): 51-55.
- BURATOVICH M. V., ACCIARESI H. A. 2022. Winter cover crops and dynamics of weeds in agricultural systems of the Argentine Rolling Pampas. *International Journal of Pest Management*, 68:414-422.
- BURATOVICH, M. V., ACCIARESI, H. A. 2022. Evolución del enmalezamiento en monoculturas y consociaciones de cultivos de cobertura invernales. Informe técnico INTA. Web: <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/12530>
- BYBEE-FINLEY, K., MIRSKY, S., & RYAN, M., 2017. Crop biomass not species

richness drives weed suppression in warm-season annual grass–legume intercrops in the Northeast. *Weed Science*, 65(5): 669-680.

CHRISTINA, M., NEGRIER, A., MARNOTTE, P., VIAUD, P., MANSUY, A., AUZOUX, S., TECHER, P., HOARAU, E., CHABANNE, A. 2021. A trait-based analysis to assess the ability of cover crops to control weeds in a tropical island. *European Journal of Agronomy*. 128:126316.

DAVIS, A.S. & LIEBMAN, M., 2003. Cropping system effects on giant foxtail (*Setaria faberi*) demography. I. Green manure and tillage timing. *Weed Sci.* 51: 919-929.

DE LA FUENTE, E.B., OREJA, F.H., LENARDIS, A.E., TORCAT FUENTES, M., AGOSTI, M.B., BARRIO, A., BARBERIS, S., ROBREDO, J., GIL, A., MARZETTI, M., NICCIA, E. 2021. Intensification of crop rotation affecting weed communities and the use of herbicides in the rolling Pampa. *Heliyon* 7:e06089.

DE SÁ PEREIRA, E., GALANTINI, J., QUIROGA, A., 2013. Sistemas de cultivos de cobertura de suelo de otoño-invierno: sus efectos en la disponibilidad de agua. En: Álvarez, C., Quiroga, A., Santos, D. y Bodrero, M. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. EEA Anguil del INTA. 196 p.

DI RIENZO, J. A., CASANOVES, F., BALZARINI, M. G., GONZALEZ, L., TABLADA, M. & ROBLEDO, C. W. 2019. "InfoStat." Universidad Nacional de Córdoba.

ELHAKEEM, A., van der WERF, W., BASTIAANS, L. 2021. Radiation interception and radiation use efficiency in mixtures of winter cover crops. *Field Crops Research*, 264:108034.

FEHR, W. R., CAVINESS, C. E., BURMOOD, D. T., & PENNINGTON, J. S. 1971. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine Max* (L.) Merrill 1. *Crop science*, 11(6), 929-931.

GUERRA, J.G., CABELLO, F., FERNANDEZ-QUINTANILLA, C., PEÑA, J.M., DORADO, J. 2022. Plant functional diversity is affected by weed management through processes of trait convergence and divergence. *Front. Plant Sci. Sec. Functional Plant Ecology*. V: 13.

GIMONA, A., MCKEEN, M., BAGGIO, A., SIMONETTI, E., POGGIO, L., PAKEMAN, R. J. 2023. Complementary effects of biodiversity and ecosystem services on

- spatial targeting for agri-environment payments. *Land Use Policy*. 126: 106532.
- HISSE, I.R., BIGANZOLI, F., PEPPER, A.M., POGGIO, S.L. 2022. Annual productivity of cropping sequences: Responses to increased intensification levels. *European Journal of Agronomy*. 137:126506.
- HOLZNER, W. 1978. Weed species and weed communities. *Vegetatio* 38(1): 13-20.
- IRURUETA, A. F. y BARCENA, B. P. 2019. Efectos de la especie y manejo de cultivos de servicio en el enmalezamiento invernal. Tesis de grado. Montevideo: Udelar. FA.
- LAWLEY, Y.E., TEASDALE, J.R., WEIL, R.R. 2012. The mechanism for weed suppression by a forage radish cover crop. *Agronomy Journal*, 104:205-214.
- LEWIS, K.A., TZILIVAKIS, J., WARNER, D. & GREEN, A. 2016. An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22(4):1050-1064.
- MALASPINA, M. 2022. Cultivos de cobertura como estrategia agroecológica para el manejo de malezas en sistemas extensivos del centro-sur bonaerense. Tesis de Magíster en Ciencias Agrarias, UNS, Bahía Blanca, Argentina. 140p.
- McCUNE, B. & GRACE, J. B., 2002. *Analysis of Ecological Communities*. Glendeden Beach, OR: MjM Software Design. 300 p.
- MOLTONI, L.; 2012. Evolución del mercado de herbicidas en Argentina. *Instituto de Ingeniería Rural, Economía y Desarrollo Agroindustrial* 1(2):1-6.
- OREJA, F.H., LENARDIS, A.E., DE LA FUENTE, E.B. 2021. Crop and stubble effects on seedling emergence of sourgrass, palmer amaranth, wild radish and fleabane. *Crop and Pasture Science*, 72:458-466.
- 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.
- REM – AAPRESID, 2017. *Cultivos de Cobertura – Bases para su manejo en sistemas de producción*. ISSN Nº 2250-5350 (version on-line) Volumen VII
- RENZI, J.P., CANTAMUTTO, M.A., 2013. *Vicias: Bases agronómicas para el manejo en la Región Pampeana*. Ediciones INTA. ISBN: 978-987-521-470-5.
- RESTOVICH, S. & ANDRIULO, A., 2013. *Cultivos de cobertura en la rotación soja-*

maíz: biomasa aérea, captura de nitrógeno, consumo de agua y efecto sobre el rendimiento en grano. En: Álvarez, C., Quiroga, A., Santos, D. y Bodrero, M. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. EEA Anguil del INTA. 196 p.

RIDLEY, N., 2013. Cultivos de cobertura en el sur de Santa Fe: Efectos sobre la eficiencia de barbecho y la porosidad del suelo. En: Álvarez, C., Quiroga, A., Santos, D. y Bodrero, M. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. EEA Anguil del INTA. 196 p.

RITCHIE, S.W., & HANWAY, J.J. 1982. How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa. Special Report N° 48.

RODRIGUEZ, S., KRUK, B.C., SATORRE, E.H. 2019. Percepción de los agricultores de la región Pampeana sobre las adversidades bióticas de los cultivos de grano. Revista de la Facultad de Agronomía 39(1):16-25.

SATORRE, E.H. 2011. Recent changes in pampean agriculture: possible new avenues in coping with global change challenges. Crop Stress Management and Global Climate Change, 47-57.

SCURSONI, J. A. & SATORRE, E. H., 2010. Glyphosate management strategies, weed diversity and soybean yield in Argentina. Crop Protection, 29(9), 957-962.

SHARMA, R.C. & BANIK, P. 2013. Baby Corn-Legumes Intercropping System: II Weed Dynamics and Community Structure, NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences, 67(1):11-18.

SHEARIN, A.F., REBERG-HORTO, S.C. & GALLANDT, E.R., 2008. Cover crop effects on the activity-density of the weed seed predator *Harpalus rufipes* (Coleoptera: Carabidae). Weed Sci 56: 442-450.

SHELTON, A. M. & E. BADENES-PEREZ, 2006. Concepts and applications of trap cropping in pest management. Annual Review of Entomology 51:285-308.

TEASDALE, J.R. & MOHLER, C.L., 1993. Light transmittance, soil temperature, and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. Agron. J. 85: 673-680.

TEASDALE, J.R. & MOHLER, C.L., 2000. The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches. Weed Science, 48(3), 385-

392.

TEASDALE, J.R., COFFMAN, C.B., & MANGUM, R.W., 2007. Potential long-term benefits of no-tillage and organic cropping systems for grain production and soil improvement. *Agron. J* 99: 1297-1305.

TRAVLOS, I.S., CHEIMONA, N., ROUSSIS, I. & BILALIS, D.J. 2018. Weed-Species Abundance and Diversity Indices in Relation to Tillage Systems and Fertilization. *Front. Environ. Sci.* 6:11.

TUESCA, D., PURICELLI, E., NISENSOHN, L., FACCINI, D., ROSENSTEIN, S. 2007. Las malezas en los agroecosistemas del distrito Zavalla (Santa Fe). *Universidad Nacional de Rosario. Agromensajes num.* 21: 29-36.