

**Los cultivos de cobertura como filtros bióticos característicos en el
ensamblaje de la comunidad de malezas de sistemas agrícolas
extensivos**

Tesis presentada para obtener el título de Doctor en Ciencias Agrarias y Forestales
de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la
Universidad Nacional de La Plata

Ing. Agr. María Victoria Buratovich



Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

Universidad Nacional de La Plata

La Plata, Argentina

11 de septiembre de 2023

COMITÉ CONSEJERO

Director de la Tesis:

Dr. (MSci.) Horacio A. Acciaresi.

Jurado de la Tesis:

Guillermo R. Chantre

Daniel O. Giménez

Román B. Vercellino



Firma de candidata Doctoral



Firma del Director

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Dedicatoria

A mis viejos... 

Agradecimientos

- A mi director, Horacio Acciaresi, por haberme guiado y acompañado en este proceso.
- A INTA y CONICET, por haberme dado el financiamiento para la realización del Doctorado.
- A la Universidad Nacional de La Plata por haberme dado la oportunidad de realizar el Doctorado.
- A mis compañeros de trabajo, por el aguante cotidiano.
- A Víctor, por haberme apoyado.
- A mis viejos, quienes me apoyaron en todas y se que estarían orgullosos de esta instancia.

Publicaciones derivadas de la presente tesis:

- Winter cover crops and dynamics of weeds in agricultural systems of the Argentine Rolling Pampas. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. 2022. *International Journal of Pest Management*, 68(4), 414-422. <https://doi.org/10.1080/09670874.2022.2118893>
- Residuos de cultivos de cobertura y el efecto sobre el número y la materia seca aérea de malezas. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. Trabajo presentado en IV Congreso Argentino de Malezas, ASACIM. 14 y 15 de septiembre de 2023, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Los cultivos de cobertura y la dinámica poblacional de Rama negra. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. Trabajo presentado en Revista de Tecnología Agropecuaria. Abril 2023. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1iO67FZPG1sgViqDVwZho-GcCFzFUhER7/view?pli=1>
- Cultivos de cobertura y la dinámica de enmalezamiento en sistemas agrícolas extensivos. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. Trabajo presentado en Revista Horizonte A. Disponible en: <https://horizonteadigital.com/cultivos-de-cobertura-y-la-dinamica-de-enmalezamiento/>
- Selectividad y comportamiento de herbicidas en *Vicia villosa*. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. VII Jornada de Jóvenes Investigadores de la UNNOBA. 24 de junio de 2021.
- Cultivos de cobertura: una alternativa tecnológica para disminuir el uso de herbicidas en el NO bonaerense. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. 15° Encuentro Nacional de Monitoreo y Manejo de Problemas Sanitarios- 2° Simposio de Manejo de Problemas Sanitarios de Cultivos Extensivos. 3 de Julio de 2019, Córdoba, Argentina.
- Cultivos de cobertura otoño-invernales y su efecto sobre la emergencia y materia seca aérea de malezas. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. 15° Encuentro Nacional de Monitoreo y Manejo de Problemas Sanitarios- 2° Simposio de Manejo de Problemas Sanitarios de Cultivos Extensivos. 3 de Julio de 2019, Córdoba, Argentina.

- Productividad del cultivo de soja bajo diferentes antecesores de cultivos de cobertura y su relación con la materia seca aérea de malezas. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. Presentación de trabajo expandido en Mercosoja 2019. 4 y 5 de septiembre de 2019, Rosario, Santa Fé, Argentina.
- Cultivos de cobertura como moduladores de la emergencia de malezas. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. Trabajo publicado en Revista Horizonte A. Disponible en: <https://horizonteadigital.com/cc-como-moduladores-de-la-emergencia-de-malezas-en-sistemas-agricolas/>
- Monoculturas y consociaciones de cultivos de cobertura y la incidencia en el EIQ, uso de herbicidas y productividad de grano. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. Congreso Multidisciplinario de la UNNOBA. 22 y 23 de septiembre de 2022.
- Selectividad y comportamiento de herbicidas en *Vicia villosa*. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. II Congreso Multidisciplinario de la UNNOBA, 22 y 23 de septiembre de 2022.
- Monoculturas y consociaciones de cultivos de cobertura y la incidencia en el EIQ, uso de herbicidas y productividad de grano. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. Jornadas Fitosanitarias Argentinas. 19 al 22 de octubre de 2022.
- Winter cover crops: relationship between photosynthetically active radiation interception and weed number and productivity. Buratovich M. V. y Acciaresi, H. A. Trabajo enviado a Frontiers in Agronomy.
- Monoculturas y consociaciones de cultivos de cobertura y la incidencia en el EIQ, uso de herbicidas y productividad de grano. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. II Congreso Multidisciplinario de la UNNOBA. Septiembre de 2022.
- Cultivos de cobertura: incidencia en el impacto ambiental, uso de herbicidas y productividad de grano. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. Revista de Tecnología Agropecuaria.
<https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/14000?show=full>

- Los cultivos de cobertura y la dinámica poblacional de malezas en el manejo de malezas: Rama negra como caso de estudio. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. Revista Horizonte A. <https://horizonteadigital.com/los-cultivos-de-cobertura-y-la-dinamica-poblacional-de-malezas-en-el-manejo-de-malezas-rama-negra-como-caso-de-estudio/>. Septiembre 2021.
- Consociaciones de cultivos de cobertura invernales y dinámica de enmalezamiento en los sistemas agrícolas del NOE de Buenos Aires. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. IX Congreso Nacional de Trigo. VII Simposio de cereales de siembra otoño-invernal. III Encuentro del Mercosur. 29 y 30 de septiembre de 2021.
- Cultivos de cobertura otoño-invernales y el número y materia seca aérea de malezas. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. IX Congreso Nacional de Trigo. VII Simposio de cereales de siembra otoño-invernal. III Encuentro del Mercosur. 29 y 30 de septiembre de 2021.
- Cultivos de cobertura para el manejo de malezas: una alternativa tecnológica para una agricultura sin herbicidas. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. II Congreso argentino de Agroecología. 13 al 15 de octubre de 2021.
- Consociaciones de cultivos de cobertura y la dinámica de enmalezamiento en sistemas agrícolas extensivos de la Pampa Ondulada argentina. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. VI jornadas uruguayas de fitopatología y IV jornadas uruguayas de protección vegetal de la Sociedad Uruguaya De Fitopatología – SUFIT. 21 y 22 de octubre de 2021.
- Manejo de Malezas con Cultivos de Cobertura: una Alternativa Tecnológica para Disminuir el Uso de Herbicidas. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. XXVIII Jornada de Jóvenes Investigadores de la AUGM (Asociación de Universidades Grupo Montevideo). 10-11-12 de noviembre de 2021, Universidad de Santiago de Chile. Trabajo distinguido.
- Cultivos de cobertura: los aliados contra las malezas. Revista chacra, enero 2019. <http://www.revistachacra.com.ar/nota/24456-cultivos-de-cobertura-los-aliados-contra-las-malezas/>

- Effects of cover crop mixtures in the weed emergence and above ground dry matter. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. Encuentro anual de Weed Science Society of America. Desde el 11 al 14 de febrero de 2019, Orleans, Estados Unidos.
<http://wssaabstracts.com/public/59/proceedings.html>

- Serie didáctica: cultivos de cobertura. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H.A. Marzo, 2019.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pergamino_serie_didactica_cultivos_de_cobertura_2016-2018.pdf

- Manejando malezas con cultivos de cobertura: una alternativa tecnológica para disminuir el uso de herbicidas. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. Revista de tecnología Agropecuaria. 2019.
<https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/5129>

- Efecto de los cultivos de cobertura sobre la emergencia y materia seca aérea de malezas. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. VI Jornada de Jóvenes Investigadores de la UNNOBA. 11 de abril de 2019, Pergamino, Buenos Aires.

- Consociaciones de Cultivos de Cobertura en Diferentes Proporciones y su Relación con las Malezas. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A.
<https://inta.gob.ar/documentos/consociaciones-de-cultivos-de-cobertura-en-diferentes-proporciones-y-su-relacion-con-las-malezas> . Noviembre 2018.

- Cultivos de cobertura como moduladores de la emergencia de malezas naturales. (Buratovich y Acciaresi). Revista de Tecnología Agropecuaria. Vol. 10 n° 35. 2017. Issn 2469-164X.

- Cultivos de cobertura y la emergencia anual de malezas: una interferencia persistente. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. <https://inta.gob.ar/eeapergamino>

- Cultivos de Cobertura Otoño-Invernales y la Diversidad de la Comunidad de Malezas Naturales. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. XIII Encuentro nacional de monitoreo y control de plagas, malezas y enfermedades. 28-29/06/2017, Córdoba, Argentina.

-Dinámica de Emergencia de Malezas Naturales bajo Cultivos de Cobertura Otoño-Invernales. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. XIII Encuentro nacional de monitoreo y control de plagas, malezas y enfermedades. 28-29/06/2017, Córdoba, Argentina.

- Influence of cover crop species on weed emergence. Buratovich, M.V. y Acciaresi, H.A. 58° Encuentro anual de Weed Science Society of America. Desde el 29 de enero hasta el 1 de febrero de 2018, Arlington, Virginia.
<http://www.wssaabstracts.com/public/54/proceedings.html>

- Residuos de cultivos de cobertura y temperatura edáfica. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. <https://inta.gob.ar/documentos/residuos-de-cultivos-de-cobertura-y-temperatura-edafica>. 22 de febrero de 2018.

- Influencia de los cultivos de cobertura sobre la emergencia de malezas. Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. I Congreso Multidisciplinario de la UNNOBA: ciencia, innovación, y sociedad. 19- 21 de abril de 2018, Junín, Buenos Aires.

- Cover crops: effects on winter weeds and their relationship with photosynthetically active radiation interception. M. V. Buratovich, M. E. Cena, H. A. Acciaresi. Encuentro anual de Weed Science Society of America. Arlington, Virginia, Estados Unidos, 2018.
<http://wssaabstracts.com/public/38/proceedings.html>

- Influence of photosynthetically active radiation interception by wheat varieties on weed suppression. M. E. Cena, M. V. Buratovich, H. A. Acciaresi. Encuentro anual de Weed Science Society of America. Arlington, Virginia, Estados Unidos, 2018.
<http://wssaabstracts.com/public/38/proceedings.html> .

- Cultivos de cobertura como moduladores de la emergencia de malezas naturales. (Buratovich, M.V y Acciaresi, H. A.). II Congreso de la ASACIM. 5 y 6 de junio de 2018, Rosario, Argentina. <http://www.asacim.org.ar/wp-content/uploads/2019/10/Argentina-2018.pdf>

- Demografía de Conyza bonariensis en diferentes cultivos de cobertura otoño-invernales. (Buratovich, M.V y Acciaresi, H. A.). II Congreso de la ASACIM. 5 y 6 de junio de 2018, Rosario, Argentina. <http://www.asacim.org.ar/wp-content/uploads/2019/10/Argentina-2018.pdf>

Índice general

Resumen	1
Abstract	3

Capítulo I

Introducción general	5
1. Definición del problema y estado actual del conocimiento.....	5
1.1. Justificación y antecedentes	6
1.2. Cultivos de cobertura y el manejo de malezas.....	7
1.3. Cultivos de cobertura y dinámica poblacional de malezas.....	9
1.4. Los cultivos de cobertura en pie y la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa.....	10
1.5. Residuos de cultivos de cobertura y su relación con el número de individuos y la materia seca aérea de malezas.....	12
Alcances.....	14
2. Hipótesis.....	15
3. Objetivo general.....	17
3.1. Objetivos específicos.....	17
Estructura de la tesis.....	19

Capítulo II

Los cultivos de cobertura y la influencia sobre la materia seca aérea, número de individuos y diversidad específica de malezas

1. Resumen.....	21
2. Introducción.....	22
Hipótesis	23

Objetivos	24
Objetivos específicos	24
3. Materiales y métodos	25
4. Resultados	28
4.1. Especies de malezas	29
4.2. Materia seca aérea de cultivos de cobertura, número de individuos y materia seca aérea de malezas	30
4.3. Composición de la comunidad de malezas	33
4.4. Productividad en grano de soja y maíz	41
5. Discusión	
5.1. Especies de malezas	42
5.2. Materia seca aérea de cultivos de cobertura, número y materia seca aérea de malezas	42
5.3. Composición de la comunidad de malezas	43
5.4. Productividad en grano de soja y maíz	44
6. Conclusiones	44

Capítulo III

Los recursos aéreos y la modificación por las diferentes especies de cultivos de cobertura.

1. Resumen	47
2. Introducción	47
Hipótesis	50
Objetivos	50
Objetivos específicos	50
3. Materiales y métodos	51
4. Resultados	54
4.1. Estructura de canopeo e intercepción de la radiación fotosintéticamente activa	

.....	54
4.2. Número de individuos y materia seca aérea de malezas	56
4.3. Relación entre la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa y las malezas	56
4.4. Materia seca aérea de los cultivos de cobertura y las malezas ..	57
4.5. Productividad de cultivos de grano	58
5. Discusión	
5.1. Estructura de canopeo e intercepción de la radiación fotosintéticamente activa	61
5.2. Número de individuos y materia seca aérea de malezas.....	62
5.3. Relación entre la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa y las malezas	63
5.4. Materia seca aérea de cultivos de cobertura y malezas	63
5.5. Productividad de cultivos de grano	64
6. Conclusiones	64

Capítulo IV

Los residuos de los cultivos de cobertura y la incidencia en el número de individuos y la materia seca aérea de malezas.

1. Resumen	66
2. Introducción	66
Hipótesis	69
Objetivos	69
Objetivos específicos	69
3. Materiales y métodos	70
4. Resultados	
Datos climáticos	72
4.1. Materia seca aérea de cultivos de cobertura en madurez	73

4.2.	Tasa de descomposición y materia seca aérea de los residuos de cultivos de cobertura	74
4.3.	Materia seca aérea y número de individuos de malezas	82
4.4.	Temperatura del suelo	83
5.	Discusión	
5.1.	Materia seca aérea de cultivos de cobertura en madurez	86
5.2.	Tasa de descomposición y materia seca aérea de los residuos de cultivos de cobertura	87
5.3.	Materia seca aérea y número de individuos de malezas	88
5.4.	Temperatura del suelo	89
6.	Conclusiones	90

Capítulo V

Estudios demográficos de *Conyza bonariensis* y *Bowlesia incana* y flujos de emergencia de malezas bajo distintos cultivos de cobertura

1.	Resumen	92
2.	Introducción	92
	Hipótesis	96
	Objetivos	97
	Objetivos específicos	97
3.	Materiales y métodos	97
4.	Resultados	99
4.1.	Estudios demográficos de <i>Bowlesia incana</i>	99
4.1.1.	Número de cohortes	99
4.1.2.	Número de plántulas emergidas por cohorte	101
4.1.3.	Tabla de vida	103
4.2.	Estudios demográficos de <i>Conyza bonariensis</i>	108
4.2.1.	Número de cohortes	108
4.2.2.	Número de plántulas emergidas por cohorte	109
4.2.3.	Tabla de vida	111
4.3.	Flujos de emergencia de malezas	116

4.3.1. Emergencia de malezas	116
4.3.2. Especies de malezas	118
4.4. Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa	122
4.5. Residuos de cultivos de cobertura	123
5. Discusión	124
5.1. Número de cohortes	124
5.2. Número de plántulas emergidas por cohorte	125
5.3. Tablas de vida	126
5.4. Flujos de emergencia de malezas naturales	126
5.5. Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa	127
5.6. Residuos de cultivos de cobertura	128
6. Conclusiones	128

Capítulo VI

Consideraciones finales	130
Acciones futuras de trabajo	138
Referencias bibliográficas	139

Índice de tablas

Capítulo III

Tabla 1. Cobertura relativa (%) de cultivo, suelo y maleza en los distintos cultivos de cobertura en macollaje de los cultivos de cobertura gramíneas. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2015-2016.	54
Tabla 2. Relaciones entre la materia seca aérea (MSA) de malezas (variable 1), número de individuos (variable 1 y 2) e intercepción de la radiación fotosintéticamente activa (iRFA) (%) (variable 2) en los diferentes cultivos de cobertura (CC). Coeficiente de Pearson positivo indica relaciones positivas y negativo, relaciones negativas. Valor $p < 0.05$ indica diferencias significativas. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2015-2017.	60
Tabla 3. Relaciones entre la materia seca aérea (MSA) (variable 1) de los cultivos de cobertura (CC) en mitad de espigado y grano lechoso y la materia seca aérea de malezas (variable 2) en esos momentos. Valor $p < 0.05$ indica diferencias significativas. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2015-2016.	61

Índice de figuras

CAPÍTULO II

Figura 1. Precipitaciones acumuladas (mm) y temperatura media (°C) durante el ciclo de crecimiento de los cultivos de cobertura (a y c, respectivamente) y durante el ciclo de crecimiento del cultivo estival (b y d, respectivamente). Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2006-2019. 29

Figura 2. Materia seca aérea de cultivos de cobertura (MSA CC, g.m⁻²) (en barras), materia seca aérea de malezas (MSA de malezas, g.m⁻²) (línea punteada) y número de individuos de malezas (n^º.m⁻²) (línea sólida) en macollaje (a) y grano lechoso (b) (Z 2.5 y 7.3, respectivamente) de los cultivos de cobertura. 2018. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, BQ: barbecho químico. 1:1: proporción 1:1, 500: 500 pl.m⁻², 750: 750 pl.m⁻². Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el test DGC (Di Rienzo, Gutzmán y Casanoves), (probabilidad 5%). Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2018. 31

Figura 3. Materia seca aérea de cultivos de cobertura (MSA CC, g.m⁻²) (en barras), materia seca aérea de malezas (MSA de malezas, g.m⁻²) (línea punteada) y número de individuos de malezas (n^º.m⁻²) (línea sólida) en macollaje (a) y grano lechoso (b) (Z 2.5 y 7.3, respectivamente) de los cultivos de cobertura. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, BQ: barbecho químico. 2019. 1:1, 3:1 y 1,5:1,5:1: proporción de las especies en las consociaciones de cultivos de cobertura. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el test DGC (Di Rienzo, Gutzmán y Casanoves), (probabilidad 5%). 250, 500 y 750: densidades de 250, 500 y 750 pl.m⁻², en los cultivos de cobertura, respectivamente. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2019..32

Figura 4. Índice de diversidad (a) y equitatividad (b) de Shannon e índice de riqueza específica efectiva (c) en macollaje de los CC gramíneas. 2018. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, BQ: barbecho químico. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el test DGC (Di Rienzo, Gutzmán y Casanoves), (probabilidad 5%). 250, 500 y 750: 250, 500 y 750 pl.m⁻², respectivamente. 34

Figura 5. Composición de la comunidad de malezas en macollaje de los cultivos de cobertura gramíneas. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, 500: densidad de 500 pl.m⁻². 2018. Números dentro de las figuras indican el porcentaje de especies de malezas. Rosa: *Chenopodium album*, rojo: *Stellaria media*, amarillo: *Conyza bonariensis*, naranja: *Veronica spp.*, azul: *Bowlesia incana*, punteado con negro: *Bidens spp.*, fucsia: *Fumaria capreolata*, rayado marrón: *Cardamine hirsuta*, rayado violeta: *Sonchus oleraceus*, rayado fucsia: *Lysimachia arvensis*, verde: *Veronica peregrina*, marrón: *Triodanis perfoliata*, blanco: *Gamochaeta spicata*, violeta: *Cerastium glomeratum*, rayado naranja: *Trifolium repens*. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2018. 34

Figura 6. Composición de la comunidad de malezas en grano lechoso de los cultivos de cobertura. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, BQ: barbecho químico, 500: densidad de 500 pl.m⁻². 2018. Números dentro de las figuras: porcentaje de las especies de malezas. Rosa: *Chenopodium album*, amarillo: *Conyza bonariensis*, rojo cuadriculado: *Digitaria sanguinalis*, punteado con negro: *Bidens spp.*, rayado naranja: *Trifolium repens*, rayado azul: *Centaureum pulchellum*. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2018. 35

Figura 7. Índice de diversidad (a) y equitatividad (b) de Shannon y riqueza específica efectiva (c) en macollaje de los cultivos de cobertura. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, BQ: barbecho químico. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el test DGC (Di Rienzo, Gutzmán y Casanoves), (probabilidad 5%). Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2019. 37

Figura 8. Composición de la comunidad de malezas en macollaje de los cultivos de cobertura gramíneas. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, 1:1, 3:1, 1.5:1.5:1: proporción de las especies en las consociaciones de cultivos de cobertura, BQ: barbecho químico. Los números dentro de las figuras indican el porcentaje de las especies de malezas. Azul: *Bowlesia incana*, rosa: *Chenopodium album*, amarillo: *Conyza bonariensis*, verde: *Veronica peregrina*, gris: *Lamium amplexicaule*, naranja: *Veronica spp.*, negro: *Descurainia argentina*, blanco: *Gamochaeta spicata*, violeta: *Cerastium glomeratum*, fucsia: *Fumaria capreolata*, marrón: *Triodanis perfoliata*, rojo:

Stellaria media, rayado rojo: *Viola arvensis*, celeste: *Parietaria debilis*, rayado verde: *Lolium multiflorum*, rayado negro: *Capsella bursa-pastoris*. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2019. 38

Figura 9. Índice de diversidad (a) y equitatividad (b) de Shannon y riqueza específica efectiva (c) en grano lechoso de los cultivos de cobertura. 2019. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, BQ: barbecho químico. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el test DGC (Di Rienzo, Gutzmán y Casanoves), (probabilidad 5%). Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2019. 40

Figura 10. Composición de la comunidad de malezas en grano lechoso de los cultivos de cobertura. 2019. T: *Triticosecale*, A: *Avena sativa*, BQ: barbecho químico, 1:1: relación 1:1 entre las especies de cultivos de cobertura. Los números dentro de las figuras indican el porcentaje de las especies de malezas. Rosa: *Chenopodium album*, amarillo: *Conyza bonariensis*, rayado naranja: *Trifolium repens*, naranja: *Veronica spp.*, cuadriculado verde: *Sorghum halepense*, cuadriculado marrón: *Coronopus didymus*, azul: *Bowlesia incana*, cuadriculado violeta: *Ammi visnaga*, marrón: *Triodanis perfoliata*, cuadriculado celeste: *Verbena bonariensis*, blanco: *Gamochaeta spicata*. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2019. 40

Figura 11. Productividad en grano (g.m⁻²) de soja en 2017 y 2018 (barras vacías y rayadas, respectivamente) y maíz (barras llenas) en 2019. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, BQ: barbecho químico, 500 y 750: densidad de 500 y 750 pl.m⁻², respectivamente. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el test DGC (Di Rienzo, Gutzmán y Casanoves), (probabilidad 5%). Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2017-2019. 42

Capítulo III

Figura 1. Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa (iRFA, %) (en barras), materia seca aérea (MSA, g.m⁻²) (línea punteada) y número (N°.m⁻²) de individuos de malezas (línea sólida) en los diferentes cultivos de cobertura en el tiempo. M CC:

macollaje de cultivos de cobertura, Z 5.5: Z 5.5 (Zadoks y otros, 1974) de los cultivos de cobertura, S Mz: siembra de maíz, Mz V3: maíz en estadio V3, Mz F: maíz en floración, MF Mz: madurez fisiológica del maíz, I CC: inicio de cultivos de cobertura, M CC 2: macollaje de cultivos de cobertura en el segundo año, Z 7.3: Z 7.3 (Zadoks y otros, 1974) de los cultivos de cobertura; Sj V3: soja en estadio V3, Sj F: final de ciclo de soja. La línea punteada indica la separación entre los años: a la derecha el 2016 y a la izquierda el 2015. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2015- 2017. 56

Figura 2. Materia seca aérea (MSA, $g.m^{-2}$) de los cultivos de cobertura en mitad de espigado (2015) y grano lechoso (2016). Letras iguales en las barras indican diferencias no significativas entre los tratamientos según el test DGC (Di Rienzo, Gutzmán y Casanoves) con una probabilidad del 5%. Barras llenas: 2015 y vacías: 2016. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2015-2016. 58

Figura 3. Productividad en grano ($g.m^{-2}$) de maíz en los distintos cultivos de cobertura. Letras iguales en las barras indican diferencias no significativas entre los tratamientos según el test DGC (Di Rienzo, Gutzmán y Casanoves) con una probabilidad del 5%. BQ: barbecho químico. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2017. 58

Capítulo IV

Figura 1. Representación esquemática de los factores y recursos ambientales que afectan (en rojo) o favorecen (en verde) la emergencia de malezas ante la presencia de residuos de cultivos de cobertura. Las “X” indican el proceso en el cual interfieren. (Modificado de Teasdale y otros, 2007). 68

Figura 2. Precipitaciones y temperaturas durante el ciclo de crecimiento de los cultivos de cobertura (a y b, respectivamente) y durante la descomposición de los residuos (c y d, respectivamente). Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2006-2019.72

Figura 3. Materia seca aérea de los cultivos de cobertura (MSA CC, $g.m^{-2}$) en madurez en 2016-2018. Letras iguales indican diferencias no significativas mediante el Test DGC (Di Rienzo, Gutzman y Casanoves, 2002) (probabilidad del 5%). Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2016-2018. 73

Figura 4. Materia seca aérea (MSA, g.m⁻²) de los cultivos de cobertura (CC) en madurez 2017 (a) y 2018 (b). A: Avena sativa, T: Triticosecale, V: Vicia villosa, 500: 500 pl.m⁻², 750: 750 pl.m⁻². Letras iguales indican diferencias no significativas mediante el Test DGC (Di Rienzo, Gutzman y Casanoves, 2002) (probabilidad del 5%). Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2017-2018. 74

Figura 5. Materia seca aérea de cultivos de cobertura (MSA CC, g.m⁻²) (en barras), materia seca aérea de malezas (g.m⁻²) (línea punteada) y número de individuos de malezas (n°.m⁻²) (línea sólida) a los 0, 16, 33, 46, 71, 93, 99, 115 y 144 días desde el secado (DDS) de los cultivos de cobertura. 500 y 750: 500 y 750 pl.m⁻². Barras vacías: 2016-2017, llenas: 2017-2018 y rayadas: 2018-2019. Números sobre las barran: tasas de descomposición de los residuos de cultivos de cobertura. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2016-2019. 79

Figura 6: Descomposición de residuos de cultivos de cobertura (MSA CC; g.m⁻²) a los 38, 76, 113 y 151 días desde el secado (DDS) durante 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019, color azul, verde y rojo, respectivamente. 500 y 750: densidades de 500 y 750 pl.m⁻², respectivamente. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2016-2019..... 82

Figura 7. Temperatura del suelo (°C) a los 2, 5 y 10 cm de profundidad (barras rayadas, llenas y vacías, respectivamente) a los 16, 33, 46 y 144 días desde el secado (DDS). A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, 500 y 750: 500 y 750 plantas.m⁻², respectivamente. Pergamino, Buenos aires, Argentina, 2016-2017. 85

Figura 8. Temperatura del suelo (°C) a los 2, 5 y 10 cm de profundidad (barras rayadas, llenas y vacías, respectivamente) a los 71 y 115 días desde el secado (DDS). A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, 500 y 750: 500 y 750 plantas.m⁻², respectivamente. Pergamino, Buenos aires, Argentina, 2017-2018. 86

Capítulo V

Figura 1. Número de cohortes emergidas de *Bowlesia incana* en 2016- 2018. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2016- 2018. 100

Figura 2. Número de cohortes de <i>Bowlesia incana</i> en los diferentes cultivos de cobertura. BQ: barbecho químico, A: <i>Avena sativa</i> ; V: <i>Vicia villosa</i> ; T: <i>Triticosecale</i> ; 500: 500 pl.m ⁻² ; 750: 750 pl.m ⁻² . Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2018.	101
Figura 3. Número de plántulas emergidas de <i>Bowlesia incana</i> (pl.m ⁻²) en las distintas cohortes. 2016 (a), 2017 (b) y 2018 (c). Barras llenas: primera cohorte, rayadas: segunda cohorte, vacías: tercera cohorte, amarillas: cuarta cohorte, marrones: quinta cohorte, grises: sexta cohorte y azules: séptima cohorte. BQ: barbecho químico, A: <i>Avena sativa</i> ; V: <i>Vicia villosa</i> ; T: <i>Triticosecale</i> , 500: 500 pl.m ⁻² , 750: 750 pl.m ⁻² . Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2016, 2017 y 2018.	102
Figura 4. Número de plántulas emergidas de <i>Bowlesia incana</i> en la primera cohorte. 2016- 2018. Pergamino, Buenos Aires, Argentina.	102
Figura 5. Tabla de vida de <i>Bowlesia incana</i> en distintos cultivos de cobertura. Cada columna indica una cohorte. Números dentro de las cajas: individuos.m ⁻² . Números entre las cajas: tasas de supervivencia. 2016. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2016.	104
Figura 6. Tabla de vida de <i>Bowlesia incana</i> en distintos cultivos de cobertura. Cada columna indica una cohorte. Números dentro de las cajas: individuos.m ⁻² . Números entre las cajas: tasas de supervivencia. 500: 500 pl.m ⁻² , 750: 750 pl.m ⁻² . 2017. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2017.	105
Figura 7. Tabla de vida de <i>Bowlesia incana</i> en distintos cultivos de cobertura. Cada columna indica una cohorte. Números dentro de las cajas: individuos.m ⁻² . Números entre las cajas: tasas de supervivencia. 2018. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2018.	108
Figura 8. Número de cohortes de <i>Conyza bonariensis</i> en 2016, 2017 y 2018. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2016, 2017 y 2018.	109
Figura 9. Número de cohortes de <i>Conyza bonariensis</i> en los diferentes cultivos de cobertura. 2016: barras llenas, 2017: barras vacías y 2018: barras rayadas. A: <i>Avena sativa</i> ; T: <i>Triticosecale</i> ; V: <i>Vicia villosa</i> ; BQ: barbecho químico, 500: 500pl.m ⁻² , 750: 750 pl.m ⁻² . Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2016, 2017 y 2018.	109

Figura 10. Número de plántulas emergidas de *Conyza bonariensis* (pl.m⁻²) en las distintas cohortes. 2016 (a), 2017 (b) y 2018 (c). Barras llenas: primera cohorte; rayadas: segunda cohorte; vacías: tercera cohorte; amarillas: cuarta cohorte; marrones: quinta cohorte y grises: sexta cohorte. A: *Avena sativa*; T: *Triticosecale*; V: *Vicia villosa*; BQ: barbecho químico. 500: 500 pl.m⁻², 750: 750 pl.m⁻². Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2016-2017-2018. 111

Figura 11. Tabla de vida de *Conyza bonariensis* en distintos cultivos de cobertura. Cada columna indica una cohorte. Números dentro de las cajas: individuos.m⁻². Números entre las cajas, tasas de supervivencia. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2016. .113

Figura 12. Tabla de vida de *Conyza bonariensis* en distintos cultivos de cobertura. Cada columna indica una cohorte. Números dentro de las cajas: individuos.m⁻². Números entre las cajas, tasas de supervivencia. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2017.. 114

Figura 13. Tabla de vida de *Conyza bonariensis* en distintos cultivos de cobertura. Cada columna indica una cohorte. Números dentro de las cajas: individuos.m⁻². Números entre las cajas, tasas de supervivencia. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2018....116

Figura 14. Emergencia acumulada de malezas (pl.m⁻²) durante el ciclo de crecimiento y descomposición de los residuos de distintos cultivos de cobertura. Línea gris: *Avena sativa*, azul: *Triticosecale*, verde: *Vicia villosa*, naranja: *Avena sativa/Triticosecale*, celeste: *Avena sativa/Vicia villosa*, negra: *Triticosecale/Vicia villosa*, fucsia: *Avena sativa/Triticosecale/Vicia villosa*, naranja punteada: *Avena sativa/Triticosecale*(500), celeste punteada: *Avena sativa/Vicia villosa*(500), negra punteada: *Triticosecale/Vicia villosa*(500), fucsia punteada: *Avena sativa/Triticosecale/Vicia villosa*(750), roja: barbecho químico. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2016-2018. 117

Figura 15. Flujos de emergencia de malezas naturales durante el ciclo de crecimiento de distintos cultivos de cobertura y durante la descomposición de los residuos. Línea gris: *Avena sativa*, línea azul: *Triticosecale*, línea verde: *Vicia villosa*, línea naranja: *Avena sativa/Triticosecale*, línea celeste: *Avena sativa/Vicia villosa*, línea negra: *Triticosecale/Vicia villosa*, línea fucsia: *Avena sativa/ Triticosecale/ Vicia villosa*, línea punteada naranja: *Avena sativa/ Triticosecale* (500), avena/vicia(500): línea punteada

celeste, línea punteada negra: *Triticosecale*/ *Vicia villosa* (500), línea punteada fucsia: *Avena sativa*/ *Triticosecale*/ *Vicia villosa* (750), barbecho químico: línea roja. 500: 500 pl.m⁻², 750: 750 pl.m⁻². Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2016-2017-2018..... 118

Figura 16. Contribución de cada especie de maleza en los flujos de emergencia de malezas naturales durante el ciclo de crecimiento de los cultivos de cobertura y durante la descomposición de los residuos. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2016-2018. Área roja: *Conyza bonariensis*, naranja: *Bowlesia incana*, verde: *Chenopodium album*, amarilla: *Veronica peregrina*, celeste: *Stellaria media*, fucsia: *Digitaria sanguinalis*, azul: *Bidens spp.*, rosa: *Avena sativa*, violeta: *Veronica spp.*, línea sólida roja: *Lysimachia arvensis*, línea punteada: *Verbena bonariensis*, área negra rayada diagonalmente hacia la derecha: *Cardamine hirsuta*, gris: *Triodanis perfoliata*, marrón: *Lamium amplexicaule*, bordó: *Amaranthus hybridus*, rayada verticalmente negro: *Sorghum halepense*, punteada negra: *Cerastium glomeratum*, rayada negra diagonalmente hacia la izquierda: *Trifolium pratense*, rayada horizontalmente negra: *Parietaria debilis*, rayada azul: *Cyperus rotundus*, rayada horizontalmente verde: *Chloris spp.*, rayada verticalmente verde: *Trifolium repens*, rayada roja: *Cyclosporum leptophyllum*, rayada horizontalmente naranja: *Chenopodium pumilio*, rayada verticalmente naranja: *Coronopus didymus*, rayada fucsia: *Echinochloa colona*, línea sólida negra: otras especies de malezas. 120

Figura 17. Participación de las distintas especies de malezas (%) en diferentes cultivos de cobertura. 2016-2017-2018. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. Rojo: *Conyza bonariensis*, naranja: *Bowlesia incana*, verde: *Chenopodium album*, amarillo: *Veronica peregrina*, celeste: *Stellaria media*, fucsia: *Digitaria sanguinalis*, azul: *Bidens spp.*, rosa: *Avena sativa*, violeta: *Veronica spp.*, borde rojo: *Lysimachia arvensis*, borde negro punteado: *Verbena bonariensis*, rayada verticalmente negro: *Sorghum halepense*, rayada negra diagonalmente: *Trifolium pratense*, blanco: otras especies de malezas.121

Figura 18. Radiación fotosintéticamente activa interceptada (iRFA) por los distintos cultivos de cobertura en macollaje (a, c) y mitad de espiga visible (b, d). Barras llenas: 2016 y vacías: 2017. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, BQ: barbecho

químico, 500: 500 pl.m⁻², 750: 750 pl.m⁻². Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2016-2017..... 123

Figura 19. Materia seca aérea de cultivos de cobertura (MSA CC, g.m⁻²). a) Madurez de cultivos de cobertura 2017, b) 178 días desde el secado 2017, c) 178 días desde el secado 2018. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, 500: 500 pl.m⁻², 750: 750 pl.m⁻². Pergamino,

Buenos Aires, Argentina. 2017-2018 124

Resumen

El uso masivo e irracional de herbicidas como única alternativa para el manejo de malezas en los sistemas productivos incrementó la presión de selección sobre los biotipos de malezas con la consecuente expansión de la resistencia en los sistemas productivos de la Región Pampeana. Así, en Argentina se detectaron 30 biotipos de malezas resistentes, con resistencias simples y/o múltiples, con una tendencia al aumento exponencial. Por lo tanto, para resolver esta problemática se debe apuntar a generar una agricultura de procesos, donde entender la naturaleza de los procesos de enmalezamiento y la influencia que los factores de manejo del cultivo ejercen sobre el mismo, será un paso inevitable. Para avanzar hacia una agricultura de procesos desde la protección vegetal, es necesario el desarrollo de alternativas culturales de manejo de malezas a mediano y largo plazo. Dentro de las mismas el uso de cultivos de cobertura podría poseer un rol preponderante hacia la racionalización del manejo de malezas en sistemas agrícolas extensivos.

En la presente tesis se estudió el efecto de distintas monoculturas y consociaciones de cultivos de cobertura sobre el número de individuos, la materia seca aérea, especies y número de especies de malezas tanto durante el ciclo de crecimiento de los mismos, así como también durante el período de descomposición de los residuos. Además, se caracterizaron las estructuras de canopeo de distintos cultivos de cobertura y se lo relacionó con la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa y el número de individuos y materia seca aérea de malezas. Asimismo, se estudió el efecto de monoculturas y consociaciones de cultivos de cobertura sobre los procesos demográficos de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis*, y los flujos de emergencia de otras malezas. También se estudió el efecto del empleo de cultivos de cobertura sobre la productividad en grano del cultivo de maíz o soja siguiente en la rotación.

Los resultados encontrados en la presente tesis indicaron que el empleo de cultivos de cobertura disminuyó el número de individuos, la materia seca aérea y el número de especies de malezas tanto durante el ciclo de crecimiento, así como también durante el período de descomposición de los residuos. Además, se redujo la diversidad específica de las especies de malezas posiblemente debido a la adaptación de las malezas a las condiciones bajo cultivos de cobertura. Esto resulta importante dado que

Resumen

se podría conducir a un sistema constituido por una o unas pocas especies de malezas dominantes. Por otro lado, el empleo de cultivos de cobertura afectó negativamente los procesos demográficos de *Conyza bonariensis* y *Bowlesia incana*. Esto resulta muy interesante dado que no se generó aporte de semillas al banco con lo cual se esperaría que estas poblaciones de malezas disminuyan su frecuencia al incluir cultivos de cobertura en la rotación. Sumado a ello, no se encontró una relación entre el porcentaje de intercepción de la radiación fotosintéticamente activa y el número de individuos y la materia seca aérea de malezas. Esto pone de manifiesto que otros factores como el uso de recursos subterráneos o la alelopatía ejercida por los cultivos de cobertura debería estudiarse. Asimismo, el empleo de cultivos de cobertura no afectó la productividad en grano del cultivo de soja, mientras que el cultivo de vicia en monoculturas o consociado con otras especies aumentó la productividad en grano del cultivo de maíz. De esta manera, es factible la inclusión de cultivos de cobertura en los sistemas productivos de la Región Pampeana debido a que favorecen la reducción del número de individuos y la materia seca aérea de malezas, las aplicaciones de herbicidas y no se afecta la productividad en grano de los cultivos posteriores. Esta herramienta permitiría disminuir el uso de herbicidas con la consecuente disminución en el impacto ambiental y en la presión de selección sobre biotipos de malezas resistentes, disminuyendo la expansión de la resistencia en los sistemas productivos de la Región.

Abstract

The massive and irrational use of herbicides as the only alternative for weed management in productive systems increased the selection pressure on weed biotypes with the consequent expansion of resistance in the productive systems of the Region. Thus, in Argentina, 30 biotypes of resistant weeds were detected, with simple and/or multiple resistances, with a tendency to increase exponentially. Therefore, to solve this problem, it is necessary to aim to generate a process agriculture, where understanding the nature of the weeding processes and the influence that crop management factors exert on it, will be an inevitable step. In order to move towards a process agriculture from plant protection, it is necessary to develop cultural alternatives for weed management in the medium and long term. Within them, the use of cover crops could have a preponderant role towards the rationalization of weed management in extensive agricultural systems.

In the present thesis, the effect of different monocultures and mixtures of cover crops on the number of individuals, aerial dry matter, species and number of weed species was studied both during their growth cycle, as well as during the decomposition of their residues. In addition, the canopy structures of different cover crops were characterized and related to the interception of photosynthetically active radiation and the number of individuals and aerial dry matter of weeds. Likewise, the effect of monocultures and mixtures of cover crops on the demographic processes of *Bowlesia incana* and *Conyza bonariensis*, and weed emergence flows were studied. The effect of the use of cover crops on the grain productivity of the next corn or soybean crop in the rotation was also studied.

The results found in this thesis indicated that the use of cover crops decreased the number of individuals, aerial dry matter and the number of weed species both during the growth cycle, as well as during the residue decomposition period. In addition, the specific diversity of the weed species was reduced possibly due to the adaptation of the weed species to the conditions under cover crops. This is important as it could lead to a system made up of one or a few dominant weed species. On the other hand, the use of cover crops negatively affected the demographic processes of *Conyza*

Abstract

bonariensis and *Bowlesia incana*. This is very interesting given that no seed contribution was generated to the bank, with which it would be expected that these weed populations would decrease their frequency by including cover crops in the rotation. In addition, no relationship was found between the interception percentage of photosynthetically active radiation and the number of individuals and the aerial dry matter of weeds. This shows that other factors such as the use of underground resources or the allelopathy exerted by cover crops should be studied. Likewise, the use of cover crops did not affect the grain productivity of the soybean crop, while the cultivation of vetch in monocultures or associated with other species increased the grain productivity of the corn crop. In this way, the inclusion of cover crops in the productive systems of the Region is feasible because they favor the reduction of the number of individuals and the aerial dry matter of weeds, the applications of herbicides and the grain productivity of subsequent crops. This tool would reduce the use of herbicides with the consequent reduction in environmental impact and in the selection pressure on biotypes of resistant weeds, reducing the expansion of resistance in the productive systems of the Region.

Capítulo I: Introducción general

1. Definición del problema y estado actual del conocimiento

En Argentina, a partir de los primeros años de la década del 60 se comenzó a generar en gran parte de la región pampeana un proceso de agriculturización, que se fue acentuando en décadas siguientes, extendiéndose dicho fenómeno a regiones consideradas como marginales para el cultivo de granos (Zarrilli, 2008). El cultivo de granos, en particular de maíz, trigo, girasol y soja, propios de la región pampeana central, se expandió hacia las zonas perimetrales de esa región y también al NEA y NOA (INTA, 2003; Trigo y Cap, 2006; Navarrete y otros, 2009). El proceso de “agriculturización” se define como el uso creciente y continuo de las tierras para cultivos agrícolas en lugar de usos ganaderos o mixtos. La agriculturización también se asocia a cambios tecnológicos, intensificación ganadera, expansión de la frontera agropecuaria hacia regiones extrapampeanas, con una marcada tendencia hacia el monocultivo (principalmente soja), afectando fuertemente la sostenibilidad (Viglizzo y otros, 2002; Navarrete y otros, 2009). Así, los lotes de mayor calidad, destinados originalmente a ganadería, fueron desplazados por la agricultura (Navarrete y otros, 2009). Como resultado, se produjo un fenómeno de “sojización” que se acentuó a partir de la campaña 1996/97, cuando se liberaron al medio productivo para su siembra los primeros genotipos de soja transgénica resistente a glifosato (INTA, 2003). De esta manera, la superficie sembrada con el cultivo de soja aumentó de 169400 has a 6700000 has desde 1972/1973 hasta la campaña 1996/1997 (Mincyt, 2023). En la actualidad, 16100000 has son sembradas con soja en Argentina (Magyp, 2023). 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). Así, de acuerdo con los resultados obtenidos por Scursioni 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. 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; Tilman, 1999; Stoate y otros, 2001; Owen, 2016).

1.1. Justificación y antecedentes

El consumo de herbicidas creció año a año por el mayor uso del glifosato y de los ingredientes activos para el control 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/litros 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, glifosato fue el ingrediente activo más utilizado entre 2017 y 2020 (Acciaresi y otros, 2020). Además, cinco mecanismos de acción representaron el 82% de la superficie aplicada (Acciaresi y Principiano, 2020). Asimismo, el uso de herbicidas con actividad residual en el suelo incrementó el proceso de selección de biotipos resistentes (Gaines y otros, 2020). Así, en el mundo se han identificado 266 especies resistentes a herbicidas, con un predominio de dicotiledóneas sobre monocotiledóneas. Dichas especies han registrado resistencia en 21 sitios de acción de herbicidas de los 31 conocidos, en 71 países. En Argentina se han detectado 30 biotipos de malezas resistentes correspondiente a 21 especies, con resistencias simples y/o múltiples desde 1996 hasta la actualidad (Heap, 2023).

La creciente necesidad de aumentar la producción de los cultivos por un lado y de lograr que la misma sea sustentable por 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). En este contexto la disminución relativa del costo de los

herbicidas más efectivos llevó a su empleo masivo e irracional que comenzó a atentar contra esa simplicidad (Gaines y otros, 2020).

De este modo, se observa que para resolver esta problemática se debe apuntar a generar una agricultura de *procesos*, donde la comprensión de la naturaleza de los procesos de enmalezamiento y la influencia que los factores de manejo del cultivo ejercen sobre el mismo, será un paso necesario para mejorar la sustentabilidad de los agroecosistemas (Gugliemini y otros, 2015). Sólo de esa manera se podrá avanzar hacia el diseño concreto de un manejo racional de malezas (Petit y otros, 2011; Beckie y otros, 2019). Para avanzar hacia una agricultura de procesos desde la protección vegetal, es necesario el desarrollo de alternativas culturales de manejo de malezas a mediano y largo plazo. Ello necesariamente involucra el rediseño de los sistemas de producción como elementos necesarios a ser tenidos en cuenta para el desarrollo de sistemas sustentables (Guglielmini y otros, 2003; Neve y otros, 2018).

Dentro de ellos es posible incluir prácticas tales como el empleo de cultivos de cobertura (CC), las rotaciones, 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 micrositios 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 los 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). 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).

1.2. 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, manteniendo 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 en la productividad de los cultivos se reduce al mínimo (Barberi, 2002; Storkey y otros, 2015; Finney y Kaye, 2017).

Bajo el marco conceptual de las reglas del ensamblaje de la comunidad, las prácticas de manejo de cultivos pueden ser conceptualizadas como “filtros” que impiden o favorecen el establecimiento y crecimiento de una determinada especie de maleza presente en la comunidad de malezas factible de colonizar un sitio (Booth y Swanton 2002; Cardina y otros, 2002). Estos “filtros” actúan en las características vegetales tales como el flujo de emergencia, susceptibilidad a fitotoxinas, hábito de crecimiento y tiempo de producción de semillas en lugar de actuar sobre la especie per se. Así un “filtro” o una serie de “filtros” pueden ser identificados y analizados en la interacción con las características funcionales de las malezas (Gugliemini y otros, 2015).

El conocimiento del esquema conceptual de ensamblaje permitirá el desarrollo de predicciones respecto al impacto que una determinada estrategia de manejo tendrá

sobre la comunidad de malezas resultante, pudiendo ser aplicada a lo largo de un agroecosistema (Booth y Swanton 2002; Gunton y otros, 2011). Asimismo, permitirá entender los procesos agronómicos que intervienen en la evolución de una determinada población de malezas. Esto permitirá conocer la importancia relativa de las especies emergentes como nuevas malezas de importancia en los sistemas agrícolas (Gugliemini y otros, 2015).

1.3. Cultivos de cobertura y dinámica poblacional de malezas

Distintos trabajos han determinado que la composición de la comunidad de malezas puede variar en respuesta a prácticas de manejo (Cléments y otros, 1994; Riar y otros, 2013; Maqsood y otros, 2020). Esta modificación en la composición específica puede resultar en una comunidad de malezas difícil de controlar con los mismos herbicidas, requiriendo de nuevos principios activos para minimizar su efecto negativo sobre los agroecosistemas (Buhler, 1995; Owen, 2016). Así, por ejemplo, el uso repetido de herbicidas con el mismo modo de acción puede conducir a llevar a la comunidad a una preponderancia de biotipos resistentes que requieren el uso de herbicidas de distinto modo de acción o prácticas culturales sin el empleo de herbicidas (Owen, 2008; Gaines y otros, 2020). De esta manera, la teoría del ensamblaje de la comunidad es un marco conceptual adecuado para comprender, predecir y finalmente manejar un cambio florístico de una comunidad de malezas (Weiher y Keddy, 1999; Storkey y otros, 2010; Gugliemini y otros, 2015).

Para entender los procesos que regulan el tamaño de las poblaciones a la vez de determinar cuáles de estos resultan críticos, es necesario estudiar la demografía de las mismas (Sagar y Mortimer, 1976; Zambrano-Navea y otros, 2018). Dichos estudios consisten en determinar el número de individuos que componen las distintas clases de edad existentes dentro de la población. De esta manera, se puede establecer la proporción de individuos que pasa a la siguiente clase de edad e identificar los procesos demográficos que resultan particularmente críticos en la regulación del crecimiento de la población (Fernandez- Quintanilla y otros, 1991). La germinación y

emergencia de los individuos, la supervivencia y fecundidad, son procesos demográficos claves en la regulación poblacional (Fernandez- Quintanilla y otros, 1991; Leguizamón y otros, 2014). El estudio de las poblaciones de malezas en función del tiempo contribuye a comprender y por lo tanto predecir, la “dirección” o trayectoria que pueden seguir las poblaciones a lo largo del tiempo (Cousens y Mortimer, 1995; Liebman y otros, 2021). Así, en el marco de esta trayectoria, la tasa de cambio del tamaño poblacional tiene particular interés en el manejo de malezas, ya que indicará el momento en que una especie sobrevivirá a una acción de manejo o no. El patrón de emergencia de una maleza tiene una gran influencia en la habilidad para tomar recursos y producir descendencia (Lindquist y otros, 1995; Verdú y Mas, 2006; Liebman y otros, 2021), afectando la efectividad de algunas prácticas de control de malezas. Por ejemplo, especies que emergen tardíamente en la estación o que poseen un período de emergencia prolongado podrían escapar a la acción de herbicidas y producir un alto número de semillas (Burke y otros, 2003; Puricelli y Tuesca, 2005; Scursioni y otros, 2007; Liebman y otros, 2021).

Estudios previos mostraron que el uso de *Vicia villosa*, (Hassannejad y Mobli, 2014), *Lolium multiflorum* (Faget y otros, 2012), y *Secale cereale* (Smith y otros, 2020) como CC reducen la materia seca aérea (MSA), densidad y diversidad específica de las malezas. Además, Cornelius y Bradley (2017) y Liebman y otros (2021) han observado una disminución entre el 35 y 70% en la emergencia de *Amaranthus tuberculatus* con el uso de *Secale cereale* como CC. Asimismo, Wallace y otros (2019) encontraron que el empleo de CC disminuye la densidad de emergencia de *Conyza canadensis* entre 56 a 82% con relación a un tratamiento sin CC.

1.4. Los cultivos de cobertura en pie y la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa

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 comunidades mixtas

de cultivos-malezas, la disponibilidad de radiación solar es uno de los procesos que afecta la productividad del cultivo y de las malezas (Hurd y otros, 1980; Yasin y otros, 2019). La densidad de plantas y la estructura de canopeo (hábito de crecimiento, área foliar, ángulo de inserción y grosor de las hojas, diferencias en altura) de las malezas incide en la distribución de la radiación solar en el canopeo y la absorción de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) por el cultivo (Graham y otros, 1988; Acciaresi y otros, 2014). Así, las plantas erectas, las que presentan mayor área foliar en los dos tercios superiores del canopeo, hojas horizontales y gruesas y las de mayor altura, tendrán ventajas competitivas por este recurso. Según lo expuesto, las malezas que tengan dichos atributos, podrían ser mejores competidoras respecto al cultivo por ese recurso (Zimdhal, 2004). Asimismo, 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). 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). Asimismo, Dadashi y otros (2013) sostienen que los CC pueden inhibir la germinación de *Abutilon theophrasti*, *Sorghum halepense*, *Cucumis melo* y *Setaria glauca* a través de la competencia por la RFA. También, Caamal-Maldonado y otros (2001) encontraron que el canopeo cerrado de *Mucuna pruriens* disminuyó la cantidad de RFA en el suelo e inhibió el crecimiento de *Amaranthus spinosus*, *Amaranthus hybridus*, *Cenchrus insertus* y *Parthenium hysterophorus*.

Un parámetro importante en la captación de la radiación solar y por ende en el éxito reproductivo de un cultivo es el índice de área foliar (IAF) crítico. El IAF crítico se define como el valor de IAF con el cual se alcanza el 95% de la intercepción de la RFA (Gardner y otros, 1985). En estadios tempranos del ciclo, los cultivos son ineficientes en la captación de la radiación, debido a la escasa ocupación del espacio. Esta restricción, impuesta por el desarrollo del área foliar puede reducirse a través de la elección de genotipos que permitan una cobertura más rápida, logrando altos niveles de intercepción en el menor tiempo posible (Teasdale, 1998a; Cárcova y otros, 2002).

Así los CC que lleguen de manera más temprana al IAF crítico, cubrirán más rápidamente el suelo y serán mejores competidores con las malezas que en ausencia de CC (Kropff y van Laar, 1993). Además, con 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.

1.5. Residuos de cultivos de cobertura y su relación con el número de individuos y la materia seca aérea de malezas

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 RFA es posible detectar una declinación exponencial de la transmitancia lumínica relacionada con la 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; 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. Distintos estudios determinaron que es necesario un mínimo de 2000 a 4000 kg.ha⁻¹ de MSA producida por los CC para una supresión

significativa de *Setaria faberii*, *Panicum dichotomiflorum*, *Chenopodium album* y *Abutilon theophrasti* (Diuker y Curran, 2005), y de *Ambrosia artemisiifolia*, *Amaranthus spp.*, *Chenopodium album*, *Abutilon theophrasti*, *Polygonum pennsylvanicum* (Mischeler y otros, 2010b), al mismo tiempo que no resulte limitante el establecimiento y crecimiento del cultivo principal. Esta supresión se debe a una modificación en el microambiente de germinación de las semillas, que incluye: la radiación solar incidente y la temperatura del aire y del suelo (Teasdale y otros, 1991). Los residuos de los CC dejados en la superficie del suelo interceptan la radiación solar recibida (Teasdale y Mohler, 1993). La intercepción y la reflexión de las radiaciones de onda corta por parte de los residuos reducen la cantidad de radiación solar disponible en la superficie del suelo, el calor absorbido por el suelo a lo largo del día y la cantidad de humedad que se evapora. De esta manera, las especies de malezas anuales, de semillas pequeñas y con requerimientos de radiación solar para su germinación, son las más sensibles a los residuos superficiales, mientras que las especies anuales de semillas más grandes y las malezas perennes son relativamente insensibles a la presencia de residuos superficiales. Reberg-Horton y otros (2012) y Mirsky y otros (2013) demostraron que es necesario superar los 8000 kg.ha⁻¹ de MSA producida por los CC para una óptima supresión de malezas. Asimismo, Vann y otros (2018) observaron que con producciones de 5900 kg.ha⁻¹ de MSA de CC no se evidencian diferencias significativas en la MSA de malezas comparado con tratamientos sin CC. Además, estos residuos generan interferencia física en tanto algunas especies producen inhibición de la germinación por medio de la liberación de metabolitos (Teasdale y Mohler, 1993; Davis y Liebman, 2003; Shearin y otros, 2008; Oueslati y otros, 2022).

Los CC también pueden interferir en el proceso de enmalezamiento por medio de efectos indirectos, tal como el favorecer hábitats para el crecimiento de insectos depredadores de semillas (Shelton y Badenes-Perez, 2006).

Alcances

Las prácticas de manejo que pueden actuar como “filtros” se pueden clasificar en abióticas (labranza, herbicidas, fertilización y riego, entre otras) y bióticas (patógenos, depredadores de semillas e interferencia cultivo-maleza), siendo componentes claves del funcionamiento del agroecosistema (Navas, 2012). Si bien el conocimiento existente de los “filtros” de manejo abióticos tales como la labranza o los herbicidas se ha incrementado de manera importante en los últimos años (Smith 2006; Storkey y otros, 2010; Fried y otros, 2012; Beckie y otros, 2019), el conocimiento del efecto de los “filtros” bióticos, (específicamente la interacción cultivo-maleza), en los cambios florísticos de una comunidad de malezas está mucho menos desarrollado.

De acuerdo a lo anterior, los CC representan un potencial e importante “filtro” biológico de manejo, dado la posibilidad de interferir con las malezas por recursos aéreos y/o subterráneos y de esta manera poder potencialmente reducir (“filtrar”) la abundancia de una especie de maleza con una alta capacidad competitiva (Smith y Gross, 2007). Sin dudas, uno de los usos más importantes reservados a los CC es la de la supresión de malezas (Snapp y otros, 2005; Norsworthy y otros, 2011; Wallace y otros, 2019). De este modo resulta interesante determinar cómo podrían actuar los CC como filtros biológicos en la teoría del ensamblaje de la comunidad. La teoría clásica de la competencia sugiere que las especies con características morfológicas y funcionales similares relacionadas con la adquisición y utilización de recursos (deberían competir de manera más intensa que aquellas especies con características distintas para dichos atributos (MacArthur y Levins, 1967; Johansson y Keddy, 1991). Así, un determinado CC debería competir más intensamente con aquellas malezas que resultan ser similares en dichos atributos, limitando potencialmente la abundancia de dichas malezas (Violle y otros, 2011). Contrariamente, la hipótesis diversidad-invasibilidad (Elton, 1958) postula que las comunidades vegetales que contienen una diversidad específica deberían ser más resistentes a la invasión de nuevas especies debido, en parte, a una mayor complementariedad de explotación de recursos (Tilman, 1999; Loreau y otros, 2001; Hooper y otros, 2005; Fridley y otros, 2007).

Así, esta línea complementaria de la teoría ecológica vegetal sugiere que una policultura de CC con mayor diversidad específica y funcional debería actuar como un fuerte "filtro" biótico e interferir sobre un mayor número de grupos funcionales de las malezas, reduciendo en mayor medida la abundancia y riqueza de una comunidad de malezas, respecto a las monoculturas de CC. Además, algunos estudios sugieren que una mayor diversidad de CC podría resultar en una mayor MSA de los CC y por lo tanto, una mayor supresión de malezas (Akemo y otros, 2000; Brennan y Smith 2005; Lawson y otros, 2015).

A medida que se incremente la adopción de los CC para atender una gran diversidad de objetivos de manejo de los agroecosistemas, entre ellos la supresión de malezas, será necesario determinar si un CC específico incide ("filtra") diferencialmente sobre las malezas durante el ensamblaje de la comunidad. Este "filtrado" puede ser considerado direccional si distintos CC resultan en comunidades de malezas con una composición específica predecible diferente. Si los CC "filtran" de manera predecible y diferencial la comunidad de malezas, existiría la oportunidad de diseñar consociaciones de CC o rotaciones de CC para atender problemas específicos de malezas y potencialmente "direccionar" la comunidad de malezas hacia ensamblajes de comunidades con determinadas malezas que no resulten problemáticas (Couëdel y otros, 2018; Florence y otros, 2019; MaClaren y otros, 2019).

De este modo, es necesario desarrollar un marco conceptual para cuantificar y analizar los efectos de "filtrado" de los CC en el ensamblaje de la comunidad de malezas, determinando el efecto de los mismos sobre la estructura de la comunidad de malezas. Así como también estudiar el uso de la radiación fotosintéticamente activa, los aportes de residuos y establecer cuál es su relación con la MSA de malezas invernales para determinar de esta manera la factibilidad de la inclusión de los CC en los sistemas productivos para el manejo regional de malezas.

2. Hipótesis:

1. Las consociaciones de cultivos de cobertura ejercen una disminución en el

- crecimiento y la productividad de las malezas mayor que las monoculturas de cultivos de cobertura. (Capítulo II).
2. El incremento en la densidad de plantas de cultivos de cobertura, reduce el número y la materia seca aérea de malezas. (Capítulo II).
 3. El aumento de la diversidad específica por el empleo de cultivos de cobertura conduce a un sistema de mayor productividad de granos en el cultivo siguiente y con menor número de individuos y materia seca aérea de malezas. (Capítulo II).
 4. El empleo de consociaciones de cultivos de cobertura reduce la diversidad específica de la comunidad de malezas en mayor medida que las monoculturas de cultivos de cobertura. (Capítulo II).
 5. Los cultivos de cobertura con estructura del canopeo más cerrada, interceptan mayor radiación fotosintéticamente activa y tienen menor número de individuos y materia seca aérea de malezas que los cultivos de cobertura con estructura de canopeo más abierta. (Capítulo III).
 6. El aumento en la materia seca aérea de los residuos de cultivos de cobertura disminuye la tasa de descomposición, el número de individuos y la materia seca aérea de malezas. (Capítulo IV).
 7. El incremento en la cantidad de residuos de cultivos de cobertura en la superficie del suelo disminuye la temperatura del suelo y la amplitud térmica de éste (Capítulo IV).
 8. El empleo de cultivos de cobertura disminuye el número de cohortes, número de plántulas por cohorte, la supervivencia y fecundidad de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis*, disminuyendo el aporte al banco edáfico de semillas. (Capítulo V).
 9. El empleo de cultivos de cobertura disminuye los flujos de emergencia de malezas durante el ciclo de crecimiento, así como también durante la descomposición de los residuos. (Capítulo V).
 10. Las consociaciones de cultivos de cobertura disminuyen en mayor medida los flujos de emergencia de malezas que las monoculturas de cultivos de cobertura.

3. Objetivo general:

El objetivo general de la presente tesis es determinar la factibilidad de la incorporación de los cultivos de cobertura para el manejo de malezas a mediano plazo en los sistemas productivos de la Región Pampeana, a fin de disminuir la dependencia existente de herbicidas, y atenuar la aparición y reducir la incidencia de las malezas resistentes y/o tolerantes a herbicidas.

3.1. Objetivos específicos:

1. Determinar si distintas especies de cultivos de cobertura afectan la composición específica de una comunidad de malezas más allá del posible efecto competitivo, determinar los procesos que se encuentran involucrados en dicho cambio florístico y si el mismo implica un cambio potencial en la intensidad competitiva entre los componentes vegetales involucrados.

2. Determinar la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa durante el ciclo de crecimiento de distintos monocultivos y consociaciones de cultivos de cobertura, y su efecto sobre el número de individuos y la materia seca aérea de las malezas.

3. Determinar el efecto de diferentes cantidades y composiciones de residuos de cultivos de cobertura sobre la tasa de descomposición, y su relación con la composición y materia seca de la comunidad de malezas.

4. Caracterizar los flujos de emergencia de malezas naturales en diferentes monoculturas y consociaciones de cultivos de cobertura.

5. Realizar estudios demográficos de *Conyza bonariensis* y *Bowlesia incana* en monoculturas y consociaciones de cultivos de cobertura, determinar cuáles son los factores que modifican los procesos demográficos para poder predecir la dirección de las poblaciones de estas malezas a lo largo del tiempo.

6. Cuantificar la productividad en grano de la soja o maíz siguientes a la utilización de cultivos de cobertura.

Para el desarrollo de la tesis, se abordarán los siguientes enfoques conceptuales:

Capítulo II: los cultivos de cobertura y la influencia sobre la materia seca aérea, número de individuos y diversidad específica de malezas.

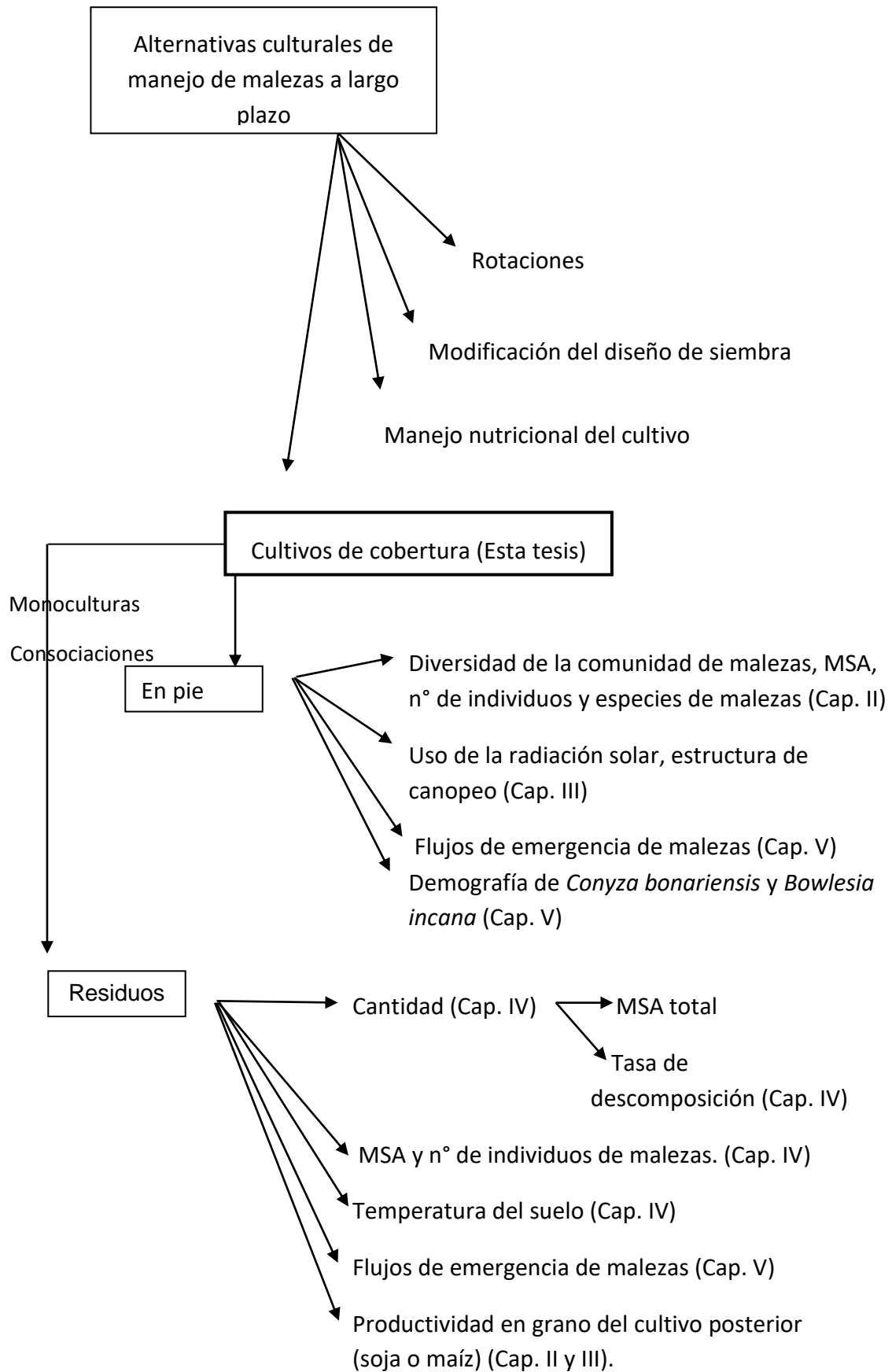
Capítulo III: Los recursos aéreos y la modificación por las diferentes especies de cultivos de cobertura.

Capítulo IV: Los residuos de los cultivos de cobertura y la incidencia en el número de individuos y la materia seca aérea de malezas.

Capítulo V: Estudios demográficos de *Conyza bonariensis* y *Bowlesia incana* y flujos de emergencias de malezas bajo distintos cultivos de cobertura.

Capítulo VI: Consideraciones finales.

Estructura de la tesis



Capítulo II: Los cultivos de cobertura y la influencia sobre la materia seca aérea, número de individuos y diversidad específica de malezas

Los resultados obtenidos en el presente capítulo fueron parcialmente publicados en "International Journal of Pest Management": Buratovich, M. V., y 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(4), 414-422.

1. Resumen

El objetivo del presente capítulo fue determinar el efecto de diferentes consociaciones (en distintas proporciones) y monoculturas de CC sobre la materia seca aérea, el número de individuos y la diversidad específica de malezas otoño-invernales. En la Estación Experimental Agropecuaria INTA Pergamino (Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 33° 51' S, 60° 34' W) se implantó un experimento con diferentes especies utilizadas como CC: *Avena sativa* (avena), *Triticosecale* (triticale) y *Vicia villosa* (vicia). Éstas, se sembraron en consociaciones y monoculturas en diferentes proporciones, contrastado con un barbecho químico (BQ). Se realizaron dos cortes a nivel del suelo de los CC en estadios de macollaje y grano lechoso de los CC gramíneas (Z 2.5 y 7.3 (Zadoks y otros, 1974), respectivamente) para obtener la materia seca aérea (MSAcc, g.m⁻²), la MSA de malezas (MSAm, g.m⁻²) y el número de individuos de malezas (malezas.m⁻²). Para cuantificar la diversidad específica de la comunidad de malezas, se identificaron las especies de malezas y se calcularon los índices de diversidad y equitatividad de Shannon y riqueza específica efectiva. En macollaje de los CC gramíneas se registró la mayor MSAcc y diversidad específica de la comunidad de malezas en la proporción 3:1 de *Avena sativa/Vicia villosa* sin diferencias significativas con el BQ. En grano lechoso de los CC no se registraron diferencias significativas en la MSAcc producida entre los CC y la diversidad específica de la comunidad de malezas en los CC fue prácticamente nula. En ambos momentos el mayor número y MSAm se registró en BQ en tanto los CC no registraron diferencias significativas. Los resultados obtenidos indican que los CC permiten reducir el número de individuos, la MSA y la

diversidad específica de la comunidad de malezas, más allá de las proporciones y consociaciones empleadas.

2. Introducción

El uso reiterado y excesivo de herbicidas como única alternativa para el manejo de malezas incrementó la presión de selección sobre biotipos de malezas generando resistencia a diferentes mecanismos de acción con la consecuente expansión de la resistencia en los sistemas productivos de la Región Pampeana. Así, en Argentina se detectaron 30 biotipos de malezas resistentes, con resistencias simples y/o múltiples, desde 1996 hasta la actualidad, con una tendencia a un aumento exponencial (Heap, 2023). De este modo, se observa que para resolver esta problemática se debe apuntar a generar una agricultura de *procesos*, donde será necesario entender la naturaleza de los procesos de enmalezamiento y la influencia que los factores de manejo del cultivo ejercen sobre el mismo. Para esto, es necesario el desarrollo de alternativas culturales de manejo de malezas a mediano plazo con el rediseño de los sistemas de producción para el desarrollo de sistemas sustentables (Fernández y otros, 2014). Dentro de éstos es posible incluir prácticas tales como el empleo de cultivos de cobertura (CC), las rotaciones, la modificación del diseño de siembra y el manejo nutricional del cultivo (Acciaresi y Sarandón, 2002).

Un marco conceptual adecuado para comprender, predecir y finalmente manejar un cambio florístico de una comunidad de malezas, resulta ser la teoría del ensamblaje de la comunidad (Weiher y Keddy, 1999; Storkey y otros, 2010). Bajo el marco conceptual de las reglas del ensamblaje, las prácticas de manejo de cultivos pueden ser conceptualizadas como “filtros” que impiden o favorecen el establecimiento y crecimiento de una determinada especie de maleza presente en la comunidad de malezas factible de colonizar un sitio (Booth y Swanton 2002; Cardinale y otros, 2006). Los CC representan un potencial e importante “filtro” biológico de manejo, dado la posibilidad de competir con las malezas por recursos aéreos (radiación solar) y/o subterráneos (agua y nutrientes) y de esta manera potencialmente poder reducir (i.e. “filtrar”) la abundancia de una especie de maleza con una alta capacidad competitiva

(Smith y Gross, 2007). La hipótesis diversidad-invasibilidad (Elton, 1958) postula que las comunidades vegetales que contienen una diversidad específica mayor deberían ser más resistentes a la invasión de nuevas especies que las monoculturas o las comunidades con pocas especies, debido, en parte, a un mayor y más eficiente uso de recursos (Fridley y otros, 2007). Así, esta línea complementaria de la teoría ecológica vegetal sugiere que respecto a una monocultura de cultivo-cultivo de cobertura, una policultura cultivo-cultivo de cobertura con mayor diversidad específica y funcional, debería actuar como un fuerte “filtro” biótico y debiera interferir sobre un mayor número de grupos funcionales de malezas, pudiendo reducir la abundancia y la riqueza de una comunidad de malezas. Para evaluar el posible efecto de los CC sobre la diversidad específica de la comunidad de malezas pueden utilizarse los índices de diversidad de Shannon (H'), índice de diversidad de Simpson (D), índice de equitatividad de Shannon (E) e índice de riqueza específica efectiva (eH'). Cada uno de estos índices hace énfasis en distintos componentes de la estructura de la comunidad (Magurran, 1988). Así, el índice de diversidad de Shannon posee mayor sensibilidad a las diferencias de abundancia de especies esporádicas comparado con el índice de diversidad de Simpson (McCune y Grace, 2002). La diversidad indica la variabilidad de la comunidad de malezas, la equitatividad mide la equidad en la abundancia de las especies, brindando una idea de la uniformidad y la riqueza específica efectiva indica el número de especies de malezas presentes en un área.

De esta manera, surge la necesidad de generar información regional acerca de las diferentes especies y consociaciones de CC a emplear y establecer cuál es la relación con la materia seca aérea de malezas invernales para determinar de esta manera la factibilidad de la inclusión de los CC en los sistemas productivos para el manejo regional de malezas.

Hipótesis

- 1- Las consociaciones de cultivos de cobertura ejercen una disminución en el crecimiento y la productividad de las malezas mayor que las monoculturas de

cultivos de cobertura.

- 2- El incremento en la densidad de plantas de cultivos de cobertura, reduce el número de individuos y la materia seca aérea de malezas.
- 3- El aumento de la diversidad específica por el empleo de cultivos de cobertura conduce a un sistema de mayor productividad de granos en el cultivo siguiente y con menor número de individuos y materia seca aérea de malezas.
- 4- El empleo de consociaciones de cultivos de cobertura reduce la diversidad específica de la comunidad de malezas en mayor medida que las monoculturas de cultivos de cobertura.

Objetivos

Determinar el efecto de distintas consociaciones (en distintas proporciones) y monoculturas de CC sobre la materia seca aérea, el número de individuos y la diversidad específica de malezas otoño-invernales así como también determinar la productividad en grano del cultivo estival siguiente en la rotación.

Objetivos específicos

1. Cuantificar la materia seca aérea de CC en macollaje y grano lechoso.
2. Cuantificar el número de individuos, la materia seca aérea de malezas y la composición de la comunidad de malezas en macollaje y grano lechoso de los CC.
3. Calcular los índices de Diversidad y Equitatividad de Shannon y Riqueza específica efectiva en macollaje y grano lechoso de los CC.
4. Cuantificar la productividad en grano de la soja o maíz siguientes en la rotación.

3. Materiales y métodos

En la Estación Experimental Agropecuaria INTA Pergamino (Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 33° 51' S, 60° 34' W) en un esquema de rotación soja-soja-maíz y bajo labranza cero, se implantaron dos experimentos con diferentes especies utilizadas como CC, densidades y proporciones. Previo a la siembra de los CC se realizó un censo en donde se registraron las distintas especies de malezas presentes. El lote designado a la experimentación provenía de más de 10 años de uso para la realización de experimentos, no se encontraba bajo ningún esquema de rotación. Las especies utilizadas como CC fueron: *Avena sativa* (avena), *Triticosecale* (triticale) y *Vicia villosa* (vicia). En 2016, 2017, 2018 y 2019, se sembraron consociaciones y monoculturas de CC en una densidad de 250 pl.m⁻², excepto en vicia que fue de 160 pl.m⁻². Además, en 2016, 2017 y 2018, se sembraron consociaciones de dos y tres especies de CC (en igual proporción) a una densidad de 500 y 750 pl.m⁻², respectivamente. En 2019, se sembraron consociaciones de dos y tres especies de CC en una proporción 3 (gramíneas): 1 (*Vicia villosa*).

De esta manera, los tratamientos fueron:

- Avena (250 pl.m⁻², 2016-2017-2018-2019)
- Triticale (250 pl.m⁻², 2016-2017-2018-2019)
- Vicia (160 pl.m⁻², 2016-2017-2018-2019)
- Avena/triticale (125 pl.m⁻² de cada uno, 2016-2017-2018-2019)
- Avena/vicia (125 pl.m⁻² de cada uno, 2016-2017-2018-2019)
- Triticale/vicia (125 pl.m⁻² de cada uno, 2016-2017-2018-2019)
- Avena/triticale/vicia (83 pl.m⁻² de cada uno, 2016-2017-2018-2019)
- Avena/triticale (250 pl.m⁻² de cada uno, 2016-2017-2018)
- Avena/vicia (250 pl.m⁻² de cada uno, 2016-2017-2018)
- Triticale/vicia (250 pl.m⁻² de cada uno, 2016-2017-2018)
- Avena/triticale/vicia (250 pl.m⁻² de cada uno, 2016-2017-2018)
- Avena/triticale (188 y 62 pl.m⁻² de cada uno, respectivamente, 2019)

- Avena/vicia (188 y 62 pl.m⁻² de cada uno, respectivamente, 2019)
- Triticale/vicia (188 y 62 pl.m⁻² de cada uno, respectivamente, 2019)
- Avena/triticale/vicia (94 pl.m⁻² de avena, 94 pl.m⁻² de triticale y 62 pl.m⁻² de vicia, 2019)
- Barbecho químico, sin CC (2016-2017-2018-2019).

Los CC se sembraron el 27 de mayo, 14 de junio, 22 de junio y 11 de julio, los años 2016, 2017, 2018 y 2019, respectivamente con un distanciamiento entre hileras de 17,5 cm. Además, al momento de la siembra de los CC, se fertilizaron con 120 kg.ha⁻¹ de 7-40-0-5 (N-P-K-S) y en macollaje de los CC gramíneas se fertilizó al voleo con 66 kg.ha⁻¹ de urea. En todos los años de estudio se incluyó un tratamiento sin CC y con barbecho químico. El diseño experimental utilizado fue en bloques completamente aleatorizados, con tres repeticiones. Las parcelas fueron de 10 m de ancho y 50 m de largo. El método de finalización de los CC fue químico y para esto se aplicaron 3 l.ha⁻¹ de glifosato (48%) con 0,3 l.ha⁻¹ de 2-4D. Así, se secaron el 11 de noviembre, 25 de octubre, 26 de noviembre y 21 de noviembre, los años 2016, 2017, 2018 y 2019, respectivamente. En los distintos años de estudio, las unidades experimentales mantuvieron la misma ubicación. Luego de la finalización de los CC, se sembraron los cultivos estivales. Así, se sembró soja a una distancia de 0,35 m entre hileras el 20, 22 y 19 de diciembre, los años 2016, 2017 y 2019, respectivamente. En 2018 se sembró maíz a una densidad de 8 pl.m⁻² y con una distancia entre hileras de 0,70 m. La fecha de siembra fue el 26 de diciembre. En este momento, se fertilizó con 120 kg.ha⁻¹ de 7-40-0-5 (N, P, K, S, respectivamente). Durante el período de crecimiento de los cultivos estivales no fueron necesarias aplicaciones para el control de plagas o enfermedades.

En 2018 y 2019, en cada unidad experimental, se realizaron dos cortes a nivel del suelo de los CC en macollaje (Z 2.5 (Zadoks y otros, 1974) y grano lechoso (Z 7.3). Para esto se utilizó un marco de una superficie de 0,25.m⁻² se arrojó al azar y se recolectó el material contenido. Luego se llevó a estufa a 65°C hasta peso constante para luego obtener la materia seca aérea (MSA, g.m⁻²) producida. Se recolectaron las malezas acompañantes, se registraron las especies y la MSA de las mismas.

Con el objetivo de cuantificar la diversidad de la comunidad de malezas en cada CC, se calcularon los índices de diversidad (H') y equitatividad (E) de Shannon y riqueza específica efectiva (eH') (Scursoni y Satorre, 2010) en macollaje y grano lechoso de los CC. Para este cálculo se registró el número de individuos y las especies de malezas presentes en $0,25.m^{-2}$.

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln p_i$$

$$E = H'(\ln S^{-1})$$

$$eH' = e^{H'}$$

En donde: P_i : Proporción del número total de individuos de la especie i .

S = Número de especies por parcela

$e = 2.72$

A partir de los datos obtenidos de la estación meteorológica del INTA Pergamino, se obtuvieron los datos de la temperatura media y las precipitaciones acumuladas durante el ciclo de crecimiento de los CC así como también durante el ciclo de crecimiento del cultivo estival. Además, se compararon las temperaturas medias y precipitaciones registradas durante los años de experimentación con los promedios históricos. Para esto, se calcularon los promedios de temperaturas medias y precipitaciones acumuladas durante el ciclo de crecimiento de los CC y del cultivo estival en los últimos 13 años.

Con el objetivo de cuantificar la productividad en grano del cultivo estival siguiente, en 2017, 2018 y 2019, se recolectaron las estructuras reproductivas de la soja o maíz en madurez, en una superficie de $2.m^{-2}$. Luego se realizó la cosecha manual. Estas muestras se pesaron y se cuantificó la humedad de los granos por medio de un

higrómetro. Luego se calculó el peso correspondiente al 14% de humedad para luego calcular la productividad en grano.

Los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) con modelos lineales generales y mixtos en el programa estadístico Infostat, de acuerdo con el diseño experimental correspondiente. Así, los tratamientos con CC y BQ fueron considerados como efectos fijos y el efecto de los bloques, aleatorios. Las medias de tratamientos se compararon por medio del test DGC (Di Rienzo, Guzmán, y Casanoves, 2002), ($p < 0,05$).

4. Resultados

Datos climáticos

Las precipitaciones acumuladas históricas durante el ciclo de crecimiento de los CC fueron de 377,2 mm (Figura 1a). En todos los años de estudio, las precipitaciones registradas durante ese período fueron menores a las precipitaciones históricas, con un valor de 296,2; 339,5; 356,3 y 250,5mm para 2016, 2017, 2018 y 2019, respectivamente (Figura 1a). Por otro lado, la temperatura media históricas durante el período de ciclo de crecimiento de los CC fue de 13,7°C. Las temperaturas medias registradas durante este período fueron de 13,0; 14,7; 13,6 y 14,0°C para 2016, 2017, 2018 y 2019, respectivamente (Figura 1c).

Durante el ciclo de crecimiento del cultivo estival, las precipitaciones históricas registradas fueron de 538,9 mm (Figura 1b). En los años de estudio, las precipitaciones registradas durante ese período fueron menores en 2017-2018 con un valor de 247,1 mm, mientras que en 2016-2017 y 2018-2019 las precipitaciones registradas fueron mayores a las históricas con un valor de 621,9 y 736,4mm, respectivamente (Figura 1b). La temperatura media histórica registrada durante el período de crecimiento del cultivo estival fue de 21,5°C. En 2015-2016, la temperatura media registrada fue igual al promedio histórico. Mientras que en 2016-2017 y 2017-2018 las temperaturas

medias registradas durante el período de crecimiento del cultivo estival fueron de 20,9 y 21,2°C, respectivamente (Figura 1d).

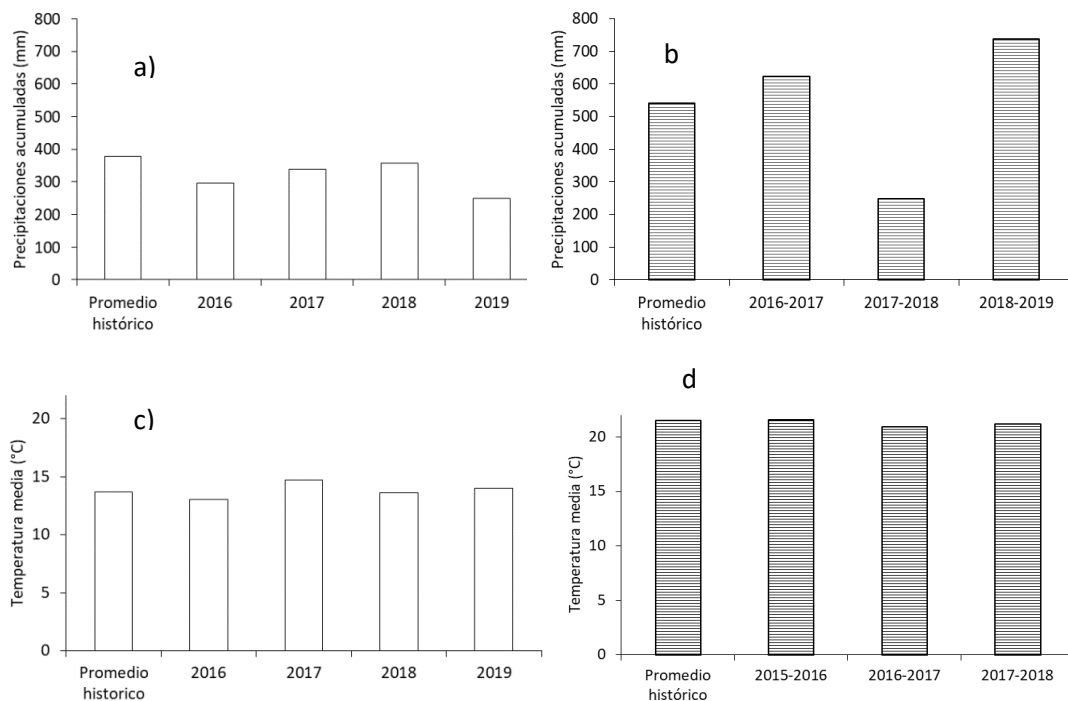


Figura 1: Precipitaciones acumuladas (mm) y temperatura media (°C) durante el ciclo de crecimiento de los cultivos de cobertura (a y c, respectivamente) y durante el ciclo de crecimiento del cultivo estival (b y d, respectivamente). Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2006-2019.

4.1. Especies de malezas

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir del censo de malezas, 25 especies de malezas fueron identificadas antes del inicio de la etapa experimental. Las especies identificadas fueron: *Bowlesia incana*, *Lamium amplexicaule*, *Stellaria media*, *Cerastium glomeratum*, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, *Parietaria debilis*, *Lolium multiflorum*, *Veronica spp.*, *Lysimachia arvensis*, *Cirsium vulgare*, *Carduus acanthoides*, *Coronopus didymus*, *Fumaria capreolata*, *Cotula australis*, *Conyza spp.*, *Bromus catharticus*, *Nothoscordum gracile*, *Eryngium paniculatum*, *Verbena bonariensis*, *Chenopodium album*, *Ammi majus*, *Sonchus oleraceus*, y *Capsella bursa-pastoris*.

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

En 2018, el CC de *Avena sativa* registró significativamente mayor MS_{Acc} en macollaje con un valor de 705,5 g.m⁻² registrando diferencias significativas con los demás CC. Contrariamente, la consociación de *Avena sativa/Triticosecale* en la densidad de 500 pl.m⁻² registró significativamente menor MS_{Acc} con un valor de 438 g.m⁻² (Figura 2.2, a). En grano lechoso de los CC, *Avena sativa*, *Triticosecale* y la consociación de *Avena sativa/Triticosecale* en ambas densidades, registraron la mayor MS_{Acc} con un promedio de 992 g.m⁻² (Figura 2.2, b) y con diferencias significativas respecto al resto de los CC. El resto de los CC registraron valores menores de MS_{Acc}, sin diferencias significativas entre éstos con un promedio de 740 g.m⁻². En macollaje de los CC, se registró la mayor MS_{Am} en el tratamiento de *Avena sativa*, con un promedio de 3,2 g.m⁻². El resto de los tratamientos registró menor MS_{Am}, sin diferencias significativas entre estos, con un promedio de 0,35 g.m⁻². El mayor número de individuos de malezas se registró en los CC de *Avena sativa* y *Triticosecale*, con un promedio de 73 pl.m⁻². En grano lechoso de los CC, se registró la mayor MS_{Am} en BQ, mientras que el mayor número de individuos de malezas en el CC de *Avena sativa*, *Triticosecale* y la consociación de estos en la proporción 1:1 (Figura 2.2b). En ambos estadios de desarrollo la MS_{Am} y el número de individuos de malezas en *Triticosecale/Vicia villosa*, *Avena sativa/Vicia villosa*, *Vicia villosa*, *Avena sativa/Triticosecale/Vicia villosa* y BQ fue nulo (Figura 2.2a y 2.2b).

En 2019, en macollaje de los CC, la proporción 3:1 de *Avena sativa/Vicia villosa* registró la mayor MS_{Acc} con un promedio de 298 g.m⁻² mientras que no se registraron diferencias significativas entre el resto de los CC con un promedio de 200 g.m⁻² (Figura 3a). En grano lechoso de los CC, no se registraron diferencias significativas en la MS_A producida entre los CC con un promedio de 540 g.m⁻² (Figura 3b). En ambos momentos el mayor número de individuos y la mayor MS_{Am} se registró en BQ con un promedio de 326 y 242 malezas.m⁻² y 70,70 g MSA.m⁻² y 74,29 g MSA.m⁻² en macollaje y grano lechoso de los CC, respectivamente en tanto los CC no registraron diferencias significativas con un promedio de 37 y 3 malezas.m⁻² y 2,97 y 0,51 g MSA.m⁻² en

macollaje y grano lechoso de los CC, respectivamente ($p > 0,05$) (Figuras 3a y 3b). En grano lechoso de los CC el número de individuos y la MSA en los CC de *Avena sativa*, *Vicia villosa*, *Avena sativa/Vicia villosa* y *Triticosecale/Vicia villosa* fue nula (Figura 3b).

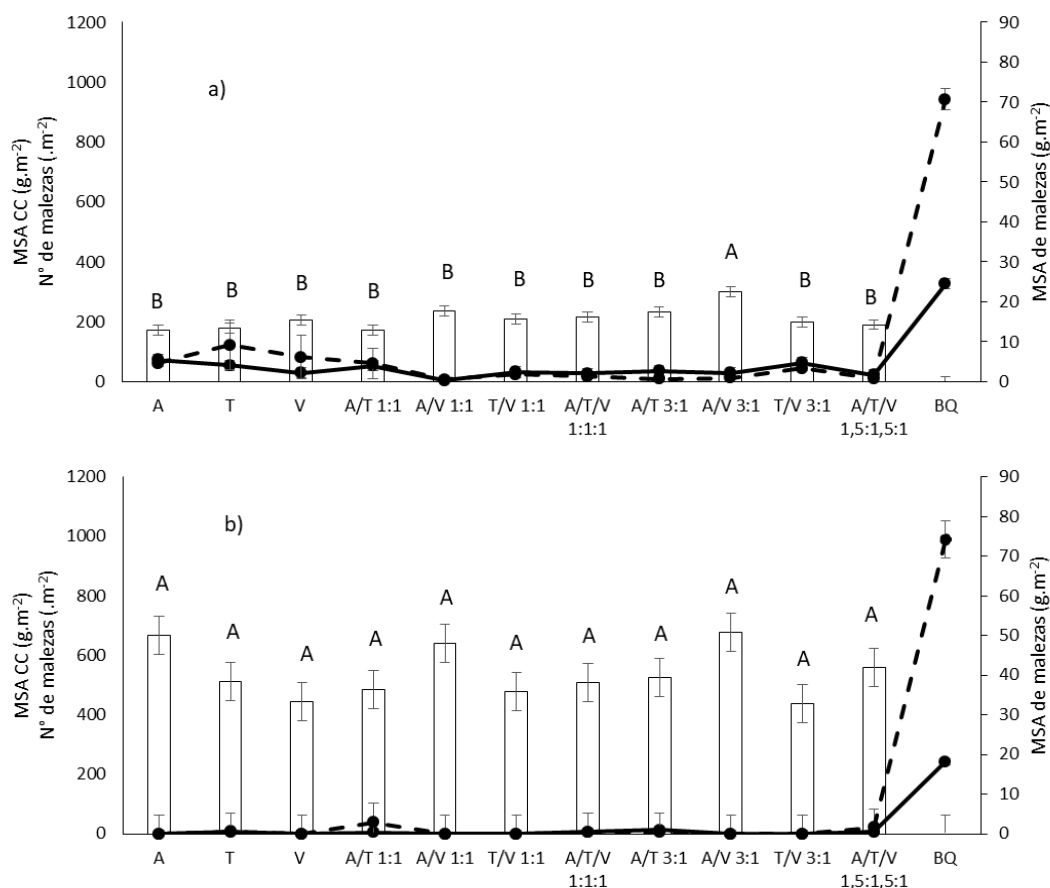


Figura 2: Materia seca aérea de cultivos de cobertura (MSA CC, g.m⁻²) (en barras), materia seca aérea de malezas (MSA de malezas, g.m⁻²) (línea punteada) y número de individuos de malezas (N° de malezas, n.º.m⁻²) (línea sólida) en macollaje (a) y grano lechoso (b) (Z 2.5 y 7.3, respectivamente) de los cultivos de cobertura. 2018. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, BQ: barbecho químico. 1:1: proporción 1:1, 500: 500 pl.m⁻², 750: 750 pl.m⁻². Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el test DGC (Di Rienzo, Gutzmán y Casanoves), (probabilidad 5%). Las

medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2018.

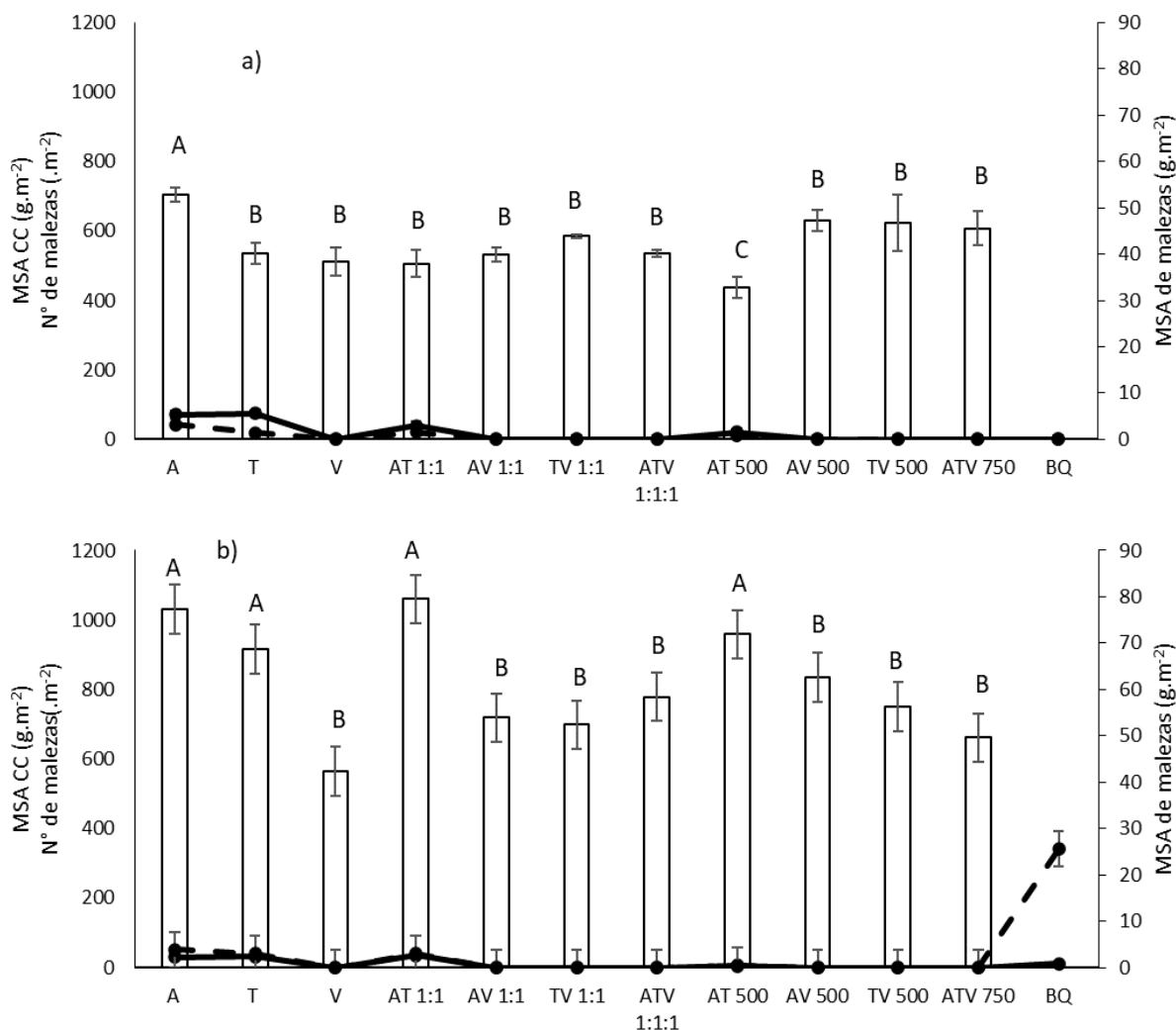
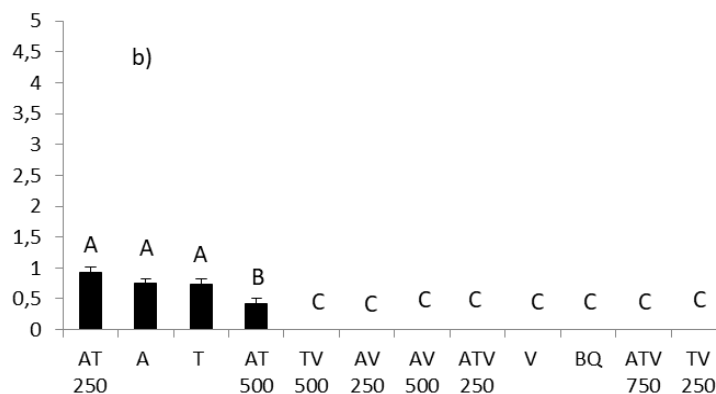
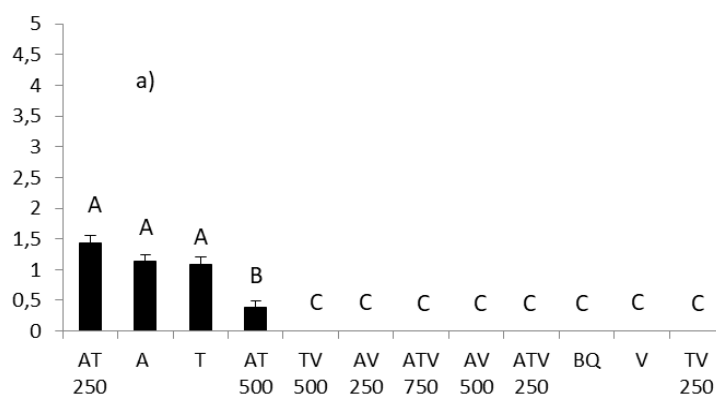


Figura 3: Materia seca aérea de cultivos de cobertura (MSA CC, g.m⁻²) (en barras), materia seca aérea de malezas (MSA de malezas, g.m⁻²) (línea punteada) y número de individuos de malezas (n° de malezas, n°.m⁻²) (línea sólida) en macollaje (a) y grano lechoso (b) (Z 2.5 y 7.3, respectivamente) de los cultivos de cobertura. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, BQ: barbecho químico. 2019. 1:1, 3:1 y 1,5:1,5:1: proporción de las especies en las consociaciones de cultivos de cobertura. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el test DGC (Di Rienzo, Gutzmán y Casanoves), (probabilidad 5%). 250, 500 y 750: densidades de 250, 500 y 750 pl.m⁻², en los cultivos de cobertura, respectivamente. Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2019.

4.3. Composición de la comunidad de malezas

En macollaje de los CC en 2018, se registró el mayor índice de diversidad y equitatividad de Shannon en los CC de *Avena sativa*, *Triticosecale* y la consociación de éstos, registrando diferencias significativas con el resto de los tratamientos (Figura 4a y 4b). Además, en este estado, la mayor riqueza específica efectiva se registró en el CC de *Avena sativa/Triticosecale*, con diferencias significativas con el resto de los tratamientos (Figura 4c). En este estado, las especies de malezas dominantes fueron: *Chenopodium album*, *Veronica spp.*, *Conyza bonariensis*, *Stellaria media* y *Lysimachia arvensis*, con un promedio entre 17 y 50% (figura n°5). En grano lechoso de los CC, no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos en los índices de diversidad y equitatividad de Shannon y el índice de riqueza específica efectiva (datos no mostrados). En este estado, *Conyza bonariensis* fue la especie de maleza dominante con un promedio entre 61 y 95% (Figura 6).



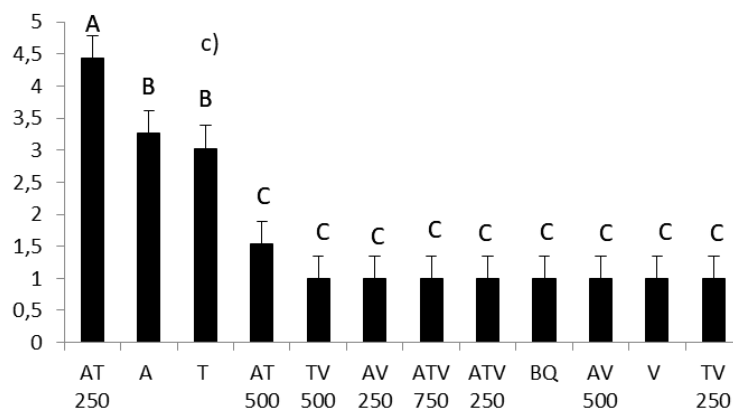


Figura 4: índice de diversidad (a) y equitatividad (b) de Shannon e índice de riqueza específica efectiva (c) en macollaje de los CC gramíneas. 2018. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, BQ: barbecho químico. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el test DGC (Di Rienzo, Gutzmán y Casanoves), (probabilidad 5%). 250, 500 y 750: 250, 500 y 750 pl.m⁻², respectivamente. Las medidas de dispersión corresponden al error estándar.

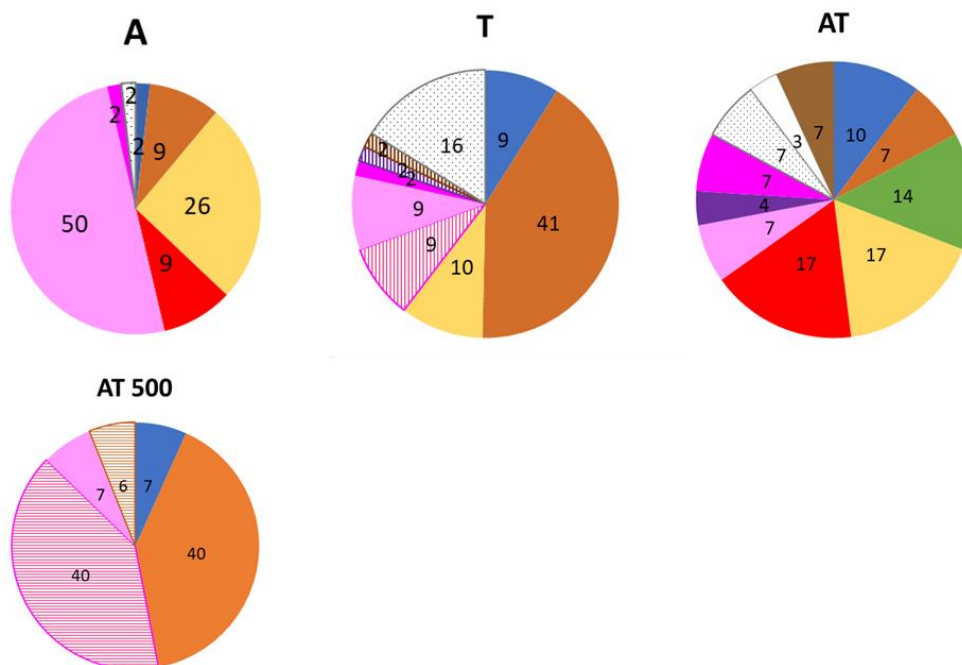


Figura 5: Composición de la comunidad de malezas en macollaje de los cultivos de cobertura gramíneas. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, 500: densidad de 500 pl.m⁻². 2018. Números dentro de las figuras indican el porcentaje de especies de malezas. Rosa: *Chenopodium album*, rojo: *Stellaria media*, amarillo: *Conyza bonariensis*, naranja:

Veronica spp., azul: *Bowlesia incana*, punteado con negro: *Bidens spp.*, fucsia: *Fumaria capreolata*, rayado marrón: *Cardamine hirsuta*, rayado violeta: *Sonchus oleraceus*, rayado fucsia: *Lysimachia arvensis*, verde: *Veronica peregrina*, marrón: *Triodanis perfoliata*, blanco: *Gamochaeta spicata*, violeta: *Cerastium glomeratum*, rayado naranja: *Trifolium repens*. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2018.

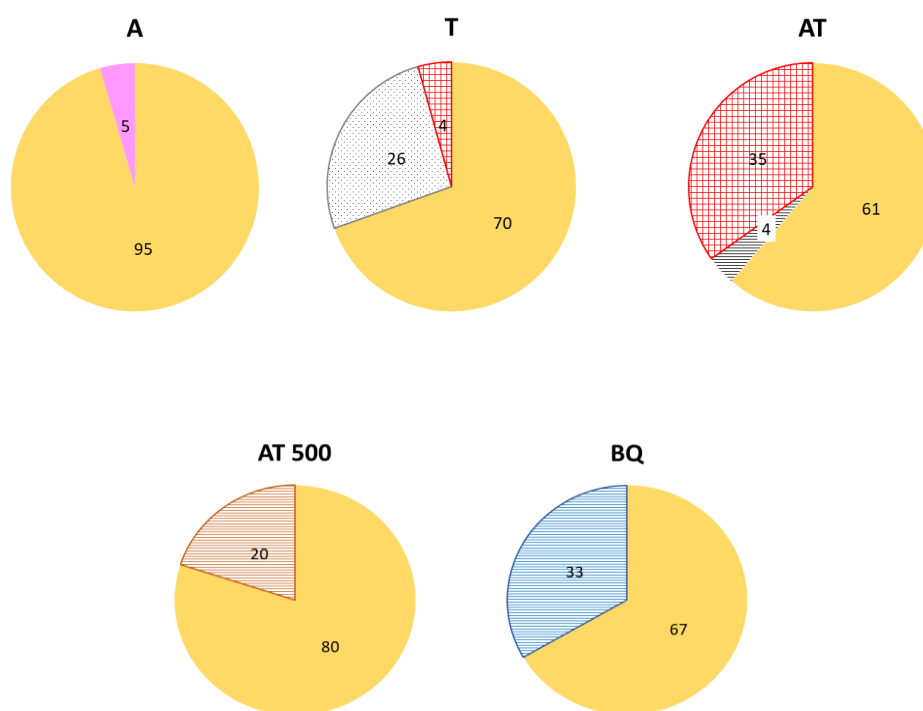


Figura 6: Composición de la comunidad de malezas en grano lechoso de los cultivos de cobertura. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, BQ: barbecho químico, 500: densidad de 500 pl.m⁻². 2018. Números dentro de las figuras: porcentaje de las especies de malezas. Rosa: *Chenopodium album*, amarillo: *Conyza bonariensis*, rojo cuadrículado: *Digitaria sanguinalis*, punteado con negro: *Bidens spp.*, rayado naranja: *Trifolium repens*, rayado azul: *Centaurium pulchellum*. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2018.

En 2019, en macollaje de los CC no se registraron diferencias significativas en el índice de diversidad de Shannon entre los distintos tratamientos (Figura 7), mientras que el

CC de *Avena sativa/Vicia villosa* (1:1) registró significativamente menor índice de equitatividad, no registrándose diferencias significativas entre el resto de los tratamientos (Figura 7b). Además, los CC de *Vicia villosa*, *Avena sativa/Vicia villosa* (1:1) y *Triticosecale/Vicia villosa* (1:1) registraron significativamente menor riqueza específica efectiva ($p < 0,05$) (Figura 7). En este estado, *Bowlesia incana* fue la especie de maleza dominante en todos los tratamientos con una frecuencia entre 33 y 75%, excepto en los CC de *Triticosecale* y *Avena sativa/Triticosecale* (3:1) en donde la especie de maleza dominante fue *Cerastium glomeratum* con una frecuencia promedio de 25 y 39%, respectivamente (Figura 8). En grano lechoso de los CC, los mayores índices de diversidad y equitatividad de Shannon y de riqueza específica efectiva se registraron en el BQ, con diferencias significativas con el resto de los tratamientos (Figura 9). Estas diferencias fueron debido a la ausencia de malezas en todos los CC excepto en *Triticosecale* y *Avena sativa/Triticosecale* (1:1), con valores nulos para estos índices. En este estado, las especies de malezas dominantes en el BQ fueron: *Lolium multiflorum*, *Sorghum halepense*, *Veronica spp.*, *Conyza bonariensis*, *Chenopodium album* y *Trifolium repens*, con una frecuencia promedio entre 33 y 50% (Figura 10).

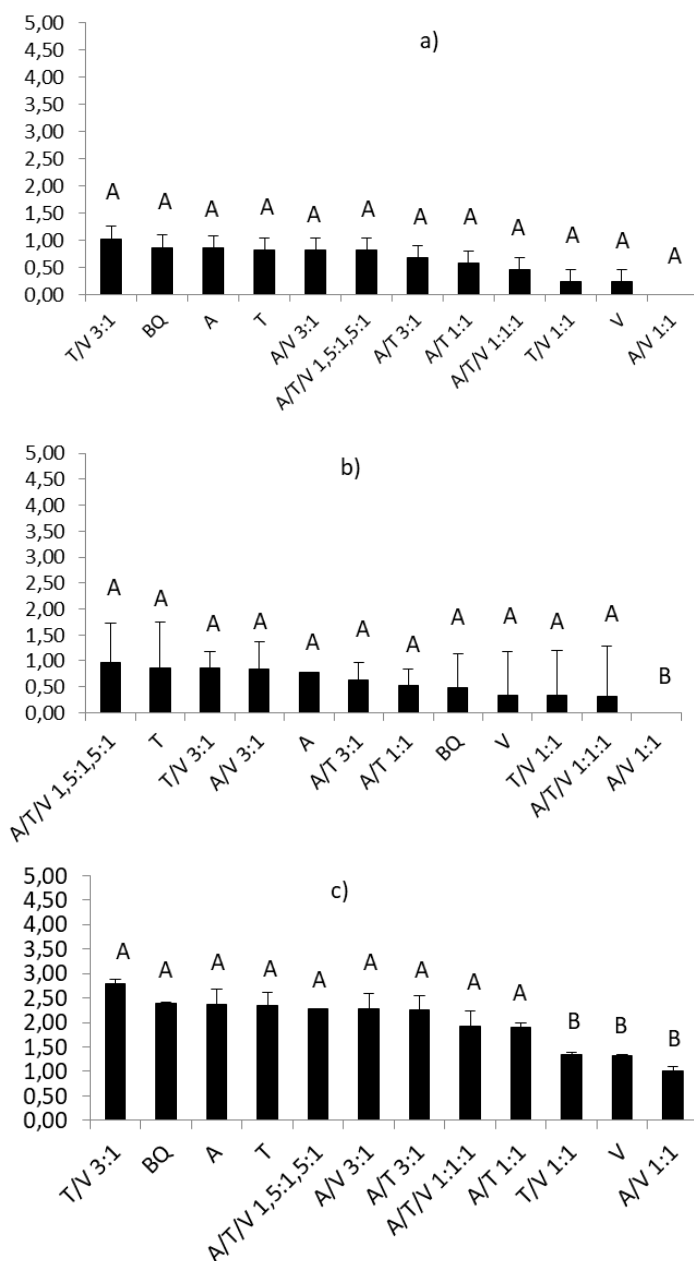


Figura 7: Índice de diversidad (a) y equitatividad (b) de Shannon y riqueza específica efectiva (c) en macollaje de los cultivos de cobertura. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, BQ: barbecho químico. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el test DGC (Di Rienzo, Gutzmán y Casanoves), (probabilidad 5%). Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2019.

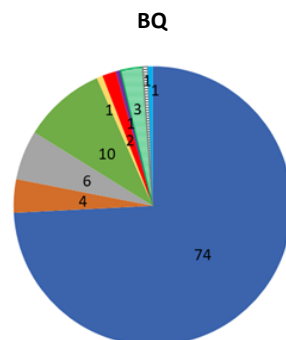
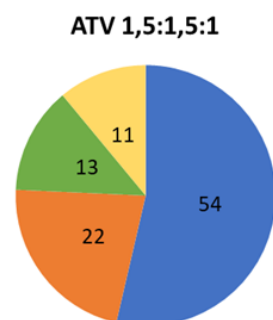
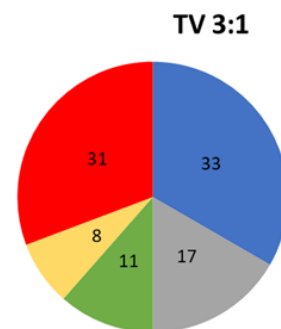
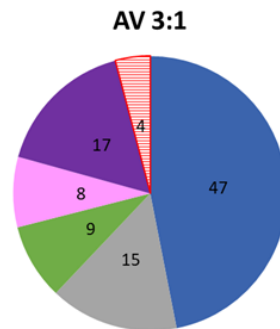
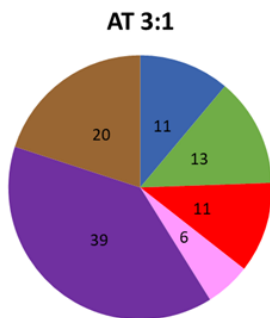
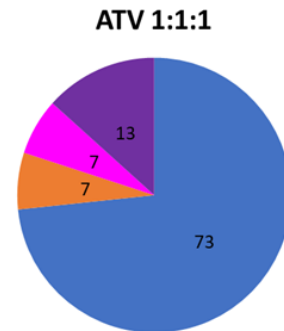
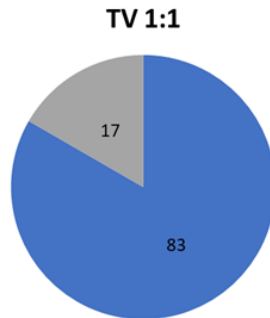
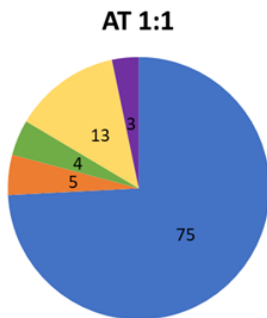
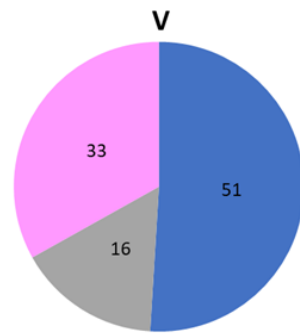
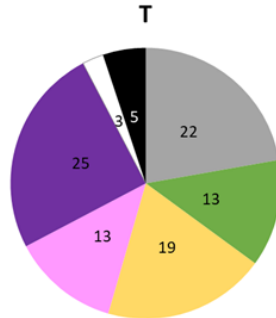
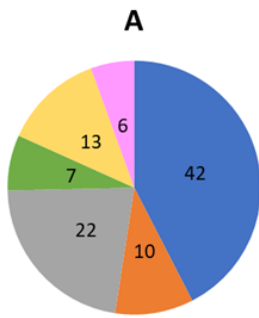
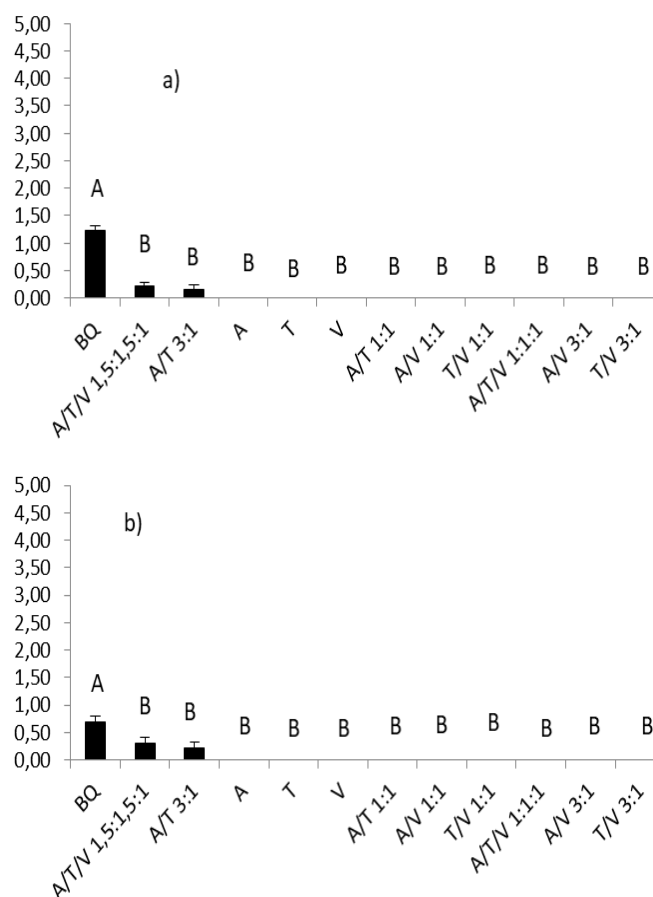


Figura 8: Composición de la comunidad de malezas en macollaje de los cultivos de cobertura gramíneas. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, 1:1, 3:1, 1.5:1.5:1: proporción de las especies en las consociaciones de cultivos de cobertura, BQ: barbecho químico. Los números dentro de las figuras indican el porcentaje de las especies de malezas. Azul: *Bowlesia incana*, rosa: *Chenopodium album*, amarillo: *Conyza bonariensis*, verde: *Veronica peregrina*, gris: *Lamium amplexicaule*, naranja: *Veronica spp.*, negro: *Descurainia argentina*, blanco: *Gamochaeta spicata*, violeta: *Cerastium glomeratum*, fucsia: *Fumaria capreolata*, marrón: *Triodanis perfoliata*, rojo: *Stellaria media*, rayado rojo: *Viola arvensis*, celeste: *Parietaria debilis*, rayado verde: *Lolium multiflorum*, rayado negro: *Capsella bursa-pastoris*. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2019.



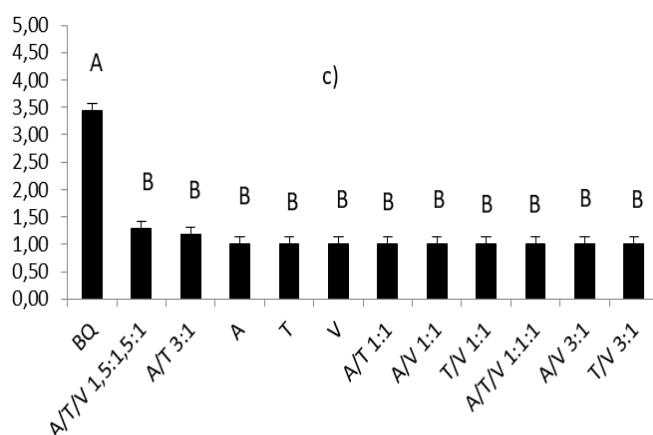


Figura 9: índice de diversidad (a) y equitatividad (b) de Shannon y riqueza específica efectiva (c) en grano lechoso de los cultivos de cobertura. 2019. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, BQ: barbecho químico. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el test DGC (Di Rienzo, Gutzmán y Casanoves), (probabilidad 5%). Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2019.

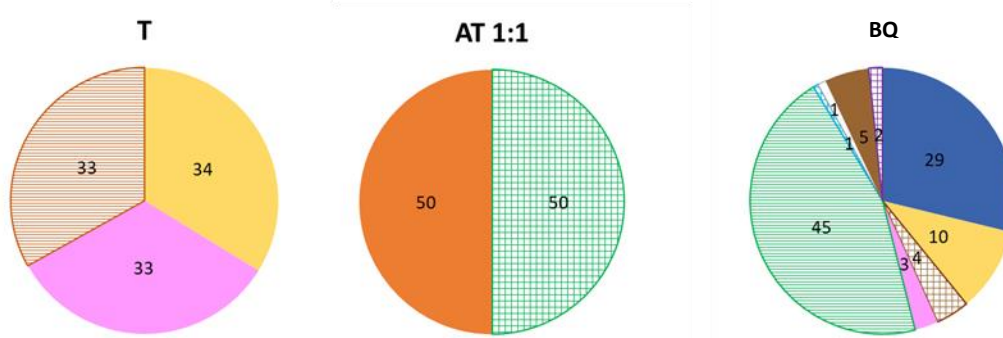


Figura 10: Composición de la comunidad de malezas en grano lechoso de los cultivos de cobertura. 2019. T: *Triticosecale*, A: *Avena sativa*, BQ: barbecho químico, 1:1: relación 1:1 entre las especies de cultivos de cobertura. Los números dentro de las figuras indican el porcentaje de las especies de malezas. Rosa: *Chenopodium album*, amarillo: *Conyza bonariensis*, rayado naranja: *Trifolium repens*, naranja: *Veronica spp.*, cuadriculado verde: *Sorghum halepense*, cuadriculado marrón: *Coronopus didymus*,

azul: *Bowlesia incana*, cuadrículado violeta: *Ammi visnaga*, marrón: *Triodanis perfoliata*, cuadrículado celeste: *Verbena bonariensis*, blanco: *Gamochaeta spicata*. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2019.

4.4. Productividad en grano de soja y maíz

De acuerdo con los resultados obtenidos, en 2017 se registró la menor productividad en grano del cultivo de soja en los CC de *Avena sativa/Triticosecale* (500) y *Avena sativa*, sin diferencias significativas entre éstos con un promedio de 242,36 g.m⁻². Mientras que, no se registraron diferencias significativas entre el resto de los CC y BQ con un promedio de 392,67 g.m⁻² (Figura 11). En 2018, no se registraron diferencias significativas en la productividad en grano entre los distintos CC y BQ con un promedio de 261,31 g.m⁻². En 2019, la menor productividad en grano de maíz se registró en los CC de *Avena sativa*, *Triticosecale* y la consociación de éstos con un promedio de 54,81 g.m⁻² sin diferencias significativas entre éstos, mientras que, la mayor productividad en grano del cultivo de maíz se registró en los CC de *Vicia villosa*, *Avena sativa/Vicia villosa*, *Triticosecale/Vicia villosa* en ambas densidades, *Avena sativa/Triticosecale/Vicia villosa* y BQ con un promedio de 119,71 g.m⁻², sin diferencias significativas entre los mismos (Figura 11).

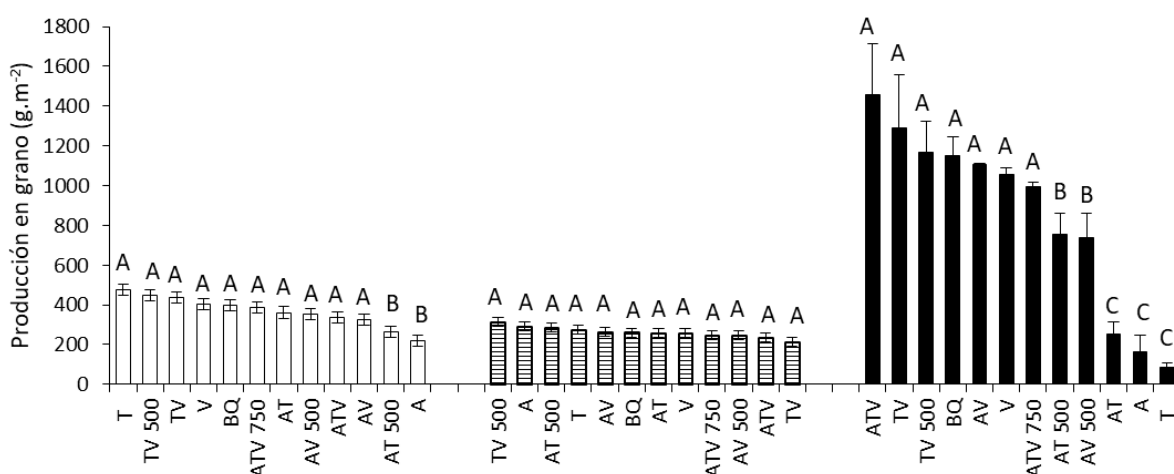


Figura 11: Productividad en grano ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) de soja en 2017 y 2018 (barras vacías y rayadas, respectivamente) y maíz (barras llenas) en 2019. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, BQ: barbecho químico, 500 y 750: densidad de 500 y 750 $\text{pl}\cdot\text{m}^{-2}$, respectivamente. Letras iguales indican diferencias no significativas de acuerdo con el test DGC (Di Rienzo, Gutzmán y Casanoves), (probabilidad 5%). Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2017-2019.

5. Discusión

5.1. *Especies de malezas*

De acuerdo con los resultados obtenidos, al inicio de la experimentación se registró una alta diversidad de especies de malezas presentes. Esto puede deberse a que este lugar, no se encontraba bajo ningún esquema de rotación en donde el uso de este lote era para la realización de experimentos con malezas. Esto resulta muy importante al momento de cuantificar el efecto de filtrado que pueden ejercer los CC sobre la comunidad de malezas inicial.

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

La menor producción de MSA de CC en 2019 pudo deberse a la menor acumulación de precipitaciones registradas. Los resultados encontrados en el presente trabajo concuerdan con Smith y otros (2020) quienes encontraron que la incorporación de *Hordeum vulgare*, *Secale cereale*, *Triticosecale*, *Triticum aestivum*, *Vicia villosa* y consociaciones entre estas especies como cultivo de cobertura reducen la materia seca de las malezas respecto al barbecho químico. También, Baraibar y otros (2018) encontraron que monoculturas y consociaciones dobles, triples, cuádruples y séxtuples de *Secale cereale* como CC suprimieron de igual manera la MSA de malezas. Además,

Lawson y otros (2015), determinaron que consociaciones de *Secale cereale* y *Vicia villosa* en proporción 1:3 suprimieron malezas tan efectivamente como consociaciones en proporción 1:1. Estos resultados sugieren que las consociaciones de CC, densidades o diferentes proporciones de las consociaciones no tendrían un beneficio adicional en reducir el número de individuos y la MSA de malezas comparado con las monoculturas de CC. Florence y otros (2019) sostienen que la MSA de los CC determina la supresión de las malezas de manera más precisa que la diversidad. Los resultados encontrados en el presente trabajo no concuerdan con Florence y otros (2019) dado que en 2018 se registró la mayor MSA de CC y también se registró el mayor número de individuos y MSA de malezas. Estos resultados sugieren que otros atributos como la cobertura del suelo por parte de los CC, podría ser mejor predictor de la supresión de las malezas (Lawley y otros, 2012). Cabe destacar también, que las producciones de MSAcc registradas en el presente trabajo, coinciden con las registradas por otros autores. Así, Ruis y otros (2019) en una revisión de 389 papers indicaron que la producción de MSAcc varía entre $3370 \pm 2960 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Además, en regiones húmedas, la producción de MSAcc varía entre $1670 \pm 6300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Ruis y otros, 2019).

5.3. Composición de la comunidad de malezas

En el presente trabajo, no se registraron diferencias en la composición de la comunidad de malezas entre monoculturas y consociaciones de CC. Estos resultados concuerdan con Czaper y otros, (2002), Faget y otros, (2012) y Altentorbert y otros, (1996), quienes determinaron que el uso de *Vicia villosa*, *Lolium multiflorum*, *Trifolium pratense* y *Secale montanum* utilizados como CC reducen la biomasa, densidad y diversidad de la comunidad de malezas presente. Esto es particularmente interesante dado que la baja diversidad específica de la comunidad de malezas puede conducir a una comunidad representada por una o pocas especies de malezas dominantes. Estos resultados muestran el importante efecto de filtrado por parte de los CC, en donde de 25 especies registradas al inicio de la etapa experimental, solo tres especies fueron registradas al final. Esto sugiere que las malezas podrían adaptarse a las condiciones de crecimiento de los cultivos de cobertura, y por lo tanto, que las especies utilizadas para tal fin deberían rotarse en el tiempo para minimizar las adaptaciones.

5.4. Productividad en grano de soja y maíz

El aumento en la diversidad específica del sistema producto de la incorporación de CC, no generó un aumento en la productividad en grano de soja o maíz siguientes en la rotación. El empleo de CC gramíneas afectó negativamente la productividad en grano del cultivo de maíz mientras que el CC de *Vicia villosa* o los CC consociados con ésta, no afectaron la productividad en grano del cultivo de maíz comparados con un BQ. Esto pudo deberse al nitrógeno disponible al momento de la siembra del maíz (Restovich y otros, 2012). Así, Restovich y otros (2012), encontraron que la productividad en grano del cultivo de maíz está influenciada por la disponibilidad de nitrógeno al momento de la siembra la cual depende de la relación C/N de los residuos dejados por los CC. Además, Ebelhar y otros (1984), Wagger (1989) y Saindju y otros (2006) determinaron que el empleo de leguminosas como CC incrementan la cantidad de nitrógeno en el suelo. Cuando se emplean gramíneas, crucíferas y en menor medida la consociación de *Avena sativa* y *Vicia villosa* como CC antecesores al cultivo de maíz, el nitrógeno disponible durante el ciclo de crecimiento del maíz en el suelo es limitado (Restovich y otros, 2012). La consociación de gramíneas y leguminosas produce residuos con una relación intermedia de C/N y resultan en efectos intermedios sobre la disponibilidad de nitrógeno comparados con el uso de las especies en monoculturas (Clark y otros, 1997; Sainju y otros, 2007). La productividad en grano del cultivo de soja no varió significativamente en los CC de *Triticosecale* y *Vicia villosa* tanto en monoculturas como consociados mientras que, la productividad en grano de la soja fue afectada un año con la inclusión de avena o avena/triticale como CC. Esto coincide con García y otros (2009) quienes sostienen que la productividad en grano del cultivo de soja no es afectada por el empleo de CC (Restovich y otros, 2012; Martínez y otros, 2013).

6. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, los cultivos de cobertura permiten reducir significativamente el número de individuos, la materia seca aérea y la diversidad específica de la comunidad de malezas, independientemente de las proporciones y

consociaciones empleadas. No obstante, se registró una dominancia de *Conyza bonariensis*, *Chenopodium album*, *Trifolium repens*, *Veronica* spp. y *Sorghum halepense* en CC de *Triticosecale* y la consociación de *Avena sativa/Triticosecale*. Esto estaría mostrando una adaptación de éstas especies de malezas a las condiciones de éstos CC. Esto es muy importante debido a la presión de selección que pueden ejercer los CC sobre éstas especies de malezas. Así, la adaptación de algunas especies a las condiciones de crecimiento de los cultivos de cobertura sugiere la rotación de las especies utilizadas en los sucesivos ciclos de crecimiento. Además, el aumento de diversidad específica del sistema mediante el empleo de CC no generó aumentos en la productividad en grano de maíz o soja siguientes, pero tampoco afectó la productividad en grano de la soja, mientras que los CC gramíneas disminuyeron la productividad en grano del cultivo de maíz. Así, el empleo de los CC surge como una alternativa válida para el manejo de malezas racionalizando el uso de herbicidas en la Región y posibilitando reducir el impacto ambiental del control químico.

De esta manera, se rechaza la hipótesis 1 y 4, las cuales sostienen que el empleo de CC consociados ejerce una disminución en el crecimiento y en la diversidad específica de la comunidad de malezas resultante en mayor medida que el uso de monoculturas de CC. Esto puede deberse a la alta productividad de MSA en todos los CC, independientemente del empleo de monoculturas o consociaciones de CC, con un fuerte efecto de competencia por recursos aéreos y/o subterráneos.

Además, se rechaza la hipótesis 2 dado que el aumento en la densidad de plantas de CC no generó mayor disminución en el número de individuos y MSA de malezas comparados con las de menor densidad. Esto pudo deberse a la fuerte competencia generada entre los CC y las malezas aún con la menor densidad de plantas de CC y en las densidades altas, a la competencia intraespecífica entre las especies de cultivos de cobertura.

También se rechaza la hipótesis 3. El aumento en la diversidad específica por el empleo de CC no condujo a una mayor productividad en grano del cultivo estival siguiente. Además, el aumento en la diversidad del sistema producto de las consociaciones de los CC no generó un menor número de individuos y materia seca aérea de malezas comparado con monoculturas de CC.

Capítulo III: Los recursos aéreos y la modificación por las diferentes especies de cultivos de cobertura.

1. Resumen

El objetivo del presente capítulo fue determinar el porcentaje de intercepción de la radiación fotosintéticamente activa (iRFA) durante el ciclo de crecimiento de distintos cultivos de cobertura (CC) y su efecto sobre el número de individuos y la MSA de malezas y la productividad en grano de soja o maíz siguiente en la rotación. Para esto, se realizaron experimentos con CC en 2015 y 2016. Las especies utilizadas como CC fueron: cebada (*Hordeum vulgare*), raigrás (*Lolium multiflorum*), avena (*Avena sativa*), cebadilla (*Bromus unioloides*), vicia (*Vicia villosa*), colza (*Brassica napus*) y nabo (*Raphanus sativus*). Además, se incluyó la consociación de avena/vicia. En estados vegetativos y reproductivos de los CC, se cuantificó la iRFA, el número de individuos y la MSA de malezas. En macollaje de los CC, se registró la menor iRFA en el CC de cebadilla comparado con el resto de los CC gramíneas (45% y 65%, respectivamente). En los CC de vicia y avena/vicia, la iRFA fue cercana al 100%. En los CC crucíferas, la iRFA fue de 77% y 61% para nabo y colza, respectivamente en 2015 mientras que, registraron una iRFA del 35% en 2016. La productividad en grano del cultivo de soja no registró diferencias significativas entre todos los CC mientras que en maíz, la mayor productividad en grano se registró en los CC de avena/vicia y vicia. El empleo de CC disminuyó el número de individuos y la MSA de malezas, independientemente de la iRFA.

2. Introducción

El excesivo uso de herbicidas como única alternativa para el manejo de malezas incrementó la presión de selección sobre biotipos de malezas generando resistencia a diferentes mecanismos de acción (Nord y otros, 2011; Peterson y otros, 2018; Beckie, 2020) con la consecuente expansión de la resistencia en los sistemas productivos de la Región Pampeana. En Argentina se detectaron 30 biotipos de malezas resistentes, con

resistencias simples y/o múltiples desde 1996 hasta la actualidad, con una tendencia a un aumento exponencial (Heap, 2023).

Para disminuir la presión de selección, es necesario avanzar hacia una agricultura de procesos desde la protección vegetal, desarrollando alternativas culturales de manejo de malezas a mediano y largo plazo. Dentro de estas, el uso de cultivos de cobertura (CC) podría poseer un rol preponderante hacia la racionalización del manejo de malezas en sistemas agrícolas extensivos (Reddy, 2001; Ryan y otros, 2011; Norsworthy y otros, 2012; Rueda y otros, 2015; Wallace y otros, 2019). Los CC resultarían ser una alternativa tecnológica que contribuye al aumento de la biodiversidad del agroecosistema, manteniendo 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 en la productividad de los cultivos se reduce al mínimo (Barberi, 2002; Storkey y otros, 2015; Finney y Kaye 2017).

Los CC interfieren el crecimiento de malezas mediante la reducción de la emergencia, el crecimiento y desarrollo y producción de semillas a través de la competencia por recursos aéreos (radiación solar) y/o subterráneos (agua y nutrientes) (Brennan y Smith, 2005; Bastiaans y otros, 2007; Shearin y otros, 2008; Narwal y Haouala, 2013). Además, los residuos de los CC dejados en la superficie del suelo pueden liberar sustancias alelopáticas capaces de inhibir la germinación de las malezas (Lemerle y otros, 1996; Kelton y otros, 2012; Oueslati y otros, 2022).

En comunidades mixtas de cultivos-malezas, la competencia por radiación solar es uno de los procesos que afecta la productividad del cultivo y de las malezas (Hurd y otros, 1980; Yasin y otros, 2019). La densidad de plantas y la estructura de canopeo (hábito de crecimiento, área foliar, ángulo de inserción y grosor de las hojas, diferencias en altura) de las malezas incide en la distribución de la radiación solar en el canopeo y la absorción de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) por el cultivo (Graham y otros, 1988). La competencia de las malezas por la radiación solar depende tanto de la especie como del manejo del cultivo, las orientaciones (Borger y otros, 2010, 2016), y densidad de siembra y el cultivar (Marin y Weiner, 2014). Loomis y otros (1968)

determinaron que la estructura de la superficie del canopeo en *Zea mays* afecta la penetración de la RFA en el canopeo. Además, Clegg y otros (1974) determinaron que un cultivo de sorgo en la mitad del canopeo contenía el 38% del índice de área foliar total interceptando entre el 70 y 80 % de la RFA. Asimismo, Shakamoto y Shaw (1967) determinaron que la RFA interceptada por un cultivo de soja estuvo concentrada en el estrato superior del canopeo. Además, Yasin y otros (2019) determinaron que la altura de los cultivos limita el crecimiento de las malezas por disminución en la RFA que llega a la superficie del suelo.

Reducciones en la cantidad y modificaciones en la calidad de la RFA afectan el crecimiento, materia seca aérea (MSA) y producción de semillas de las malezas (Yasin y otros, 2017), destacando la importancia de la habilidad de los cultivos para sombrear a las malezas. Además, Brust y otros, (2014) determinaron un bajo control de malezas debido a la baja habilidad de *Cannabis sativa* para reducir la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa (iRFA). Naher y Hossain (2022) también determinaron que *Vigna radiata*, *Vigna mungo* y *Glicine max* en interseembra con maíz disminuyeron el número de individuos y la MSA de las malezas debido al efecto de la disminución de la iRFA. No obstante, ante condiciones de competencia aérea, las malezas pueden modificar su 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), así como también florecer en estadíos de desarrollo más tempranos (Callahan y Pigliucci, 2002). También, estudios realizados por Yasin y otros (2019) determinaron que plantas de *Amsinckia micrantha*, *Capsella bursa-pastoris*, *Viola arvensis*, *Anagallis arvensis*, *Veronica persica* y *Scleranthus annuus* expuestas a una reducción del 80% de la RFA, produjeron menor MSA como un resultado de menor cantidad de hojas, menor área foliar, menos ramificaciones y flores, tallos más cortos y menor producción de semillas. Estudios realizados por Mwendwa y otros (2020) con distintos cultivares de trigo indicaron que los cultivares con mayor iRFA, registraron más IAF y menor MSA de malezas.

Las estructuras de canopeo de un cultivo pueden ser abiertas o cerradas de acuerdo a lo propuesto por Satorre y Ghera (1987). Así, contabilizando la cantidad de espacios

“vacíos” en el canopeo se puede estimar la frecuencia de éstos espacios. Si la frecuencia de espacios vacíos es mayor a 0,20 se considera un canopeo abierto mientras que, si es menor a 0,20 se considera un canopeo cerrado (Satorre y Ghersa, 1987).

De este modo, resulta importante conocer cómo distintas especies de CC con diferente estructura de canopeo modifican la dinámica de la RFA y si ello incide en el número de individuos y la MSA de malezas. Esto permitiría elegir aquellas especies de CC que afecten el crecimiento de las malezas (Vasilikiotis y otros, 2015).

Hipótesis

- Los cultivos de cobertura con estructura del canopeo más cerrada, interceptan mayor radiación fotosintéticamente activa y tienen menor número de individuos y materia seca aérea de malezas que los cultivos de cobertura con estructura de canopeo más abierta. (Capítulo III).

Objetivos

- Cuantificar el porcentaje de intercepción de la radiación fotosintéticamente activa durante el ciclo de crecimiento de CC de *Avena sativa*, *Hordeum vulgare*, *Lolium multiflorum*, *Bromus unioloides*, *Vicia villosa*, *Brassica napus* y *Raphanus sativus* y su relación con el número de individuos y la MSA de malezas.
- Determinar si la inclusión de estos CC en los sistemas productivos implica una pérdida de la productividad en grano en el cultivo de soja y maíz siguiente.

Objetivos específicos

- Cuantificar el porcentaje de iRFA durante el ciclo de crecimiento de los CC de *Avena sativa*, *Hordeum vulgare*, *Lolium multiflorum*, *Bromus unioloides*, *Vicia villosa*, *Brassica napus* y *Raphanus sativus*.

- Cuantificar el número de individuos, la materia seca aérea y las especies de malezas durante el ciclo de crecimiento de los cultivos de cobertura.
- Caracterizar la estructura de canopeo de los distintos cultivos de cobertura.
- Cuantificar la productividad en materia seca aérea de los distintos cultivos de cobertura.
- Cuantificar la productividad en grano de la soja o maíz siguientes en la rotación.

3. Materiales y métodos

Los estudios se llevaron a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Pergamino, (Pergamino, Bs. As., Argentina, 33° 51' S, 60° 34'W) durante 2015 y 2016. En un esquema de rotación maíz/soja y bajo labranza cero, se sembraron CC otoño-invernales. El diseño experimental utilizado fue en bloques completos aleatorizados, con tres repeticiones. El tamaño de las parcelas fue de 10 m de ancho y 30 m de largo. Los CC se sembraron en línea bajo siembra directa, después de la soja o maíz y a una distancia entre hileras de 0,175m. Las especies utilizadas como CC fueron: cebada forrajera (*Hordeum vulgare* L.), raigrás (*Lolium multiflorum* L.), avena (*Avena sativa* L.), cebadilla (*Bromus unioloides* L.), vicia (*Vicia villosa*), colza (*Brassica napus* L.) y nabo forrajero (*Raphanus sativus* L.), las densidades de siembra fueron de 70, 20, 80, 25, 70, 5 y 20 kg.ha⁻¹, respectivamente. La consociación fue de avena/vicia y se sembró con densidades de 20 y 40 kg.ha⁻¹, respectivamente. Además, se incluyó una parcela control sin CC bajo la modalidad de barbecho químico. En el año 2015, los CC se sembraron el 24 de abril y se secaron el 21 de agosto, mientras que el segundo año, se sembraron el 3 de mayo y se secaron el 18 de octubre. Así el período de crecimiento de los CC fue de 119 y 168 días para el primer y segundo año, respectivamente. Al momento de la siembra de maíz, se fertilizó con 140 kg.ha⁻¹ de super fosfato simple de calcio. Además, se realizó la aplicación de 3 l.ha⁻¹ de glifosato (48%) + 0,1 l.ha⁻¹ de topramezone + 3 l.ha⁻¹ de atrazina en todos los tratamientos. La densidad de siembra utilizada fue de 8 pl.m⁻² y a una distancia entre hileras de 0,70m. En 2016, se sembró soja, a una distancia entre hileras de 0,52 m y a una densidad de siembra de 42pl.m⁻².

la siembra se realizó el 6 de noviembre. Luego de la siembra, se aplicaron todos los tratamientos con 2 l.ha⁻¹ de paraquat + 1 l.ha⁻¹ de metolacoloro.

La caracterización de la estructura de canopeo de los diferentes CC se realizó por medio de la cobertura relativa de acuerdo con la metodología propuesta por Lutman (1992). Así, se analizaron fotografías de estos en el momento de macollaje (Z 2.5, Zadoks et al, 1974) de las gramíneas. Las fotografías se tomaron con una cámara digital (Sony, c7 mini) a una distancia de un metro de la superficie del suelo. Se superpusieron a las fotografías grillas de ciento cincuenta celdas, en donde se registró si en el centro de cada una había cultivo, suelo o maleza. De esta manera se estimó el porcentaje de cobertura por parte de cada CC, de acuerdo a la escala: mayor a 85% (alta), 50-85% (intermedias) y menor a 50 % (bajas). Además, si la estructura era cerrada (menos de 20% de suelo) o abierta (más de 20% de suelo) de acuerdo a lo propuesto por Satorre y Ghera (1987).

Con el objetivo de cuantificar el uso de recursos aéreos por parte de los diferentes CC, se determinó, la RFA interceptada tanto en estadíos vegetativos como reproductivos (en macollaje de los CC gramíneas y grano pastoso, respectivamente) por medio de un radiómetro cuántico lineal (1 m) (AccuPar, PAR-80, Decagon Devices Inc., Pullman, EEUU). Para esto se registró la RFA por encima y debajo del canopeo de los CC entre las 12.00 y 13.00 hs en un día completamente soleado. Así, para registrar la iRFA debajo del canopeo, se ubicó el radiómetro cuántico lineal en el entresurco y pegado a la superficie del suelo. Con estos datos, se calculó el porcentaje de iRFA a través de la siguiente ecuación:

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

En donde: RFA Abajo: radiación fotosintéticamente activa debajo del canopeo, RFA arriba: radiación fotosintéticamente activa arriba del canopeo.

Además, para poder predecir posibles relaciones entre las malezas y el uso de recursos aéreos, se determinó el número de individuos de especies de malezas acompañantes,

así como también la MSA de las mismas en cada momento. Para esto, se recolectaron las malezas presentes en marcos de $0,25.m^{-2}$, se registraron y se llevaron a estufa a $65^{\circ}C$ hasta peso constante. Pasado dicho tiempo se pesaron y se calculó la MSA. Asimismo, se realizó un análisis de correlación entre el porcentaje de iRFA y el número de individuos y la MSA de malezas en los distintos tratamientos, cada año con la finalidad de predecir las posibles interacciones entre las variables estudiadas.

El ciclo de crecimiento de los CC se interrumpió mediante la aplicación de $2,5.l.ha^{-1}$ de glifosato y $500.cc.ha^{-1}$ de 2,4-D. Esto se realizó en mitad de espigado y grano lechoso de los CC gramíneas (Z 5.5 y Z 7.3, Zadoks y otros, 1974) para el primer y segundo año, respectivamente. En dichos estadíos, se extrajeron muestras cortando a nivel del suelo el material vegetal contenido en marcos de $0,25.m^{-2}$, a fin de determinar la MSA producida por los diferentes CC. Después de esto, se sembró maíz o soja bajo siembra directa en 2015 y 2016, respectivamente. Al final de ciclo del cultivo estival (maíz/soja), en cada unidad experimental se tomaron muestras de las estructuras reproductivas en una superficie de $2.m^{-2}$ para luego estimar la productividad en grano ($g.m^{-2}$).

El análisis de los datos correspondió al período de crecimiento de los CC (inicio, macollaje y siembra de maíz para el primer año e inicio, macollaje y fin de ciclo para el segundo año). Los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) con modelos lineales generales y mixtos en el programa estadístico Infostat, de acuerdo con el diseño experimental correspondiente. Así, los distintos tratamientos (CC y BQ) se consideraron como efectos fijos mientras que los bloques como efectos aleatorios. Las medias de tratamientos se compararon por medio del test DGC (Di Rienzo, Guzmán, y Casanoves, 2002), ($p < 0,05$). Además para predecir posibles interacciones entre las variables estudiadas, se realizó un análisis de correlación entre mediante el coeficiente de correlación de Pearson (Conover, 1999).

4. Resultados

4.1. Estructura de canopeo e intercepción de la radiación fotosintéticamente activa

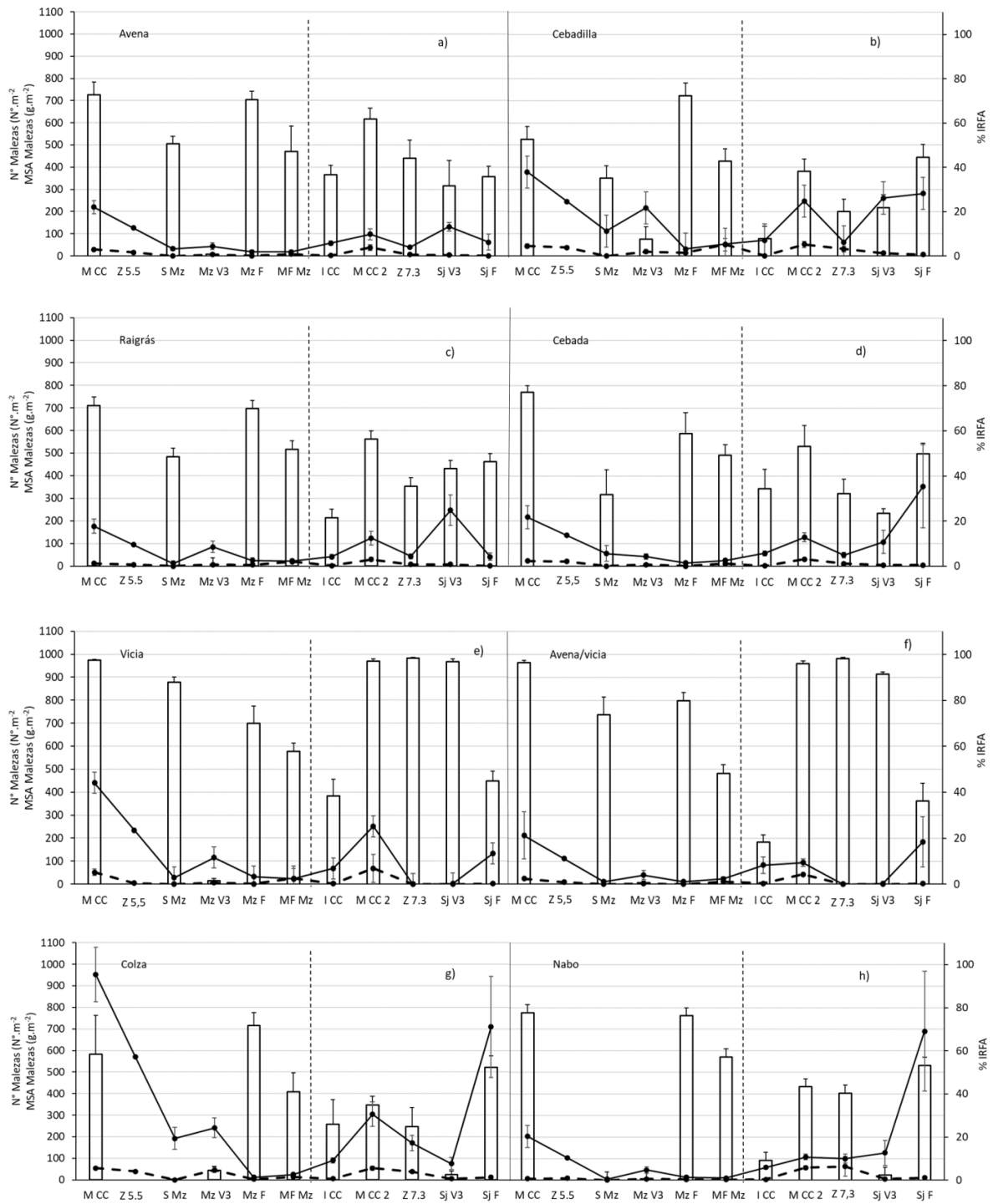
A partir del análisis del porcentaje de cobertura de los distintos CC se caracterizaron las diferentes estructuras de canopeo. Así se observó que: I) los CC de vicia, avena/vicia y raigrás poseen coberturas altas y cerradas, II) el CC de avena, intermedia y cerrada, III) los CC de cebada y cebadilla, intermedia y abierta y IV) los CC de crucíferas, bajas y abiertas (Tabla 1).

Tabla 1: Cobertura relativa (%) de cultivo, suelo y maleza en los distintos CC en macollaje de los CC gramíneas. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2015-2016.

CC	% Cultivo	% Suelo	% Maleza
Vicia	99	1	0
Avena/vicia	100	0	0
Raigrás	89	11	0
Avena	74	18	8
Cebada	66	26	8
Cebadilla	69	24	7
Colza	47	31	22
Nabo	44	33	23
Barbecho químico	0	95	5

En macollaje de los CC gramíneas, se observaron las mayores iRFA. En cebadilla, el porcentaje de intercepción en macollaje fue inferior ($p < 0,05$) que los demás CC gramíneas (45% y 65 % respectivamente). Además, al inicio del ciclo de cebadilla, la iRFA fue muy baja con un valor de 8% mientras que los demás CC gramíneas registraron un valor de 31%. En los CC de vicia y avena/vicia se observaron niveles muy altos de iRFA durante todo el ciclo de crecimiento, cercanos al 100% (Figura 1e y 1f). En los CC crucíferas (nabo y colza), el segundo año se observaron niveles de

intercepción menores al primero. En el primer año, las intercepciones fueron del 77 y 61% para nabo y colza, respectivamente. Mientras que, en el segundo año, los niveles alcanzaron el 35% (Figura 1g y 1h). La iRFA observada en el BQ correspondió a la intercepción de las malezas presentes (Figura 1i).



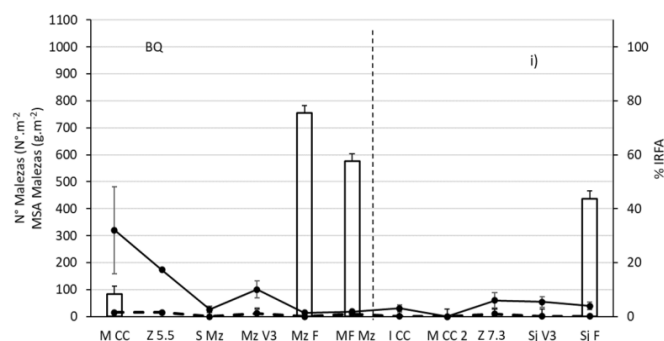


Figura 1: Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa (iRFA, %) (en barras), materia seca aérea (MSA, g.m^{-2}) (línea punteada) y número ($\text{N}^{\circ}.\text{m}^{-2}$) de individuos de malezas (línea sólida) en los diferentes cultivos de cobertura en el tiempo. M CC: macollaje de cultivos de cobertura, Z 5.5: Z 5.5 (Zadoks y otros, 1974) de los cultivos de cobertura, S Mz: siembra de maíz, Mz V3: maíz en estadio V3, Mz F: maíz en floración, MF Mz: madurez fisiológica del maíz, I CC: inicio de cultivos de cobertura, M CC 2: macollaje de cultivos de cobertura en el segundo año, Z 7.3: Z 7.3 (Zadoks y otros, 1974) de los cultivos de cobertura; Sj V3: soja en estadio V3, Sj F: final de ciclo de soja. La línea punteada indica la separación entre los años: a la derecha el 2016 y a la izquierda el 2015. Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2015- 2017.

4.2. Número de individuos y materia seca aérea de malezas

En todos los CC se observó que el número de individuos y la MSA de malezas fueron superiores en el momento de macollaje mientras que en mitad de espigado y grano lechoso de los CC fue inferior (Figura 1). En el BQ, el número de individuos y la MSA de malezas fue igual en todos los momentos, excepto al momento de macollaje en donde el número de individuos fue nulo.

4.3. Relación entre la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa y las malezas

En todos los CC excepto en nabo el primer año, la relación entre la MSA de malezas y el número de individuos fue positiva (a medida que aumenta una variable, la otra también) y significativa ($p < 0,05$) (Tabla 2).

En el primer año, se observó una relación positiva y significativa entre el porcentaje de la iRFA y la MSA de malezas en los CC de raigrás, nabo, colza, vicia, cebada y BQ y el número de individuos en los CC de nabo, colza y cebada (Tabla 2). Contrariamente, en el segundo año se observó una relación negativa (cuando aumenta una variable, la otra disminuye) y significativa entre el porcentaje de iRFA y la MSA de malezas en los CC de vicia, avena y avena/vicia y el número de individuos en los CC de raigrás, vicia y avena/vicia (Tabla 2).

4.4. Materia seca aérea de los cultivos de cobertura y las malezas

La mayor MSA de CC se observó en la consociación de avena/vicia y en la monocultura de vicia, mientras que la menor fue en cebadilla, nabo y colza, los dos años (Figura 2).

La relación entre la MS_{Acc} y la MS_{Am} fue significativa y negativa ($p < 0,05$) en mitad de espigado y grano lechoso en 2015 y 2016, respectivamente (tabla 3). En el primer año, la MSA de malezas en los CC de cebada, avena, nabo, raigrás, vicia y la consociación de avena/vicia no registraron diferencias significativas con el BQ. En el segundo año, la MSA de malezas en los CC de cebada, avena, cebadilla, colza, nabo y raigrás no registraron diferencias significativas con el BQ, mientras que la menor MSA de malezas se observó en los CC de vicia y avena/vicia.

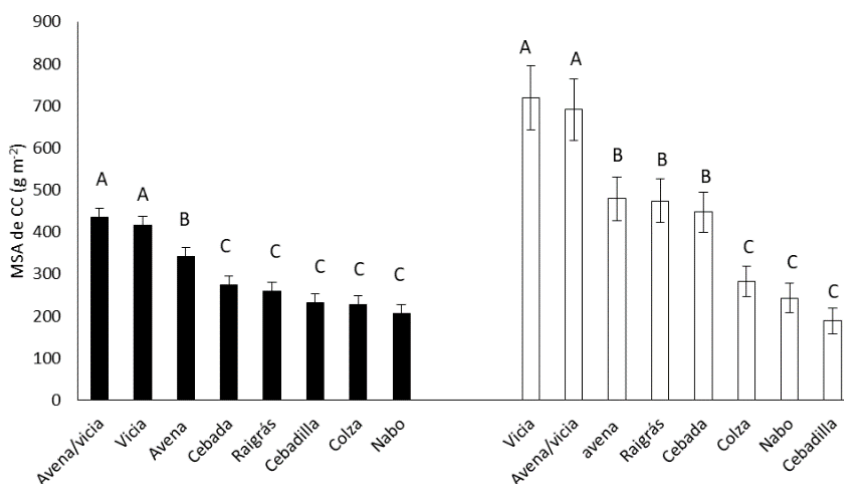


Figura 2: Materia seca aérea (MSA, $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) de los cultivos de cobertura en mitad de espigado (2015) y grano lechoso (2016). Letras iguales en las barras indican diferencias no significativas entre los tratamientos según el test DGC (Di Rienzo, Gutzmán y Casanoves) con una probabilidad del 5%. Barras llenas: 2015 y vacías: 2016. Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2015-2016.

4.5. Productividad de cultivos de grano

No se registraron diferencias significativas en la productividad en grano de soja entre los distintos CC y el BQ con un promedio de $507 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$. La productividad en grano de maíz fue mayor en los CC de avena/vicia y vicia, con un promedio de $873 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, mientras que la menor se registró en el CC de raigrás con un valor de $443 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ (Figura 3).

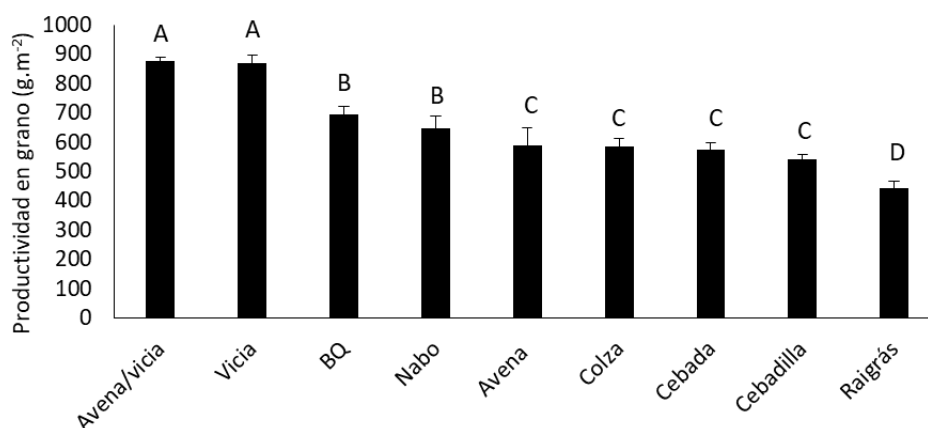


Figura 3: Productividad en grano ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) de maíz en los distintos cultivos de cobertura. Letras iguales en las barras indican diferencias no significativas entre los tratamientos según el test DGC (Di Rienzo, Gutzmán y Casanoves) con una probabilidad del 5%. BQ: barbecho químico. Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2017.

Tabla 2: Relaciones entre la materia seca aérea (MSA) de malezas (variable 1), número de individuos (variable 1 y 2) e interceptación de la radiación fotosintéticamente activa (iRFA) (%) (variable 2) en los diferentes cultivos de cobertura (CC). Coeficiente de Pearson positivo indica relaciones positivas y negativo, relaciones negativas. Valor $p < 0.05$ indica diferencias significativas. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2015-2017.

CC	Variable 1	Variable 2	Año	Coeficiente de Pearson	Valor p	
	MSA de malezas	N° de malezas	2015	0.68	0.0156	
			2016	0.93	<0.0001	
	Vicia	MSA de malezas	iRFA %	2015	0.74	0.0055
				2016	-0.77	0.0032
	N° de malezas	iRFA %	2015	0.62	0.0317	
			2016	-0.86	0.0003	
	Avena	MSA de malezas	N° de malezas	2015	0.74	0.0059
				2016	0.76	0.0003
	MSA de malezas	iRFA %	2015	0.53	0.0745	
			2016	-0.64	0.0252	
	N° de malezas	iRFA %	2015	0.52	0.081	
			2016	-0.44	0.1522	
	Avena/vicia	MSA de malezas	N° de malezas	2015	0.6	0.0396
				2016	0.47	0.0477
	MSA de malezas	iRFA %	2015	0.52	0.0857	
			2016	-0.92	<0.0001	
	N° de malezas	iRFA %	2015	0.46	0.1295	
			2016	-0.87	0.0002	
	Cebada	MSA de malezas	N° de malezas	2015	0.62	0.0298
				2016	0.73	0.0006
	MSA de malezas	iRFA %	2015	0.64	0.0242	
			2016	-0.09	0.7762	

	N° de malezas	iRFA %	2015	0.69	0.0135
			2016	-0.31	0.3223
	MSA de malezas	N° de malezas	2015	0.49	0.1094
			2016	0.88	<0.000
Raigrás	MSA de malezas	iRFA %	2015	0.61	0.0358
			2016	-0.52	0.0803
	N° de malezas	iRFA %	2015	0.46	0.1279
			2016	-0.7	0.0115
	MSA de malezas	N° de malezas	2015	0.71	0.0093
			2016	0.57	0.014
Cebadilla	MSA de malezas	iRFA %	2015	0.43	0.1646
			2016	0.05	0.8874
	N° de malezas	iRFA %	2015	0.51	0.0939
			2016	-0.52	0.0808
	MSA de malezas	N° de malezas	2015	0.56	0.0583
			2016	0.52	0.0253
Nabo	MSA de malezas	iRFA %	2015	0.73	0.0075
			2016	-2.00.10 ⁻³	0.9951
	N° de malezas	iRFA %	2015	0.83	0.0009
			2016	-0.19	0.5443
	MSA de malezas	N° de malezas	2015	0.91	<0.0001
			2016	0.67	0.0022
Colza	MSA de malezas	iRFA %	2015	0.92	<0.0001
			2016	-0.13	0.682
	N° de malezas	iRFA %	2015	0.84	0.0006
			2016	0.09	0.7699
	MSA de malezas	N° de malezas	2015	0.53	0.0773
Barbecho			2016	0.69	0.0015
químico	MSA de malezas	iRFA %	2015	0.66	0.0188
			2016	0	>0.9999
	N° de malezas	iRFA %	2015	0.13	0.6926

2016 0 >0.9999

Tabla 3: Relaciones entre la materia seca aérea (MSA) (variable 1) de los cultivos de cobertura (CC) en mitad de espigado y grano lechoso y la materia seca aérea de malezas (variable 2) en esos momentos. Valor $p < 0.05$ indica diferencias significativas. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2015-2016.

Variable 1	Variable 2	Pearson coefficient	P Value
MSA de CC en Z 5.5	MSA de malezas	- 0.32	0.0285
MSA de CC en Z 7.3	MSA de malezas	- 0.44	0.0018

5. Discusión

5.1. Estructura de canopeo e intercepción de la radiación fotosintéticamente activa

En los dos años de estudio se observó que los CC de vicia y avena/vicia mostraron la mayor iRFA. Esto podría deberse a la estructura cerrada y alta de estos CC y al crecimiento postrado de la vicia. También en raigrás se observó ese tipo de estructura pero no registró la mayor iRFA. Esto podría deberse a las hojas más delgadas y finas del raigrás así como también a la menor MSA producida. Esto concuerda con Hassannejad y Mobli (2014) quienes también determinaron coberturas altas para *Vicia villosa* y con Caamal-Maldonado y otros (2001) quienes encontraron que el canopeo cerrado (coberturas del 95 y 100% del suelo) de *Mucuna pruriens* disminuyó la cantidad de RFA en el suelo e inhibió el crecimiento de las malezas. Contrariamente, nabo y colza registraron las menores intercepciones el segundo año, mientras que el primer año fueron intermedias. Esto podría deberse a la estructura baja y abierta de estos CC. Hassannejad y Mobli (2014) también determinaron niveles similares de cobertura para el CC de colza con un promedio de 47.33%. Con respecto a los CC gramíneas, las distintas especies mostraron estructuras de canopeo diferentes pero la iRFA no

registró diferencias significativas entre los CC de cebada, raigrás y avena, con intercepciones intermedias. Esto podría deberse a la distribución del área foliar en el canopeo. Seavers y Wright (1999) caracterizaron dos cultivares de *Triticum aestivum*, en donde el cultivar con estructura abierta permitió mayor penetración de la RFA y mayor MSA de malezas que el de estructura cerrada. Además, el de estructura cerrada poseía mayor área foliar y cantidad de tallos por metro cuadrado que el de estructura abierta.

5.2. Número de individuos y materia seca aérea de malezas

A pesar de las diferencias encontradas en la estructura del canopeo y porcentajes de iRFA, en el primer año se observó menor MSA de malezas en los CC de raigrás y nabo y BQ. Esto pudo deberse a efectos alelopáticos desde los CC hacia las malezas y en BQ, a la aplicación de herbicidas. Así, en estudios realizados por Ferguson y otros, (2013), Kunz y otros, (2016), Gfeller y otros, (2018) demostraron efectos alelopáticos en nabo y Didon y otros, (2014), Shekoofa y otros, (2020); Vitalini y otros, (2020) en raigrás. Además, esto concuerda con Vasilikiotis y otros (2015), quienes observaron la ausencia de malezas en el CC de centeno, a pesar de interceptar baja RFA (38.3%), y esto fue atribuido a efectos alelopáticos. Además, en el presente estudio se registró el mayor número de individuos de malezas en el CC de colza, sin diferencias significativas con los demás CC el primer año. Esto pudo deberse a la estructura baja y abierta del CC de colza. En el segundo año no se observaron diferencias significativas entre todos los CC tanto en la MSA como en el número de individuos de malezas. Esto pudo deberse a la mayor producción de MSA de los CC ese año. Esto coincide con los resultados de Hassannejad y Mobli (2014) quienes observaron una disminución en la cobertura de malezas en CC de *Vicia villosa*, *Triticosecale* y *Brassica napus*. También Faget y otros (2012) en estudios con *Lolium multiflorum* como CC observaron reducción en la materia seca aérea y número de individuos de malezas. De acuerdo con los resultados aquí obtenidos, en todos los CC se determinó una disminución en el número de individuos y la MSA de malezas durante el ciclo de crecimiento.

5.3. *Relación entre la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa y las malezas*

En los dos años de estudio, se registraron relaciones positivas y negativas entre la iRFA y la MSA y número de individuos de malezas. Los resultados obtenidos indican que la iRFA de los CC no sería un indicador apropiado del número de individuos y materia seca aérea de malezas. Otros factores como el uso de recursos subterráneos y la alelopatía de los CC podrían ser considerados.

5.4. *Materia seca aérea de cultivos de cobertura y malezas*

En los dos años de estudio, se registraron diferencias en la producción de MSA de CC. Así en 2016 fue mayor que en 2015. Estas diferencias pueden deberse a la mayor duración del ciclo de crecimiento de los CC en 2016. Las diferencias registradas en la MSA de los CC podrían deberse a la mayor iRFA de estos CC (Naher y Hossain, 2022).

De acuerdo con los resultados obtenidos, en los dos años de estudio, a medida que aumentó la MSA de CC, disminuyó la MSA de malezas. Esto pudo deberse a la impedancia física que generan los residuos de los CC dejados en la superficie del suelo sobre la germinación y emergencia de las malezas. Esto concuerda con Rueda y otros (2015), quienes utilizaron *Lolium perenne*, *Pisum sativum* y *Secale cereale* entre otros como CC en donde la MSA de malezas disminuyó significativamente. Además, en un estudio con *Secale cereale* y *Triticum aestivum* utilizados como CC, Norsworthy y otros (2011), atribuyeron la disminución en la MSA de malezas debido a la baja RFA en la superficie del suelo como resultado de la alta cantidad de MSA producida por los CC (817 y 769,5 g.m⁻² para *Secale cereale* y *Triticum aestivum*, respectivamente). También, Yasin y otros (2017) determinaron que reducciones en la RFA afectaron el crecimiento y MSA de las malezas. Steinmaus y otros (2008) demostraron que la supresión de malezas estuvo relacionada con la iRFA por la cubierta del CC para la mayoría de las especies de malezas. Además, Hassannejad y Mobbli (2014) demostraron que la presencia de CC disminuye la RFA que llega a las malezas, especialmente las decumbentes, siendo restrictiva para la germinación y crecimiento. De acuerdo con los

resultados obtenidos, en situaciones con CC, la iRFA por parte de las malezas es menor debido a la interferencia que generan los CC, aun cuando la MSA de malezas no presenta diferencias con el BQ.

5.5. Productividad de cultivos de grano

En los dos años de estudio, la productividad en grano de soja no fue afectada por la implementación de CC, esto concuerda con los resultados obtenidos por Barberi, (2002), Storkey y otros (2015) y Finney y Kaye (2017), quienes sostienen que el uso de CC aumenta la biodiversidad del agroecosistema, manteniendo la productividad del mismo, generando condiciones de ausencia de competencia con las malezas. Además, la productividad en grano del cultivo de maíz fue mayor luego de los CC de vicia y avena/vicia. Esto pudo deberse a la contribución de nitrógeno fijado por el CC de vicia. Así, Enrico y otros (2020) cuantificaron $159 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de nitrógeno aportado por un CC de vicia en la región pampeana argentina.

De acuerdo con los resultados obtenidos, las especies de CC de avena/vicia y vicia son antecesores adecuados del cultivo de maíz, mientras que en el cultivo de soja se alcanza la misma productividad en grano independientemente de la especie de CC antecesor. De este modo, a pesar de las diferencias observadas en los enmalezamientos de las distintas especies de CC, la implementación de los mismos no implicaría una pérdida en la productividad en grano de soja comparado de la registrada con un barbecho químico. Mientras que, en el caso del cultivo de maíz se debería prestar más atención al momento de la elección de la especie de CC utilizada como antecesor.

6. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, todas las especies de cultivos de cobertura estudiadas disminuyen el número de individuos y la materia seca aérea de malezas durante su ciclo de crecimiento, independientemente del porcentaje de intercepción de la radiación fotosintéticamente activa. Así, el empleo de CC en los sistemas

productivos permite disminuir el número de individuos y la materia seca aérea de malezas otoño-invernales en tanto su uso no implica pérdidas en la productividad en grano de soja, mientras que en el cultivo de maíz se recomiendan cultivos de cobertura antecesores que contengan vicia en su composición. De esta manera, es factible la inclusión de los cultivos de cobertura en los sistemas productivos, contribuyendo a un manejo racional de malezas y disminuyendo la presión de selección sobre biotipos de malezas resistentes.

De esta manera, se acepta parcialmente la hipótesis planteada. Así, los CC con estructuras de canopeo más altas y cerradas interceptaron más cantidad de RFA, pero esto no siempre se relacionó con menores enmalezamiento. Esto puede deberse a que otros atributos pueden estar actuando al momento de relacionar el número de individuos y materia seca aérea de malezas. Así, la alelopatía como el uso de recursos subterráneos por parte de los cultivos de cobertura deberían considerarse.

Capítulo IV: Los residuos de los cultivos de cobertura y la incidencia en el número de individuos y la materia seca aérea de malezas.

1. Resumen

El objetivo del presente capítulo fue determinar el efecto de diferentes cantidades y composiciones de residuos de cultivos de cobertura (CC) sobre la tasa de descomposición de estos residuos y su relación con la composición y la materia seca aérea de malezas (MSA). Para esto, se implantó un experimento con distintos CC sembrados en monoculturas y consociaciones y en distintas densidades durante 2016-2019. Las especies utilizadas como CC fueron avena, triticale y vicia. Además, se dejó un sector como control negativo, sin CC y con barbecho químico (BQ). Durante el período de descomposición de los CC se cuantificó la MSA de CC en la superficie del suelo así como también el número de individuos y la MSA de malezas acompañantes. Además, se registró la temperatura del suelo a los 2, 5 y 10 cm de profundidad en los distintos CC y BQ. El empleo de CC disminuyó el número de individuos y la MSA de malezas durante la descomposición de los residuos así como también la temperatura superficial del suelo. Esto pudo deberse a los residuos de los CC dejados en la superficie del suelo, de todos modos, otras características de los residuos como la disposición de los mismos, debe ser considerada.

2. Introducción

Los residuos de los CC dejados en la superficie del suelo ejercen un efecto de interferencia sobre el número de individuos y la MSA de las malezas. 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 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 álbum*, *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. Contrariamente, 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) (Figura 1). Distintos estudios determinaron que es necesario un mínimo de 2000 a 4000 kg.ha⁻¹ de MSA producida por los CC para una supresión significativa de *Setaria faberii*, *Panicum dichotomiflorum*, *Chenopodium álbum* y *Abutilon theophrasti* (Duiker y Curran, 2005), y de *Ambrosia artemisiifolia*, *Amaranthus spp.*, *Chenopodium album*, *Abutilon theophrasti*, *Polygonum pennsylvanicum* (Mischeler y otros, 2010b), al mismo tiempo que no resulte limitante el establecimiento y crecimiento del cultivo principal. Esta supresión se debe a una modificación en el microambiente de germinación de las semillas, que incluye: la radiación solar incidente y la temperatura del aire y del suelo (Teasdale y otros, 1991). La intercepción y la reflexión de las radiaciones de onda corta por parte de los residuos reducen la cantidad de radiación solar disponible en la superficie del suelo, el calor absorbido por el suelo a lo largo del día y la cantidad de humedad que se evapora (Teasdale, 2004). De esta manera, las especies de malezas anuales, de semillas pequeñas y con requerimientos de radiación solar para su germinación, son las más sensibles a los residuos superficiales, mientras que las especies anuales de semillas más grandes, las que poseen fotoinhibición y las malezas perennes son relativamente insensibles a la presencia de residuos superficiales.

Reberg-Horton y otros (2012) y Mirsky y otros (2013) demostraron que es necesario superar los 8000 kg.ha⁻¹ de MSA producida por los CC para una óptima supresión de malezas. Asimismo, Vann y otros (2018) observaron que con una productividad de 5900 kg.ha⁻¹ de MSA de *Secale cereale*/*Trifolium incarnatum* utilizados como CC no se evidencian diferencias significativas en la MSA de malezas comparado con tratamientos sin CC. Además, estos residuos generan interferencia física en tanto algunas especies producen inhibición de la germinación por medio de la liberación de metabolitos (Teasdale y Mohler, 1993; Davis y Liebman, 2003; Shearin y otros, 2008; Oueslati y otros, 2022).

Los CC también pueden interferir en el proceso de enmalezamiento por medio de efectos indirectos, tal como el favorecer hábitats para el crecimiento de insectos depredadores de semillas (Shelton y Badenes-Perez, 2006).

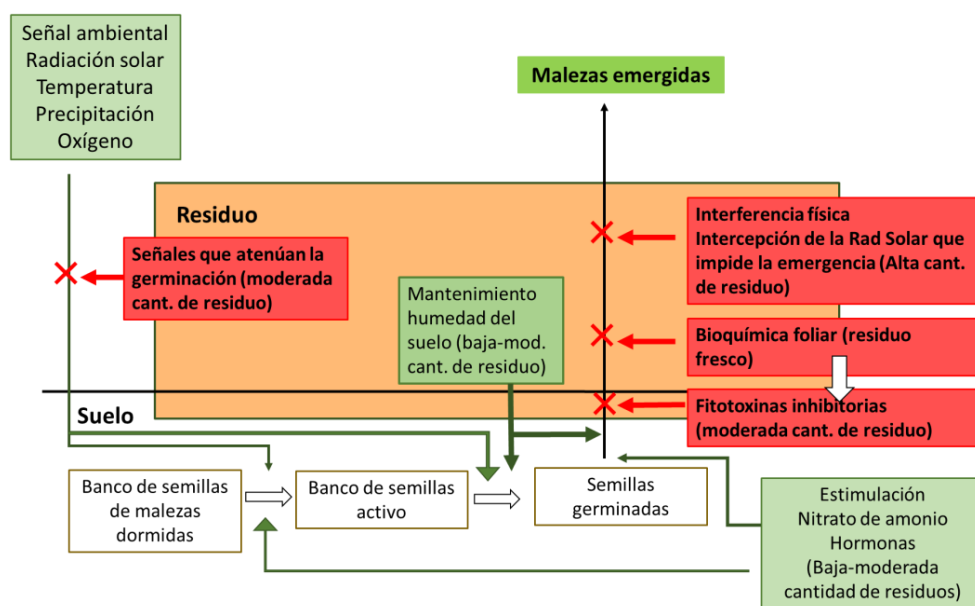


Figura 1: Representación esquemática de los factores y recursos ambientales que afectan (en rojo) o favorecen (en verde) la emergencia de malezas ante la presencia de residuos de cultivos de cobertura. Las "X" indican el proceso en el cual interfieren. (Modificado de Teasdale y otros, 2007).

Además, los residuos de los CC pueden reducir la temperatura máxima del suelo entre 2-5 °C y elevar la temperatura en 1 °C en climas templados si bien esto varía de acuerdo a la intensidad de la radiación, la humedad y el tipo de suelo. Las mayores diferencias se encuentran probablemente en las áreas tropicales o más secas del mundo. La mayoría de las semillas de malezas germinan dentro de un gran rango de temperaturas, por lo que una reducción de la temperatura máxima del suelo causada por los residuos generalmente tiene escasa influencia sobre la germinación (Teasdale, 2004). A causa de la disminución de la temperatura máxima y del aumento de la temperatura mínima del suelo, la amplitud de la temperatura diaria del suelo también se reduce por la presencia de residuos. La amplitud de las altas temperaturas a menudo es necesaria para romper la latencia de las semillas de algunas especies de malezas entonces, una reducción de la amplitud de la temperatura del suelo puede prevenir la germinación de las especies de malezas que tienen este requerimiento (Teasdale y Labrada, 2004).

Hipótesis

1. El aumento en la materia seca aérea de los residuos de cultivos de cobertura disminuye la tasa de descomposición, el número de individuos y la materia seca aérea de malezas.
2. El incremento en la cantidad de residuos de cultivos de cobertura en la superficie del suelo disminuye la temperatura del suelo y la amplitud térmica.

Objetivos

Determinar el efecto de diferentes cantidades y composiciones de residuos de cultivos de cobertura sobre la tasa de descomposición, y su relación con la composición y materia seca de la comunidad de malezas.

Objetivos específicos

- 1- Cuantificar la materia seca aérea producida en monoculturas y consociaciones

de cultivos de cobertura.

- 2- Cuantificar la tasa de descomposición de residuos de monoculturas y consociaciones de cultivos de cobertura.
- 3- Cuantificar el número de individuos y la materia seca aérea de malezas durante la descomposición de los residuos de los cultivos de cobertura.
- 4- Cuantificar la temperatura del suelo a 2, 5 y 10 cm de profundidad durante la descomposición de los residuos de cultivos de cobertura.

1. Materiales y métodos

Los estudios se desarrollaron en la EEA INTA Pergamino durante 2016-2019. En un esquema de rotación soja-soja-maíz y bajo labranza cero se sembraron CC de avena (*Avena sativa*), triticale (*Triticosecale*) y vicia (*Vicia villosa*). Se sembraron en monoculturas y consociaciones dobles y triples, a una densidad de 250 pl.m⁻² excepto en vicia que fue de 160 pl.m⁻². Además, se sembraron consociaciones dobles a una densidad de 500 pl.m⁻² y triple a una densidad de 750 pl.m⁻². El distanciamiento entre hileras fue de 17,5 cm y se fertilizaron con 120 kg.ha⁻¹ de 7-40-0-5 (N, P, K, S, respectivamente) al momento de la siembra. Además, se fertilizaron con 66 kg.ha⁻¹ de urea al momento de macollaje de los CC gramíneas. Asimismo, se dejó un sector sin CC y bajo la modalidad de barbecho químico como control negativo. El diseño experimental utilizado fue en bloques completos aleatorizados en donde las parcelas fueron de 10m de ancho y 50m de largo. En madurez de los CC (Z 7.3, Zadoks y otros, 1974) se realizó el secado de los mismos mediante el empleo de 3 l.ha⁻¹ de glifosato (48%) y 300 cc.ha⁻¹ de 2,4-d. Los CC se sembraron el 27 de mayo, 14 de junio y 22 de junio y se secaron el 11 de noviembre, 25 de octubre y 26 de noviembre para los años 2016, 2017 y 2018, respectivamente. Así, el ciclo de crecimiento fue de 168, 133 y 157 días, en 2016, 2017 y 2018, respectivamente.

En las distintas unidades experimentales y en los distintos años de estudio, se cuantificó la MSA de los distintos CC al momento de madurez (0 día desde el secado) y a los 33, 71, 115 y 144 días desde el secado (DDS) mediante la recolección del material contenido en marcos de 0,25.m². Luego se llevó a estufa a 65°C hasta peso constante

para luego obtener la MSA (g.m^{-2}) en los distintos momentos. Con estos datos, se calculó la tasa de descomposición de los distintos CC a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Tasa de descomposición} = 1 - \frac{\text{MSA CC final}}{\text{MSA CC inicial}}$$

En donde: “MSA CC final” es la materia seca aérea de cultivos de cobertura al momento de la recolección y “MSA CC inicial” es la materia seca aérea de cultivos de cobertura registrada en el muestreo anterior.

Asimismo, se recolectaron las malezas presentes, se registró el número de individuos y la MSA de las mismas.

Además, se registró la temperatura del suelo mediante el uso de termómetros en las distintas unidades experimentales a una profundidad de 2, 5 y 10 cm. La temperatura se registró a las 9, 12 y 15:00 hs, a los 16, 33, 46 y 144 DDS en 2016-2017 y a los 71 y 115 DDS en 2017-2018.

A partir de los datos climáticos registrados en la estación meteorológica de la EEA INTA Pergamino, se obtuvieron los datos históricos y de los años de estudio de las precipitaciones acumuladas y temperaturas medias durante el ciclo de crecimiento de los CC así como también durante la descomposición de los residuos para poder predecir el efecto de las precipitaciones o temperaturas sobre la tasa de crecimiento y descomposición de los residuos de CC.

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) con modelos lineales generales y mixtos en el programa estadístico Infostat, de acuerdo con el diseño experimental correspondiente. Así, los tratamientos con CC y BQ fueron considerados como efectos fijos mientras que, los bloques se consideraron como efectos aleatorios. Las medias de tratamientos se compararon por medio del test DGC (Di Rienzo, Guzmán, y Casanoves, 2002), ($p < 0,05$).

2. Resultados

Datos climáticos

Las precipitaciones acumuladas durante el ciclo de crecimiento de los CC fueron inferiores a las precipitaciones históricas. Así, se registraron 296, 339 y 356 mm en 2016, 2017 y 2018, respectivamente (Figura 2a). Mientras que, las precipitaciones históricas acumuladas en ese período fueron de 377 mm (Figura 2a). Las temperaturas medias registradas durante el período de crecimiento de los CC fueron 13,03; 14,68 y 13,63°C en 2016, 2017 y 2018, respectivamente. Mientras que las temperaturas medias históricas en ese período fueron de 13,7°C (Figura 2b). Durante la descomposición de los residuos de CC se registraron precipitaciones superiores a las históricas en 2016-2017 y 2018-2019 con una acumulación de 825,5 y 765,7 mm, respectivamente. En 2017-2018 las precipitaciones acumuladas durante la descomposición de los residuos de CC fueron inferiores a las históricas con una acumulación de 440,5mm. Las precipitaciones históricas fueron de 634mm (Figura 2c). La temperatura media promedio histórica durante la descomposición de los residuos de CC fue de 21°C. Las temperaturas medias registradas en ese período fueron de 21,1; 21,7 y 20,6°C en 2016-2017; 2017-2018 y 2018-2019, respectivamente (Figura 2d).

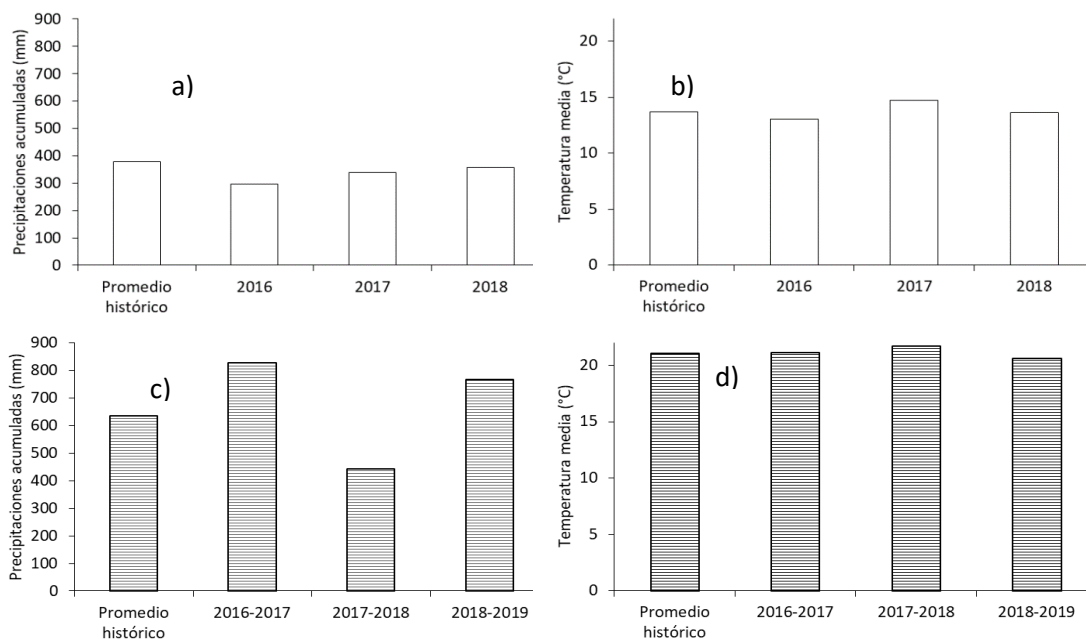


Figura 2: Precipitaciones y temperaturas durante el ciclo de crecimiento de los cultivos de cobertura (a y b, respectivamente) y durante la descomposición de los residuos (c y d, respectivamente). Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2006-2019.

4.1. *Materia seca aérea de cultivos de cobertura en madurez*

En madurez de los CC no se registraron diferencias significativas en la MSA producida los años 2016 y 2018, con un promedio de $820,02 \text{ g.m}^{-2}$ (Figura 3). En 2017, se registró la menor MSA de CC en madurez con un promedio de $694,24 \text{ g.m}^{-2}$ (Figura 3). Además, en 2016 no se registraron diferencias significativas en la MSA en los diferentes CC con un promedio de $823,74 \text{ g.m}^{-2}$ de MSA ($p>0.05$) (datos no mostrados). En 2017, se registró la menor MSA en las monoculturas de avena y vicia con un promedio de $499,67 \text{ g.m}^{-2}$ mientras que no se registraron diferencias significativas en la MSA en el resto de los CC con un promedio de $737,54 \text{ g.m}^{-2}$ (Figura 4). En 2018, se registró la mayor MSA de CC en madurez en los CC de avena, triticale y la consociación de éstos en ambas densidades con un promedio de 993 g.m^{-2} , mientras que no se registraron diferencias significativas en la MSA del resto de los CC con un promedio de $715,33 \text{ g.m}^{-2}$ (Figura 4).

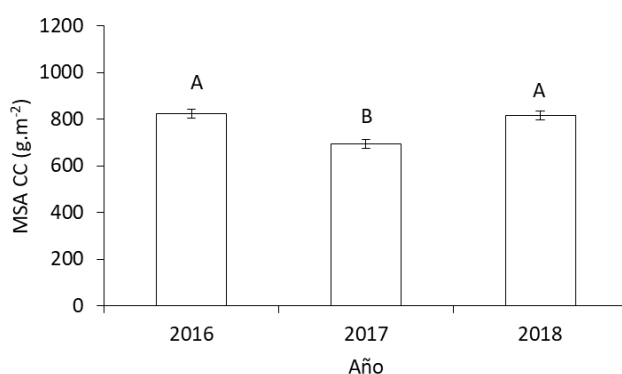


Figura 3: Materia seca aérea de los cultivos de cobertura (MSA CC, g.m^{-2}) en madurez en 2016-2018. Letras iguales indican diferencias no significativas mediante el Test DGC (Di Rienzo, Gutzman y Casanoves, 2002) (probabilidad del 5%). Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2016-

2018.

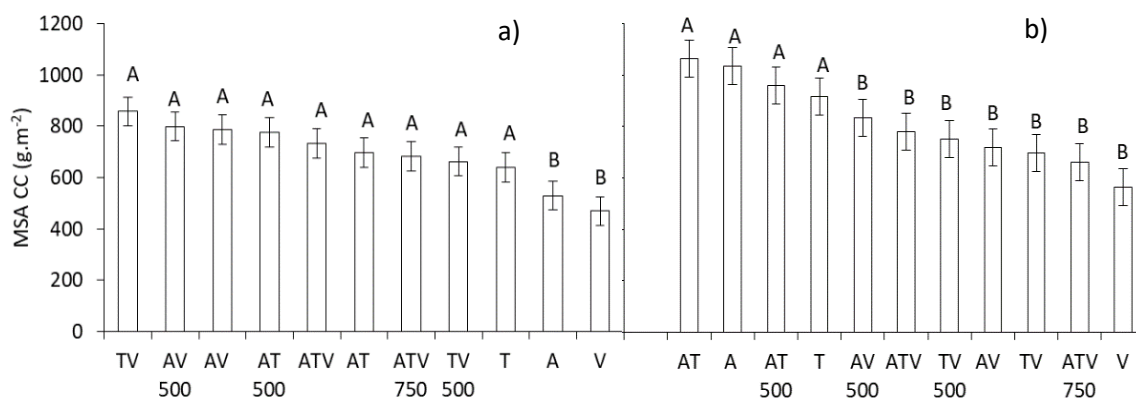


Figura 4: Materia seca aérea (MSA, g.m⁻²) de los cultivos de cobertura (CC) en madurez 2017 (a) y 2018 (b). A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, 500: 500 pl.m⁻², 750: 750 pl.m⁻². Letras iguales indican diferencias no significativas mediante el Test DGC (Di Rienzo, Gutzman y Casanoves, 2002) (probabilidad del 5%). Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2017-2018.

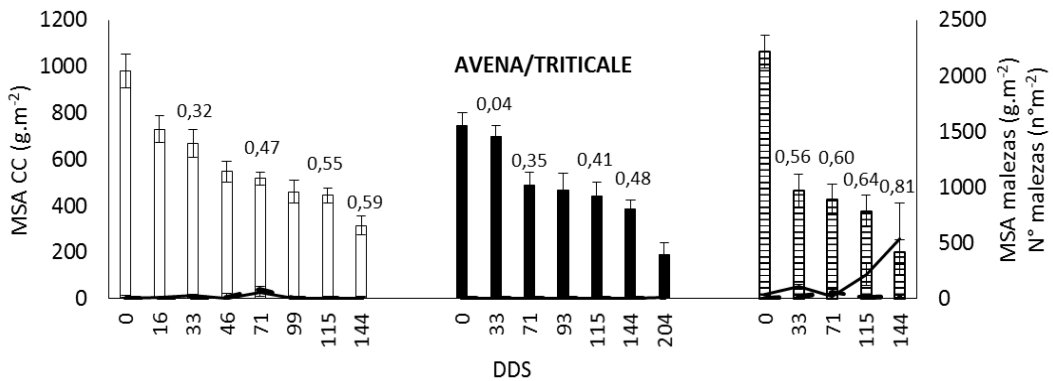
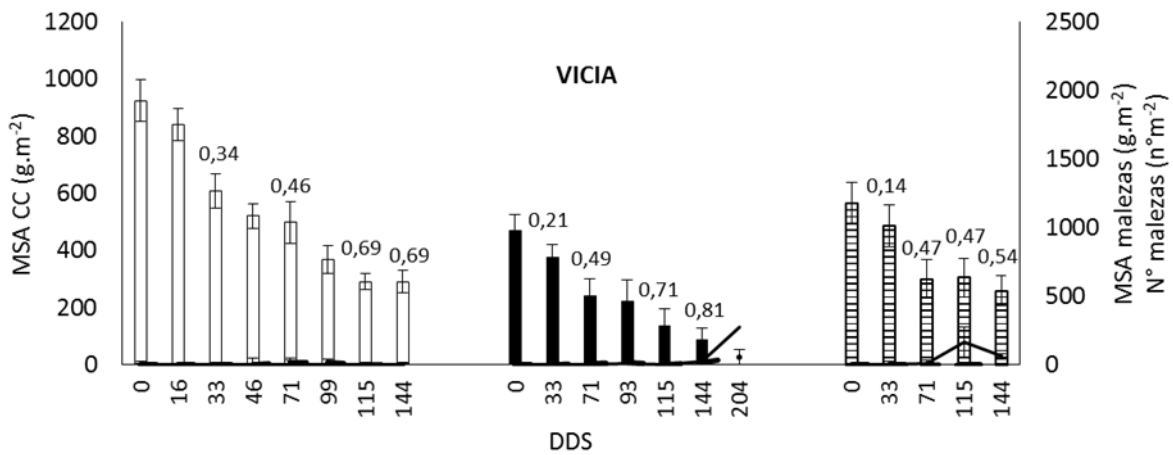
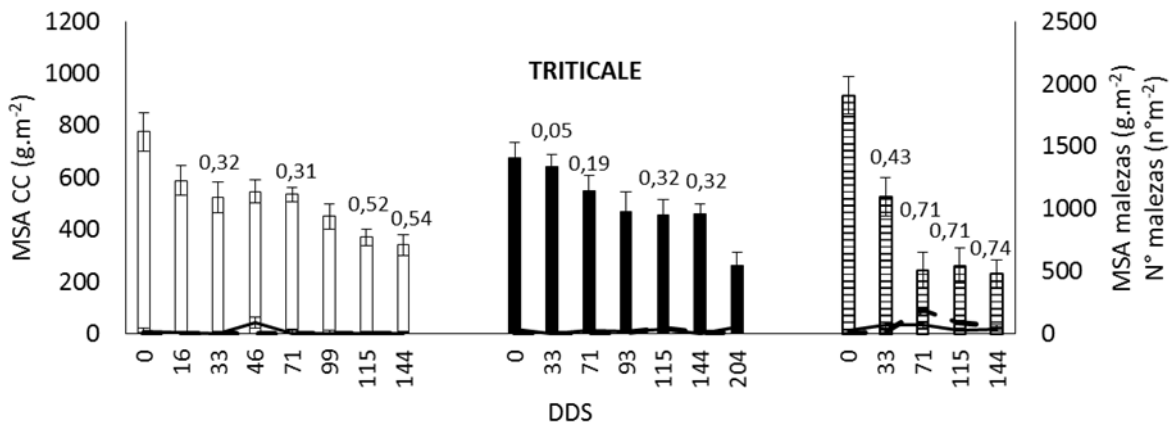
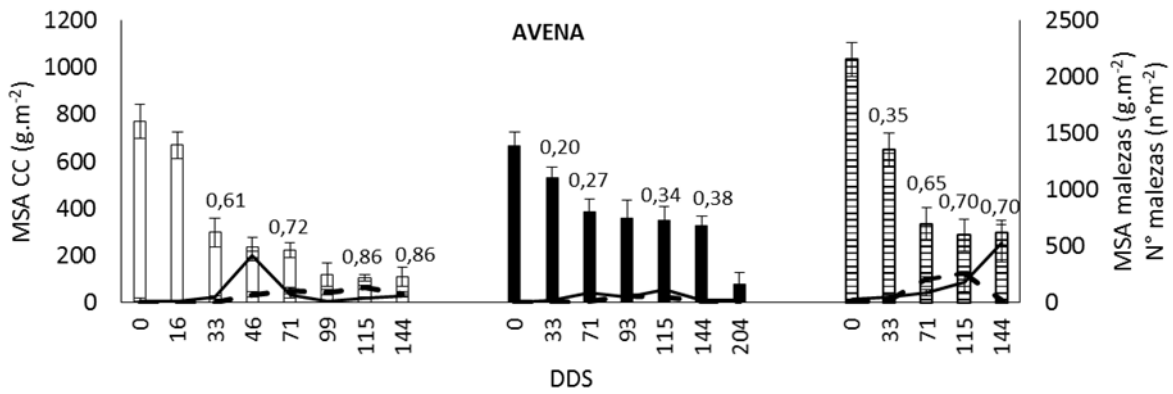
4.2. Tasa de descomposición y materia seca aérea de los residuos de cultivos de cobertura

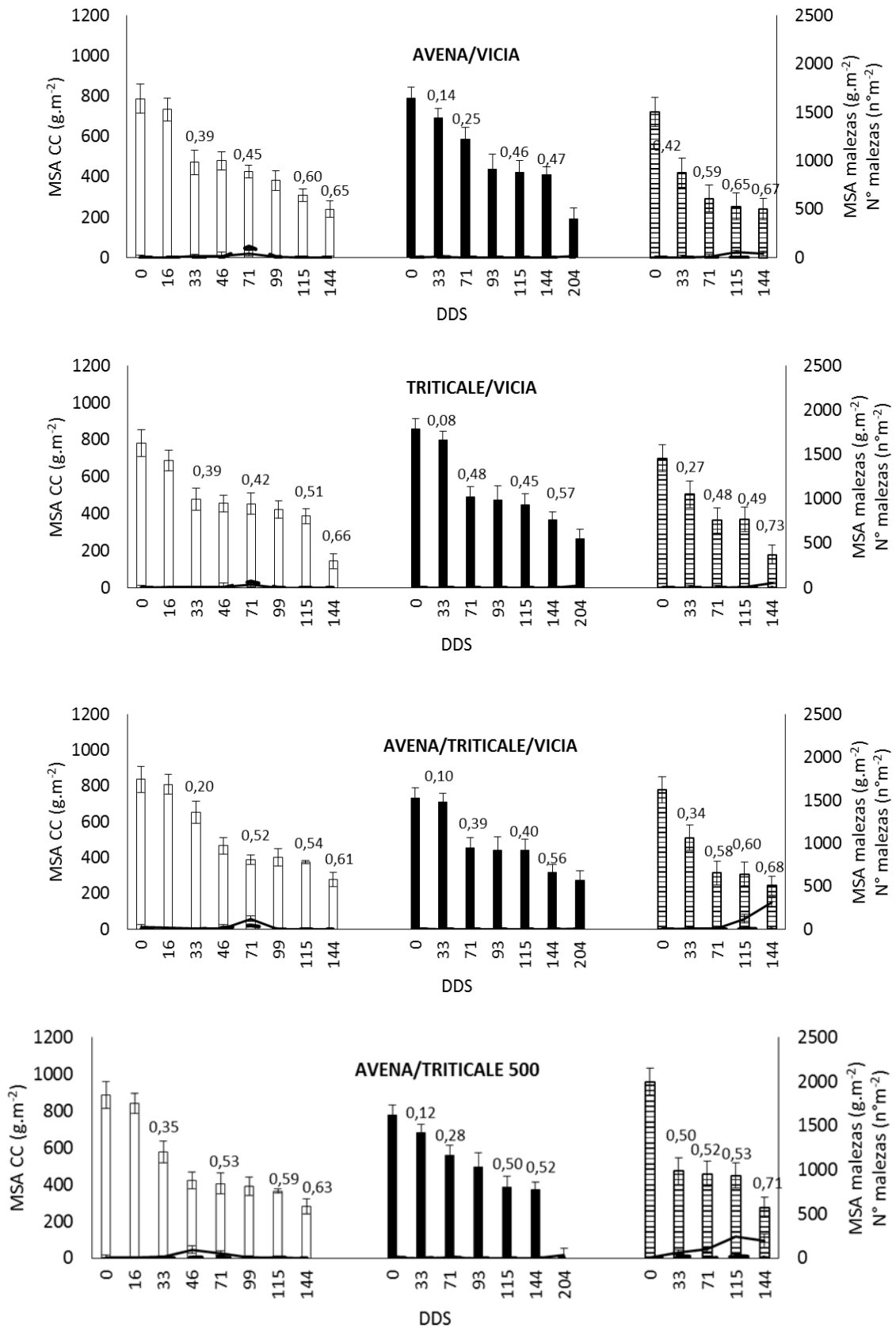
De acuerdo con los resultados obtenidos, la tasa de descomposición de los residuos de los distintos CC fue menor en 2017. Mientras que, no se registraron diferencias significativas en las tasas de descomposición en 2016 y 2018. A los 33 días desde el secado de los CC, se descompuso un 38,5% y un 14% los años 2016-2018 y 2017, respectivamente. Mientras que, a los 144 días desde el secado de los CC se descompuso un 66% en 2016 y 2018 y un 49% en 2017. Además, en 2016 el CC de avena registró la mayor tasa de descomposición con un promedio de 0,72; 0,86 y 0,86 a los 71, 115 y 144 DDS, respectivamente registrando diferencias significativas con los demás CC. En 2018 vicia registró la menor tasa de descomposición, con un promedio de 0,14. A los 71 y 115 DDS, no se registraron diferencias significativas en las tasas de

descomposición de los residuos de los CC los años 2017 y 2018. Así, en 2017 las tasas de descomposición para todos los CC fue de 0,43 y 0,55 a los 71 y 115 DDS, respectivamente y en 2018, las tasas fueron de 0,44 y 0,55 DDS a los 71 y 115 DDS, respectivamente. En 2017, a los 144 DDS, vicia y avena/vicia a la densidad de 500 pl.m⁻² registraron la mayor tasa de descomposición con un promedio de 0,78 mientras que, triticale la menor con un promedio de 0,32. En 2018, a los 144 DDS, se registró la mayor tasa de descomposición en el CC de avena/triticale con un promedio de 0,81.

A pesar de las diferencias registradas en la tasa de descomposición de los distintos CC en 2016, el CC de avena registró la menor MSA en todos los momentos con un promedio entre 298,13 y 110,80 g.m⁻² de MSAcc. Asimismo, a los 33 y 71 DDS, no registró diferencias significativas con el CC de avena/vicia (500) y a los 71 DDS además con el CC de triticale/vicia (500) (Figura 5). En 2017, a los 33, 115 y 144 DDS el CC de vicia registró la menor MSA con un promedio entre 374,27 y 88,53 g.m⁻² de MSAcc. Además, este año, vicia no registró diferencias significativas con los CC de avena/vicia (500) a los 115 y 144 DDS y con el CC de avena y avena/triticale/vicia (750) a los 115 DDS (Figura 5). En 2017 a los 71 DDS no se registraron diferencias significativas en la MSA de los distintos CC con un promedio de 391,44 g.m⁻² de MSA. En 2018, no se registraron diferencias significativas en la MSAcc a los 33, 71, 115 y 144 DDS (Figura 5) con un promedio entre 503,53 y 259,39 g.m⁻² de MSAcc.

A partir del análisis de la descomposición de residuos de CC con curvas de regresiones (Figura 6) se puede observar como varía el tiempo necesario (días desde el secado) para registrar la mitad de la materia seca aérea producida en los distintos años de estudio y en los distintos CC. Así, por ejemplo, en el CC de avena, en 2016-2017, a los 38 DDS aproximadamente, se registró la mitad de la materia seca aérea producida total, mientras que, en 2017-2018, la mitad de la materia seca aérea total se registró a los 151 días desde el secado aproximadamente (Figura 6).





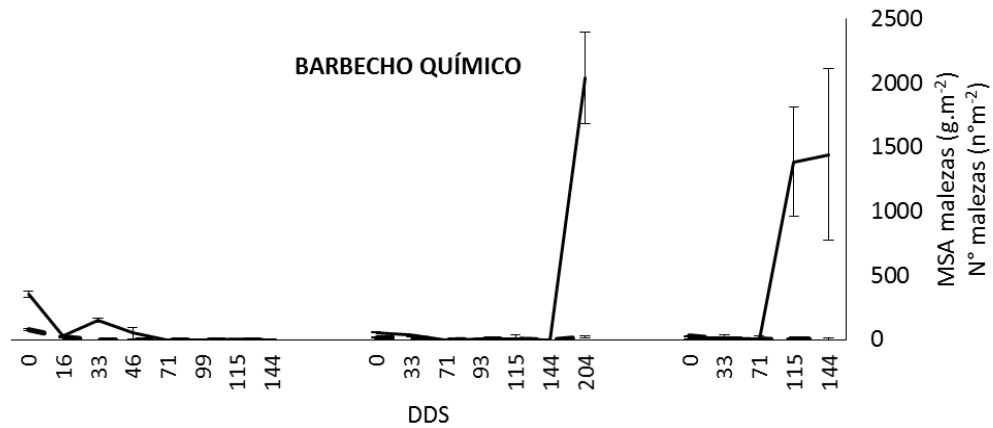
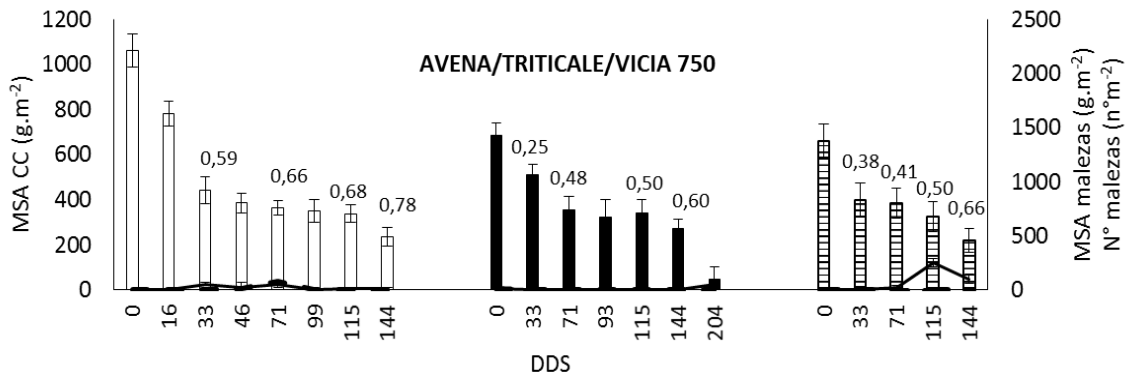
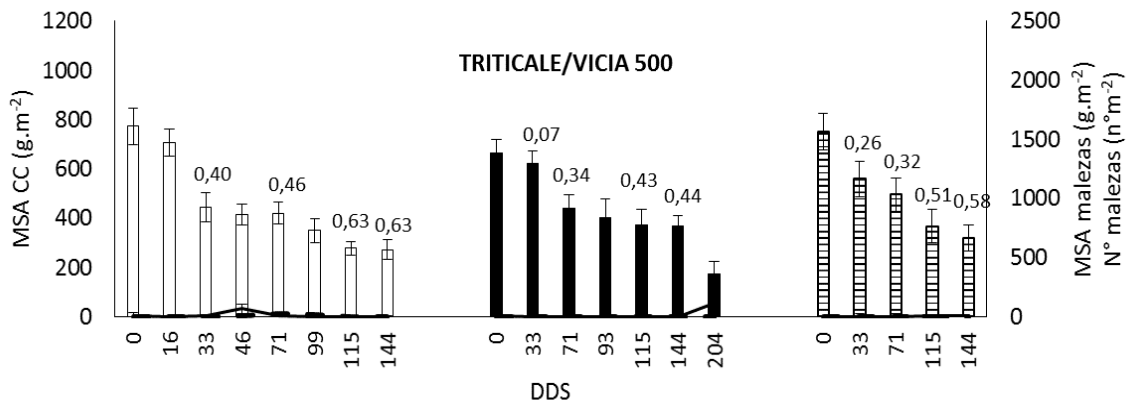
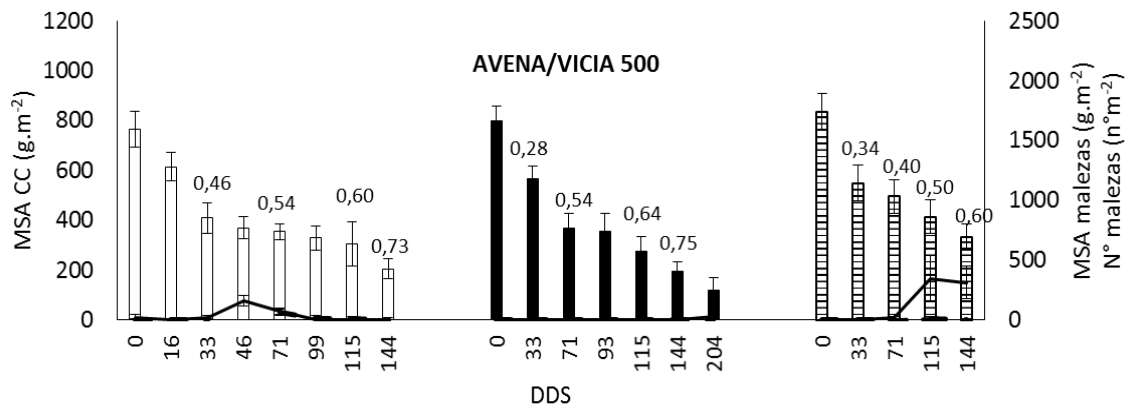
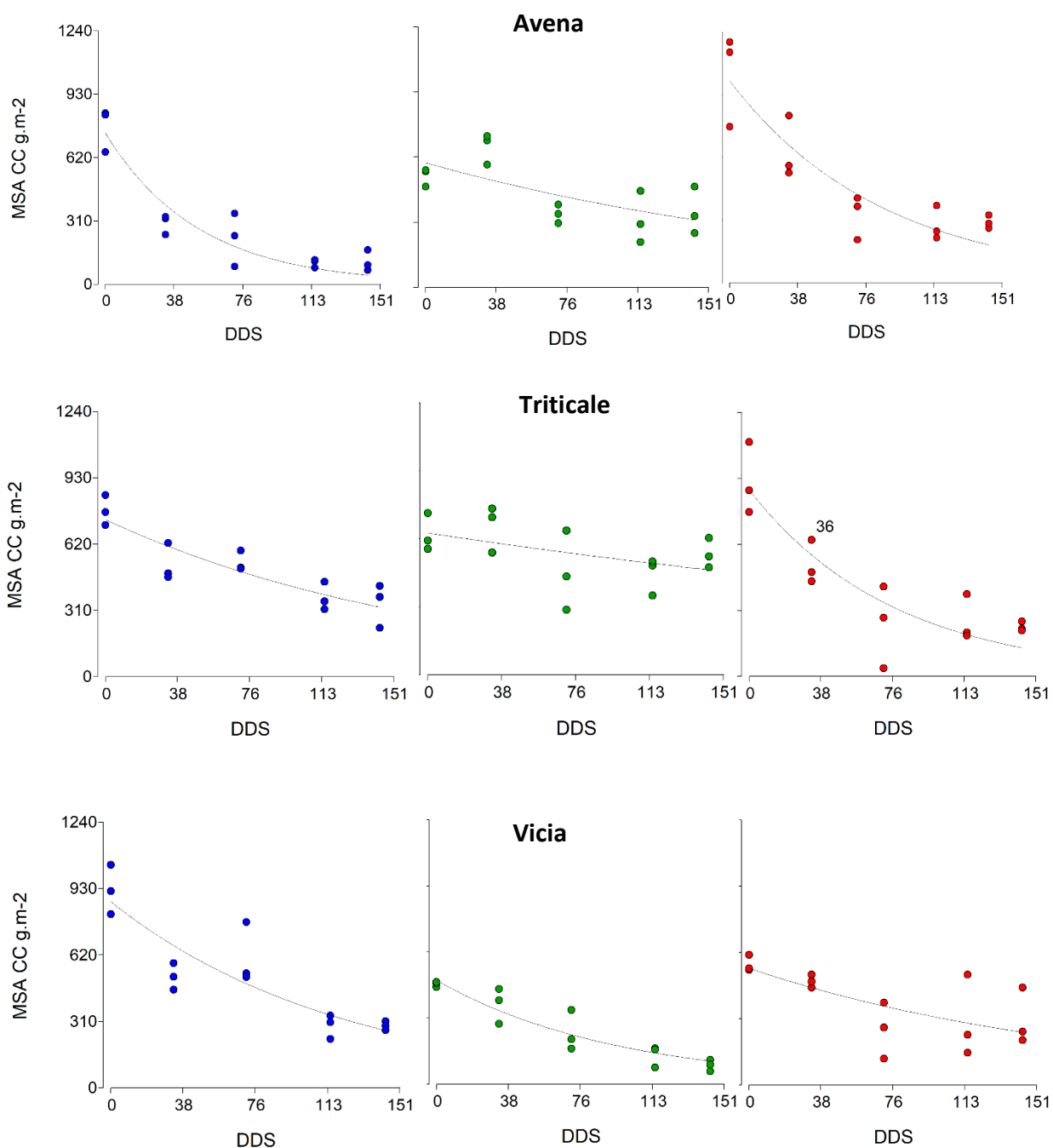
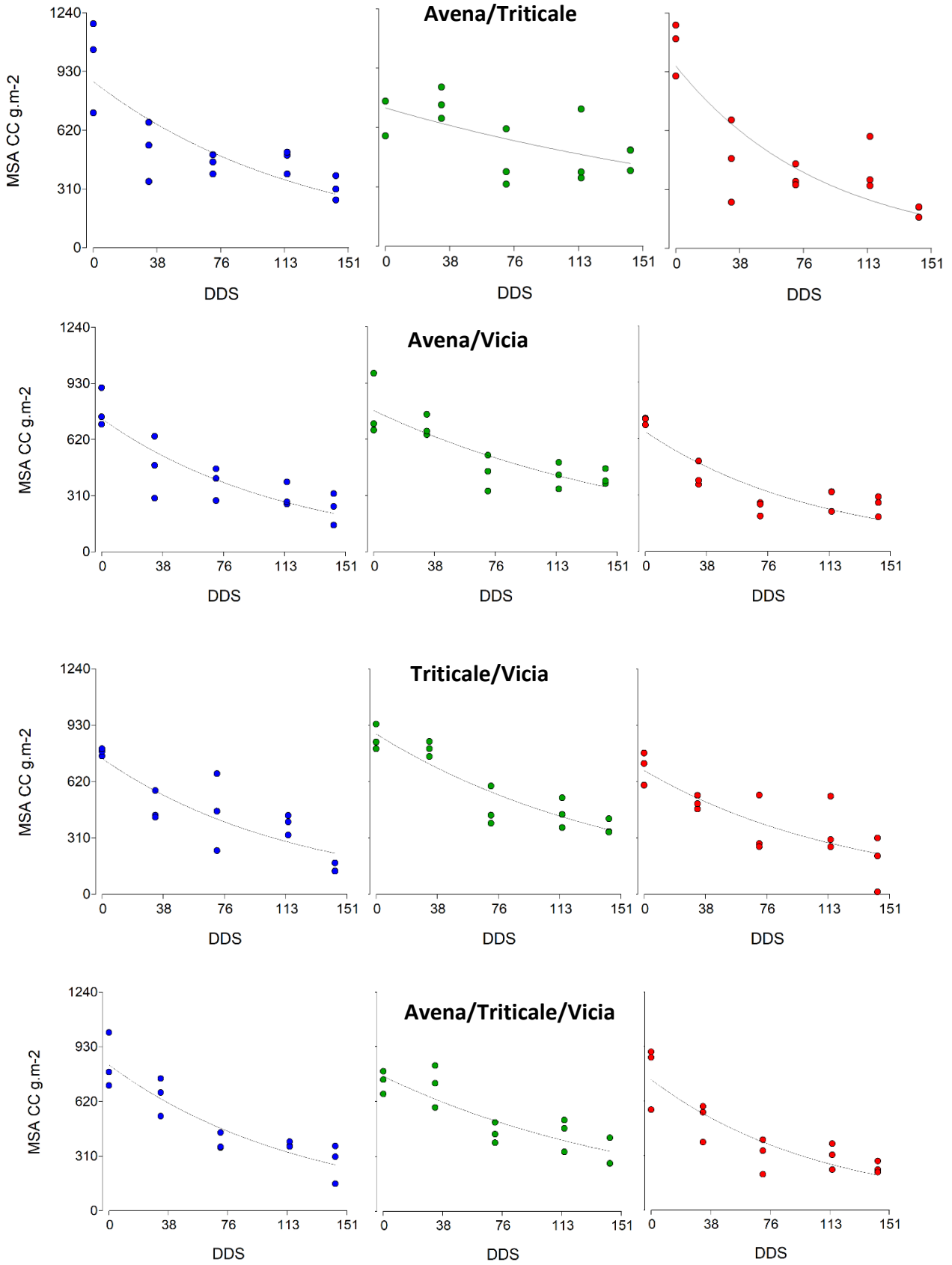


Figura 5: Materia seca aérea de cultivos de cobertura (MSA CC, g.m⁻²) (en barras), materia seca aérea de malezas (g.m⁻²) (línea punteada) y número de individuos de malezas (n°.m⁻²) (línea sólida) a los 0, 16, 33, 46, 71, 93, 99, 115 y 144 días desde el secado (DDS) de los cultivos de cobertura. 500 y 750: 500 y 750 pl.m⁻². Barras vacías: 2016-2017, llenas: 2017-2018 y rayadas: 2018-2019. Números sobre las barras: tasas de descomposición de los residuos de cultivos de cobertura. Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2016-2019.





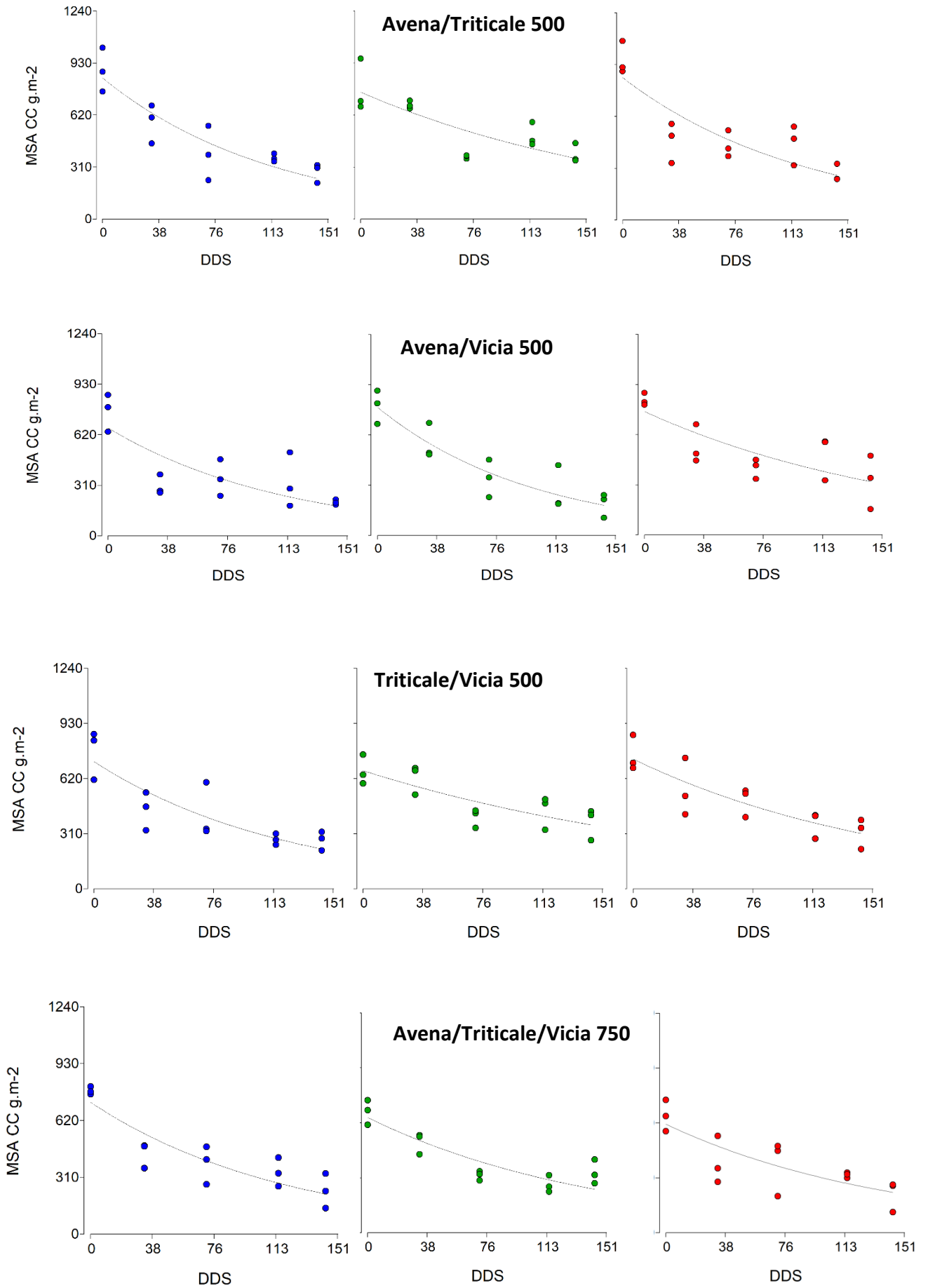


Figura 6: Descomposición de residuos de cultivos de cobertura (MSA CC; g.m^{-2}) a los 38, 76, 113 y 151 días desde el secado (DDS) durante 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019, color azul, verde y rojo, respectivamente. 500 y 750: densidades de 500 y 750 pl.m^{-2} , respectivamente. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2016-2019.

4.3. *Materia seca aérea y número de individuos de malezas*

De acuerdo con los resultados obtenidos, en los tres años de estudio BQ registró la mayor MSAm en madurez de los CC con un promedio de 75,07, 14,80 y 25,61 g.m^{-2} en 2016, 2017 y 2018, respectivamente mientras que no se registraron diferencias significativas entre los CC con un promedio de 0,24, 0,85 y 0,94 g.m^{-2} para los tres años, respectivamente (Figura 5). Así, el empleo de CC redujo un 99,7; 94,3 y 96,3% la materia seca aérea de malezas, en 2016, 2017 y 2018, respectivamente. Además, en madurez de los CC se registró el mayor número de individuos de malezas en BQ en 2016 y 2017 con un promedio de 352 y 55 pl.m^{-2} respectivamente, mientras que en 2018 se registró el mayor número de individuos de malezas en los CC de avena, triticale y la consociación de estos con un promedio de 32 pl.m^{-2} (Figura 5). Además, en 2016 a los 33 DDS se registró el mayor número de individuos de malezas en BQ con un promedio de 151 pl.m^{-2} . En este momento, en 2017 se registró el mayor número de individuos de malezas en el BQ y el CC de avena, con un promedio de 29 pl.m^{-2} y la mayor MSAm en BQ con un promedio de 20,53 g.m^{-2} . En 2018, no se registraron diferencias significativas en la MSA y número de individuos de malezas entre todos los tratamientos a los 33 DDS con un promedio de 7,08 g.m^{-2} y 26 pl.m^{-2} , respectivamente.

Además, en 2016 a los 71 DDS no se registraron diferencias significativas en el número de individuos y la MSA de malezas entre los distintos tratamientos con un promedio de 42 pl.m^{-2} y 50,58 g.m^{-2} , respectivamente (Figura 5). Este año, a los 115 y 144 DDS, se registró la mayor MSA y número de individuos de malezas en el CC de avena, con un promedio de 138,53 y 75,57 g.m^{-2} y 40 y 63 pl.m^{-2} , respectivamente, mientras que los demás tratamientos no registraron diferencias significativas con un promedio de 1,82 y 0,33 g.m^{-2} y 2 y 1 pl.m^{-2} a los 115 y 144 DDS, respectivamente.

En 2017 se registró la mayor MSAm en el CC de avena a los 71, 115 y 144 DDS. Además, no se registraron DS con los CC de vicia, triticale, y triticale y vicia a los 71, 115 y 144 DDS, respectivamente (Figura 5). Asimismo, se registró el mayor número de individuos de malezas en los CC de avena a los 115 con un promedio de 120 pl.m^{-2} y a los 144 DDS sin diferencias significativas con el CC de vicia con un promedio de 22 pl.m^{-2} . En 2018, a los 71 DDS se registró la mayor MSAm en los CC de avena y triticale con un promedio de $198,41 \text{ g.m}^{-2}$. A los 115 DDS, se registró la mayor MSAm en el CC de avena con un promedio de $256,86 \text{ g.m}^{-2}$ mientras que el mayor número de individuos de malezas se registró en BQ con un promedio de 1385 pl.m^{-2} . A los 144 DDS se registró la mayor MSAm en el CC de triticale con un promedio de $59,26 \text{ g.m}^{-2}$.

4.4. *Temperatura del suelo*

De acuerdo con los resultados obtenidos, se registró la mayor temperatura del suelo en BQ a las 9:00, 12:00 y 15:00 hs y en las distintas profundidades (2, 5 y 10 cm) a los 16, 33, 46 y DDS en 2016-2017 y a los 71 y 115 DDS en 2017-2018 (Figura 7 y 8). Además, el primer año, a los 144 DDS y a las 12:00 hs, la temperatura del suelo en BQ no registró diferencias significativas con los CC de avena/triticale/vicia (en ambas densidades) y con triticale/vicia (500) a los 5 cm de profundidad y con el CC de avena/triticale/vicia (750) a los 10 cm de profundidad. Además, este año a las 15:00 hs, a los 16 DDS no se registró diferencias significativas en las temperaturas del suelo entre los CC de triticale, avena/triticale (500) y avena a los 2 y 5 cm de profundidad y además con los CC de avena/triticale/vicia y triticale/vicia (500) a los 5 cm de profundidad. Asimismo, en el primer año y a los 144 DDS, no se registraron diferencias significativas en la temperatura de suelo entre BQ y el CC de avena/triticale/vicia (750) en las tres profundidades. En el segundo año, a los 115 DDS a la profundidad de 2cm y a las 15:00 hs, no se registraron diferencias significativas en la temperatura del suelo entre BQ y los CC de avena/triticale en ambas densidades, vicia, avena/vicia y triticale/vicia. Así, la temperatura del suelo en el BQ a los 2 cm de profundidad entre las 9:00 y 15:00 hs varió entre 28 y 36°C, 29 y 40°C, 28 y 39°C, 19 y 24°C, a los 16, 33, 46 y 144 DDS, respectivamente, el primer año (Figura 7). Mientras que, el segundo año

a 2 cm de profundidad se registraron temperaturas entre 31 y 41°C a los 71 DDS y 27 y 38°C a los 115 DDS (Figura 8). En los CC, en el primer año, la variación de temperatura diaria a los 2 cm de profundidad fue entre 23 y 28°C, 21 y 28°C, 24 y 31°C, 17 y 24°C a los 16, 33, 46 y 144 DDS, respectivamente. En el segundo año, en los CC la variación de temperatura diaria a los 2 cm de profundidad fue entre 24 y 29°C y, 24 y 31°C a los 71 y 115 DDS, respectivamente. A los 5 cm de profundidad en el BQ el primer año, la temperatura en el día varió entre 25 y 32°C, 25 y 36°C, 26 y 36°C, 17 y 22°C a los 16, 33, 46 y 144 DDS, respectivamente. En el segundo año, la variación de temperatura en el BQ fue entre 27 y 32°C y 25 y 32°C a los 71 y 115 DDS, respectivamente. En esa profundidad, la variación de temperatura en el día en los CC fue entre 21 y 29°C, 21 y 28°C, 24 y 31°C, 16 y 22°C a los 16, 33, 46 y 144 DDS, respectivamente en el primer año de estudio. Mientras que fueron entre 22 y 28°C y 22 y 31°C a los 71 y 115 DDS, respectivamente, el segundo año de estudio. A los 10 cm de profundidad, la variación en la temperatura diaria en BQ fue entre 24 y 28°C, 24 y 32°C, 26 y 32°C y 17 y 20°C a los 16, 33, 46 y 144 DDS, respectivamente, en el primer año de estudio. En el segundo año, las variaciones de temperaturas en el BQ fueron entre 24 y 31°C y 24 y 33°C a los 71 y 115 DDS, respectivamente. En los CC, la variación de temperatura a los 10 cm de profundidad fue entre 21 y 26°C, 22 y 26°C, 24 y 28°C y 16 y 19°C a los 16, 33, 46 y 115 DDS, respectivamente en el primer año. En el segundo año, las variaciones de temperatura del suelo en los CC fueron entre 21 y 25°C y 22 y 27°C a los 71 y 115 DDS, respectivamente.

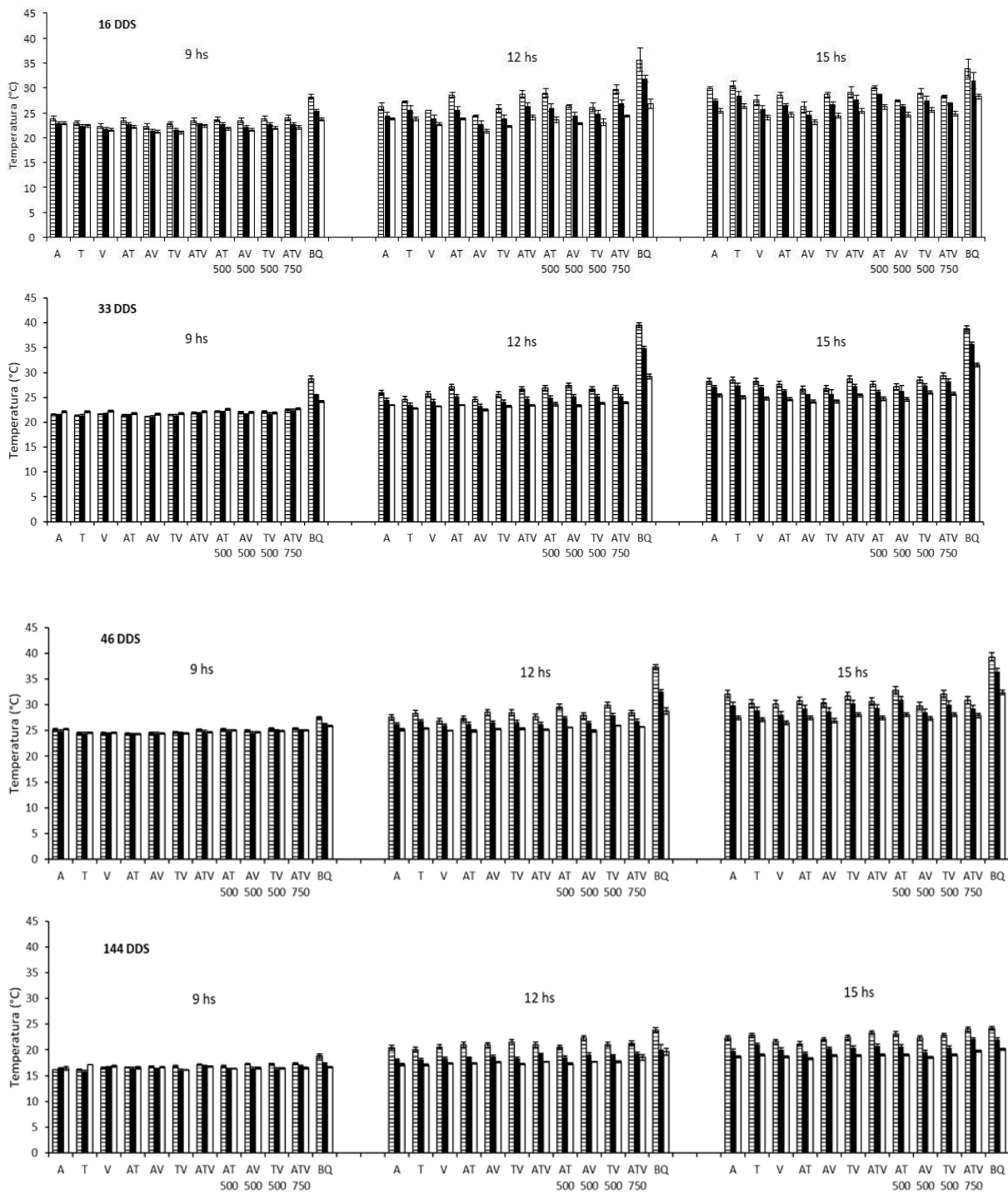


Figura 7: temperatura del suelo (°C) a los 2, 5 y 10 cm de profundidad (barras rayadas, llenas y vacías, respectivamente) a los 16, 33, 46 y 144 días desde el secado (DDS). A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, 500 y 750: 500 y 750 plantas.m⁻²,

respectivamente. Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos aires, Argentina, 2016-2017.

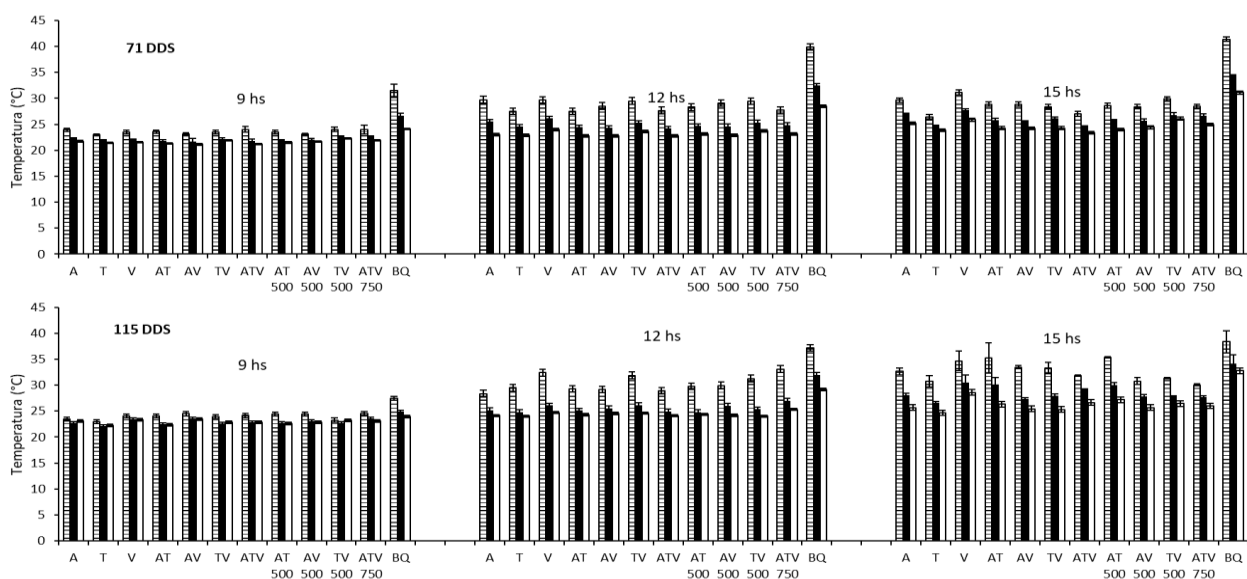


Figura 8: temperatura del suelo ($^{\circ}\text{C}$) a los 2, 5 y 10 cm de profundidad (barras rayadas, llenas y vacías, respectivamente) a los 71 y 115 días desde el secado (DDS). A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, 500 y 750: 500 y 750 plantas. m^{-2} , respectivamente. Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos aires, Argentina, 2017-2018.

5. Discusión

5.1. Materia seca aérea de cultivos de cobertura en madurez

Las diferencias registradas en la MSA de CC en madurez pueden deberse a la duración del período de crecimiento de los CC. En 2017, donde se registró la menor MSA de los CC, el ciclo de crecimiento también fue menor respecto a los otros años. Estos resultados concuerdan con Capurro y otros (2010) y Rai y otros (2023) quienes encontraron que a medida que se retrasa la fecha de secado de una consociación de *Avena sativa* y *Vicia villosa* y de *Secale cereale*, respectivamente, la acumulación de MSA es mayor y con Appelgate y otros (2017) quienes sostienen que la cantidad de

MSA acumulada por los CC depende de la cantidad de grados días acumulados. Además, Diuker (2014) y Blanco-Canqui y Ruis (2020) sostienen que extendiendo el período de crecimiento de los CC se obtiene mayor producción de MSA. Esto resulta interesante al momento de determinar la cantidad de MSA de CC que se quiere lograr. Así, a medida que el ciclo de crecimiento de los CC sea mayor, será mayor la MSA acumulada. Por lo tanto, se sugieren siembras tempranas para incrementar la producción de MSA. En caso de tener un cultivo en pie, estas siembras podrían considerarse con avión o altina.

5.2. Tasa de descomposición y materia seca aérea de los residuos de cultivos de cobertura

La menor tasa de descomposición de los residuos de los CC registrada en 2017 pudo deberse a las menores precipitaciones registradas en ese período ese año. Estos resultados coinciden con Thapa y otros (2021) quienes sostienen que la tasa de descomposición de los residuos de CC está altamente influenciada por la humedad del suelo. Además, Pereira Soares y otros (2021) encontraron similares tasas de descomposición para CC de *Mucuna pruriens* y *Brachiaria ruziziensis*, en donde a los 30 DDS se descompuso la mitad de la MSA original. Los resultados del presente trabajo no coinciden con Murungu y otros (2010) quienes sostienen que los CC leguminosas se descomponen más rápidamente que los CC gramíneas debido a la mayor relación C/N de las gramíneas. Distintos autores han encontrado diferencias en las tasas de descomposición de los residuos aportados por los CC. Así se registraron entre 40 y 131 DDS para que se descomponga la mitad del residuo de *Panicum miliaceum* (Torres y otros, 2005; Ferreira y otros, 2010 y Costa y otros, 2015), entre 24 y 160 DDS para que se descomponga la mitad del residuo de *Urochloa ruziziensis* (Belo y otros, 2012; Santos y otros, 2014) y entre 21 a 114 DDS para *Cajanus cajan* (Torres y otros, 2005; Belo y otros, 2012). Estas diferencias fueron asociadas al uso de distintos cultivares, producción de MSA, diferentes composiciones químicas de los residuos, mejor contacto entre los residuos y el suelo, y la combinación de altas temperaturas y precipitaciones que influyen el proceso de descomposición. A pesar que en 2017 la

MSA de CC en madurez de los distintos CC fue significativamente menor a la registrada en 2016 y 2018, las tasas de descomposición fueron menores. Esto puede ser beneficioso dado que a los 33 DDS, la cantidad de residuos en la superficie del suelo ese año fueron iguales o mayores a las registradas en ese momento un año con mayores precipitaciones.

De acuerdo a los resultados obtenidos la tasa de descomposición de los distintos CC estuvo influenciada por las condiciones ambientales durante ese período más allá de las especies de CC, las consociaciones y la MSACC acumulada.

5.3. *Materia seca aérea y número de individuos de malezas*

El empleo de CC redujo significativamente el número de individuos y la MSAm. Así, en madurez de los CC la MSAm y el número de individuos de malezas fueron menores a los registrados en un BQ. Esto pudo deberse a la competencia por recursos aéreos y/o subterráneos entre los CC y las malezas durante el ciclo de crecimiento de los CC (Teasdale y otros, 2007).

El mayor número de individuos y MSA de malezas registrados en el CC de avena, no siempre se relacionó con la menor MSA de residuos en ese momento. Esto no coincide con Teasdale (1996); Finney y otros (2016); Smith y otros (2015) quienes sostienen que la supresión de las malezas por parte de los CC es dependiente de la cantidad de MSA. Finney y otros (2016) sostienen que es necesaria una MSACC de $4625 \pm 509 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ para una supresión del cien por ciento de las malezas. Por esto, estos mayores enmalezamientos en el CC de avena pueden deberse a la naturaleza del residuo dejado por este CC. Esto coincide con Teasdale y Mohler (2000) quienes sostienen que los residuos dispuestos en la superficie del suelo pueden tener grandes variaciones en estructura, modelo de distribución y heterogeneidad espacial, en donde sugieren que los residuos con muchas capas y una pequeña cantidad de vacíos internos tendrán condiciones más favorables para la supresión de malezas. De esta manera, no sólo es importante la cantidad de residuo en la superficie del suelo sino las características del mismo. La disposición del residuo en la superficie del suelo permitirá o no generar la

suficiente impedancia física como para evitar la germinación y emergencia de las malezas.

5.4. Temperatura del suelo

El empleo de CC disminuyó la temperatura del suelo comparado con un tratamiento de BQ. Esta disminución en la temperatura del suelo fue menor a medida que aumentó la profundidad del suelo. Estos resultados coinciden con Blanco-Canqui y otros (2011) quienes registraron disminuciones en la temperatura del suelo de 4, 2 y 1°C a los 5, 15 y 30 cm de profundidad, respectivamente en residuos de *Vicia villosa*, *Crotalaria juncea* y *Glicine max* utilizados como CC. En el presente estudio, a los 2 cm de profundidad, la temperatura máxima registrada en los CC fue similar a la temperatura mínima en un BQ. Esto puede deberse al efecto que ejercen los residuos de los CC dejados en la superficie del suelo. Estos residuos, tienen influencia sobre el microclima del suelo al interceptar la radiación solar recibida (Teasdale y Mohler, 1993). Así, la interceptación y la reflexión de las radiaciones de onda corta por parte de los residuos reducen la cantidad de radiación solar disponible en la superficie del suelo, el calor absorbido por el suelo a lo largo del día y la cantidad de humedad que se evapora del suelo. Estos efectos pueden interactuar con los requerimientos de germinación de las semillas y determinar la emergencia de las plántulas de malezas (Teasdale, 2004). Además, esto es importante durante la implantación y primeros estadíos del cultivo siguiente en donde la evapotranspiración total sería menor. Los resultados del presente trabajo coinciden con Blanco-Canqui y Ruis (2020) quienes sostienen que el empleo de CC reduce la temperatura máxima diaria del suelo e incrementan la temperatura mínima nocturna, indicando que los CC reducen la amplitud térmica del suelo y con Thapa y otros (2021) quienes registraron diferencias entre 2,2 y 10°C en la temperatura superficial del suelo en CC de *Trifolium pratense* y *Secale cereale* comparados con un tratamiento sin CC. Estos resultados no coinciden con Martínez-Feria y otros (2016) en donde residuos de CC de *Secale cereale* de hasta 2500 kg.ha⁻¹ no redujeron la temperatura superficial del suelo. Estas diferencias pueden deberse a que en el presente trabajo la MSA de residuos fue superior a las registradas por

Martinez-Feria y otros (2016), en donde en promedio las productividades superaron los 7000 kg.ha⁻¹. Así, Dabney y otros (2001) sostienen que la cantidad de residuos aportado por un CC determina la magnitud a la cual afecta la temperatura del suelo. Asimismo, Appelgate y otros (2017) y Ruis y otros (2018), sostienen que si la producción de MSA de los CC es baja, el efecto en la temperatura del suelo es mínimo o despreciable. Además, Blanco-Canqui y otros (2011) sostienen que con MSA de *Vicia villosa* superiores a 5000 kg.ha⁻¹, la temperatura del suelo se puede reducir 4°C. La amplitud termica a menudo es necesaria para romper la dormición de las semillas de algunas especies de malezas y una reducción de la amplitud de la temperatura del suelo causada por los residuos de los CC puede prevenir la germinación de las especies de malezas que tienen este requerimiento (Teasdale, 2004). De esta manera, el empleo de CC permitiría disminuir los enmalezamientos durante la descomposición de los residuos a través de la disminución en la temperatura del suelo y con la consecuente menor proporción de salida de la dormición de las malezas con este requerimiento.

6. Conclusiones

Los residuos de los CC dejados en la superficie del suelo suprimen el número de individuos y la materia seca aérea de malezas a través de la impedancia física que generan y a través de la disminución en la temperatura superficial del suelo y amplitud térmica de éste. Así las semillas de malezas con requerimientos de alternancia de temperaturas para salir de la dormición se encuentran afectadas. La tasa de descomposición de los distintos cultivos de cobertura fue afectada por las precipitaciones ocurridas durante el período de descomposición. No obstante, no sólo es importante la cantidad de residuos en la superficie del suelo sino las características del mismo.

De acuerdo con los resultados encontrados en el presente capítulo se acepta parcialmente la hipótesis 1 la cual sostiene que a medida que aumenta la cantidad de MSA de residuos en la superficie del suelo disminuye el número de individuos y la materia seca aérea de malezas. No siempre se relacionó la mayor cantidad de residuos

en la superficie del suelo con menor número de individuos y materia seca aérea de malezas. Así, otros atributos como la disposición de estos residuos en la superficie del suelo o liberación de sustancias alelopáticas deberían ser considerados. Además, la tasa de descomposición de los residuos estuvo relacionada con las precipitaciones ocurridas en ese período. Con lo cual, la materia seca aérea en madurez de los cultivos de cobertura no estuvo relacionada con la tasa de descomposición de los residuos. Así, las condiciones ambientales van a determinar la durabilidad de estos residuos en la superficie del suelo.

De acuerdo a lo planteado en la hipótesis 2, ésta es aceptada. Así, los residuos de los cultivos de cobertura dejados en la superficie del suelo disminuyen la temperatura superficial del suelo así como también la amplitud térmica de éste. De esta manera sería importante conocer la composición del banco de semillas de malezas del suelo de manera de determinar el tamaño de las semillas y las especies presentes. Esto permitiría conocer los requerimientos que poseen las semillas de las especies de malezas para germinar y así, se podría predecir que especies del banco de semillas del suelo se encontrarían perjudicadas con el empleo de cultivos de cobertura por el efecto en la disminución en la amplitud térmica del suelo.

Capítulo V: Estudios demográficos de *Conyza bonariensis* y *Bowlesia incana* y flujos de emergencia de malezas bajo distintos cultivos de cobertura

1. Resumen

El objetivo del presente capítulo fue determinar el efecto de distintos cultivos de cobertura (CC) sobre los procesos demográficos de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis* además sobre los flujos de emergencias de malezas durante el ciclo de crecimiento, así como también durante la descomposición de los residuos. Para esto, se instalaron experimentos con CC durante 2016-2018 en la EEA INTA Pergamino. Las especies utilizadas como CC fueron *Avena sativa*, *Vicia villosa* y *Triticosecale* y se sembraron en monoculturas y consociadas. Además, se dejó un sector sin CC y con barbecho químico como control negativo. En cada unidad experimental se instalaron cuadrantes fijos en donde se documentó el número de cohortes, número de individuos por cohorte y la supervivencia entre los estadios plántula- vegetativo y vegetativo-reproductivo de las distintas cohortes de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis*. Además, se registraron los nacimientos de malezas durante el ciclo de crecimiento de los CC y descomposición de los residuos. El empleo de CC disminuyó los procesos demográficos de *Conyza bonariensis* y *Bowlesia incana*, así como también los flujos de emergencia de malezas, independientemente de las especies de CC utilizadas. Esto resulta muy importante debido a que no se generó aportes de semillas al banco edáfico, con lo cual se espera que las poblaciones de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis* disminuyan en el tiempo.

2. Introducción

Distintos trabajos determinaron que la composición de la comunidad de malezas puede variar en respuesta a prácticas de manejo (Sosnoskie y otros, 2006; Garnier y Navas, 2012). Este cambio de la composición específica puede resultar en una comunidad de malezas que resulta difícil de controlar con los mismos herbicidas a los

que antes resultaba susceptible, requiriendo de nuevos principios activos para llevar adelante un adecuado control (Culpepper, 2006; Mortensen y otros, 2012; Owen, 2016). Así, por ejemplo, el repetido uso de un mismo modo de acción herbicida puede llevar a la comunidad a una preponderancia de biotipos resistentes que requieren el uso de herbicidas de distinto modo de acción o prácticas culturales sin el empleo de herbicidas (Owen, 2008; Gaines y otros, 2020). De igual modo, el uso continuo de sistemas de labranza reducida o labranza cero, conducen a cambios de la composición específica de comunidades dominadas por malezas anuales a comunidades con predominio de especies perennes y anuales de invierno (Buhler, 1995; Chauhan y otros, 2006).

Un marco conceptual adecuado para comprender, predecir y finalmente manejar un cambio florístico de una comunidad de malezas, resulta ser la teoría del ensamblaje de la comunidad (Weiher y Keddy, 1999; Storkey y otros, 2010; Gugliemini y otros, 2015). Bajo el marco conceptual de las reglas del ensamblaje de la comunidad, las prácticas de manejo de cultivos pueden ser conceptualizadas como “filtros” que impiden o favorecen el establecimiento y crecimiento de una determinada especie de maleza presente en la comunidad de malezas factible de colonizar un sitio (Booth y Swanton 2002; Cardina y otros, 2002). Estos “filtros” actúan en las características vegetales tales como el flujo de emergencia, susceptibilidad a fitotoxinas, hábito de crecimiento y tiempo de producción de semillas en lugar de actuar sobre la especie per se. No obstante, las malezas con rasgos similares son propensas a responder al mismo “filtro” de manejo de manera similar (Storkey y otros, 2010; Navas, 2012). Por ejemplo, si cada año un “filtro” fuerte como la aplicación de un herbicida en preemergencia de cultivo, actúa controlando las especies que emergen a fines de invierno, la comunidad subsecuente es probable que esté dominada por aquellas especies que comparten características que conducen a una emergencia más temprana o más tardía que las especies que son controladas por el tratamiento de pre emergencia (Fried y otros, 2012). Así, un “filtro” o una serie de “filtros” pueden ser identificados y puede ser comprendida su interacción con las características funcionales de las malezas.

De este modo, el conocer el esquema conceptual de ensamblaje permitirá el desarrollo de predicciones respecto al impacto que una determinada estrategia de manejo tendrá sobre la comunidad de malezas resultante, pudiendo ser aplicada a lo largo de un agroecosistema (Booth y Swanton 2002; Gunton y otros, 2011). Asimismo, permitirá entender los procesos agronómicos que intervienen en la evolución de una determinada población de malezas. Este conocimiento permitirá conocer la importancia relativa de las especies emergentes como nuevas malezas de importancia en los sistemas agrícolas (Gugliemini y otros, 2015).

Para entender los procesos que regulan el tamaño de las poblaciones vegetales a la vez de determinar cuáles de ellos resultan críticos, es necesario estudiar la demografía de las mismas (Sagar y Mortimer, 1976; Zambrano-Navea y otros, 2018). Dichos estudios consisten en determinar el número de individuos que componen las distintas clases de edad existentes dentro de la población. De esta manera, se puede establecer la proporción de individuos que pasa a la siguiente clase de edad e identificar los procesos demográficos que resultan particularmente críticos en la regulación del crecimiento de la población. La germinación y emergencia de los individuos, la supervivencia y fecundidad, son procesos demográficos claves en la regulación poblacional (Fernandez- Quintanilla y otros, 1991; Leguizamón y otros, 2014). El estudio de las poblaciones de malezas en función del tiempo contribuye a comprender y por lo tanto predecir, la “dirección” o trayectoria que pueden seguir las poblaciones a lo largo del tiempo (Cousens y Mortimer, 2015; Liebman y otros, 2021). Así, en el marco de esta trayectoria, la tasa de cambio del tamaño poblacional tiene particular interés en el manejo de malezas, ya que indicará el momento en que una especie escapará a una acción de manejo o no. El patrón de emergencia de una maleza tiene una gran influencia en la habilidad para tomar recursos y producir descendencia (Lindquist y otros, 1995; Verdú y Mas, 2006; Liebman y otros, 2021) y puede afectar la efectividad de algunas prácticas de control de malezas. Por ejemplo, especies que emergen tarde en la estación o que poseen un período de emergencia prolongado podrían escapar a la acción de los herbicidas y producir un alto número de semillas (Burke y otros, 2003; Puricelli y Tuesca, 2005; Scursoni y otros, 2007; Liebman y otros, 2021).

Conyza bonariensis (Foto 1) es una especie de maleza de ciclo anual, 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). Es una especie altamente competitiva, tolera limitaciones hídricas una vez establecida (Hanf, 1983) y produce gran cantidad de semillas (119100 aquenios por planta) (Wu y otros, 2007) capaces de dispersarse por el viento y por el agua (Travis y Dytham, 1999; Kelly y Bruns, 1975). Por otra parte, *Bowlesia incana* (Foto 1), también es una especie de maleza de ciclo anual y de crecimiento otoño-invierno-primaveral. *Bowlesia incana* tiene tolerancia al herbicida glifosato y constituye una de las malezas más frecuentes durante el período de barbecho químico (BQ) y en el cultivo de trigo en la región Pampeana argentina (Leguizamón y Puricelli, 2004; Scursoni y otros, 2014; AAPRESID, 2017).



Foto 1: *Conyza bonariensis* (a la derecha) y *Bowlesia incana* (a la izquierda). Pergamino, Buenos Aires, Argentina.

Muchos trabajos (Norsworthy y otros, 2011; Shaner y Beckie, 2014; Kumar y otros, 2020; Mennan y otros, 2020) destacan la importancia de los cultivos de cobertura (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). Sin embargo, hay pocos estudios acerca de cómo estos CC afectan los procesos demográficos de las mismas (Shrestha y otros, 2008). Además, mucha de la información disponible sobre la biología de malezas se limita a

condiciones controladas (Zambrano Navea, 2013). A medida que la adopción de los CC sea cada vez mayor y utilizados para atender una variedad de objetivos de manejo del agroecosistema, entre estos la supresión de malezas, será necesario determinar si un CC específico incide (“filtra”) diferencialmente sobre las malezas durante el ensamblaje de la comunidad. Esta incidencia (“filtrado”) puede ser considerada direccional si distintos CC resultan en comunidades de malezas con una composición específica predecible diferente. Si los CC “filtran” de manera predecible y diferencial la comunidad de malezas, existiría la oportunidad de diseñar consociaciones de CC o rotaciones de CC para atender problemas específicos de malezas y potencialmente “direccionar” la comunidad de malezas hacia ensamblajes de comunidades con determinadas malezas que no resulten problemáticas. De este modo, resulta importante conocer como distintas monoculturas y consociaciones de CC modifican el número de cohortes, número de plántulas por cohorte, la supervivencia y fecundidad de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis* así como también los flujos de emergencia de otras malezas. Esto permitiría identificar los procesos demográficos críticos en la regulación del crecimiento de dichas poblaciones y así se podría comprender la trayectoria que seguirán estas poblaciones en el tiempo.

Hipótesis

1. Los cultivos de cobertura disminuyen el número de cohortes, número de plántulas por cohorte, la supervivencia de las plántulas, la fecundidad y el aporte de semillas al banco de individuos de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis*.
2. El empleo cultivos de cobetura disminuye los flujos de emergencia de malezas.
3. Los distintos CC afectan diferencialmente los flujos de emergencia de malezas naturales.

Objetivos

Determinar el efecto de monoculturas y consociaciones de cultivos de cobertura en diferentes densidades sobre los procesos demográficos de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis*, identificar los procesos que resultan particularmente críticos en la regulación del crecimiento de la población.

Caracterizar los flujos de emergencia de malezas naturales en distintas monoculturas y consociaciones de cultivos de cobertura en diferentes densidades, durante su ciclo de crecimiento, así como también durante la descomposición de los residuos.

Objetivos específicos

- 1- Determinar el número de cohortes, número de individuos por cohorte, la supervivencia y fecundidad de los individuos de las distintas cohortes de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis* en monoculturas y consociaciones de *Avena sativa*, *Triticosecale* y *Vicia villosa* utilizadas como cultivos de cobertura.
- 2- Caracterizar los flujos de emergencia de malezas durante el ciclo de crecimiento y descomposición de los residuos de monoculturas y consociaciones de cultivos de cobertura de *Avena sativa*, *Triticosecale* y *Vicia villosa*.

3. Materiales y métodos

Los estudios se llevaron a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Pergamino, (Pergamino, Bs. As., Argentina, 33° 51' S, 60° 34' W) durante 2016-2018. En un esquema de rotación soja-soja-maíz bajo labranza cero se sembraron CC otoño-invernales como antecesores del cultivo estival. Las especies utilizadas como CC fueron avena (*Avena sativa*), triticale (*Triticosecale*) y vicia (*Vicia villosa*), y se sembraron en

monoculturas y consociaciones dobles (avena/triticale, avena/vicia, triticale/ vicia) y triples (avena/triticale/vicia), a una densidad de 250 pl.m⁻², excepto en vicia que fue 160 pl.m⁻². Adicionalmente se sembraron las consociaciones dobles a 500 pl.m⁻² y la triple a 750 pl.m⁻². Asimismo, se dejó un sector como control negativo, bajo la modalidad de barbecho químico y sin CC. El distanciamiento entre hileras fue de 17,5 cm y se fertilizaron con 120 kg.ha⁻¹ de 7-40-0-5 (N, P, K, S, respectivamente) al momento de la siembra. Además, se fertilizaron con 66 kg.ha⁻¹ de urea al momento de macollaje de los CC gramíneas. El diseño experimental utilizado fue en bloques completos aleatorizados en donde las parcelas fueron de 10m de ancho y 50m de largo. En madurez de los CC (Z 7.3, Zadoks y otros, 1974) se realizó el secado de los mismos mediante el empleo de 3 l.ha⁻¹ de glifosato (48%) y 300 cc.ha⁻¹ de 2,4-d. Para el estudio demográfico de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis* se instalaron cuadrantes fijos de 0,25.m⁻² en cada unidad experimental en donde se documentó el número de cohortes, números de individuos por cohorte, la supervivencia y fecundidad de las cohortes emergidas de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis*. Una cohorte es un grupo de individuos que nacieron, alcanzaron una etapa de crecimiento, dentro de un intervalo de tiempo. Los nacimientos de las plántulas se registraron marcando cada una de ellas con una etiqueta de color. Se utilizaron diferentes colores según el momento de emergencia para determinar a qué cohorte pertenecían. Las parcelas se visitaron quincenalmente y se registró el número de plantas sobrevivientes entre estado de plántula y vegetativo, entre vegetativo y reproductivo, y las que alcanzaron el estado adulto (plantas que fructifican). Además, para realizar el estudio de flujos de emergencia de malezas, también se instalaron cuadrantes fijos de 0,25.m⁻². Durante el ciclo de crecimiento de los CC (2016, 2017 y 2018) y durante el período de descomposición de sus residuos (2016 y 2017) se visitaron quincenalmente y se cuantificó el número de plántulas emergidas y se registraron las diferentes especies de malezas en donde las plántulas emergidas fueron eliminadas en cada visita. Las especies registradas que no superaron 10 plantulas.m⁻² se agruparon como "otras especies".

En macollaje y mitad de espiga visible (Z 2.5 y Z 5.5, respectivamente, Zadoks y otros, 1974) de los CC gramíneas se cuantificó la radiación fotosintéticamente activa

interceptada (iRFA) por los distintos CC. Para esto, se utilizó un medidor cuántico lineal (1 m) (AccuPar, PAR-80, Decagon Devices Inc., Pullman, EEUU) y se registró la RFA por encima y por debajo del canopeo de los distintos CC en un día completamente soleado. Para cuantificar la RFA por debajo del canopeo, se ubicó el medidor cuántico lineal en el entresurco y sobre la superficie del suelo. Con estos datos, se calculó el porcentaje de iRFA a través de la siguiente ecuación:

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

En donde: *RFA Abajo*: radiación fotosintéticamente activa debajo del canopeo, *RFA arriba*: radiación fotosintéticamente activa arriba del canopeo.

En madurez de los CC se extrajeron muestras del material contenido en marcos de 0,25.m² para luego determinar la materia seca aérea producida por los distintos CC (g.m⁻²). Además se recolectaron muestras de los residuos dejados por los CC a los 178 días después del secado de los mismos.

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza no paramétrica con la prueba de Friedman, con el programa estadístico Infostat y con un análisis de varianza (ANOVA) con modelos lineales generales y mixtos, de acuerdo con el diseño experimental correspondiente. Así, el efecto de los bloques se consideró aleatorio mientras que los distintos CC como efectos fijos. Las medias de tratamientos se compararon por medio del test DGC (Di Rienzo, Guzmán, y Casanoves, 2002), (p<0,05). Los datos del número de plántulas emergidas de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis* y el número de especies de malezas en los flujos de emergencia se transformaron mediante logaritmo.

4. Resultados

4.1 Estudios demográficos de *Bowlesia incana*

4.1.1. Número de cohortes

De acuerdo con los resultados obtenidos, se registraron diferencias significativas (DS) entre los distintos años en el número de cohortes de *Bowlesia incana* ($p < 0,05$). Así, en 2018 el número de cohortes fue mayor registrando diferencias significativas con 2016 y 2017. Además, no se registraron diferencias significativas entre 2016 y 2017 (Figura 1).

En 2018, se registró el mayor número de cohortes en BQ con un promedio de 7 cohortes ($p < 0,05$) (Figura 2), mientras que no se registraron diferencias significativas en el número de cohortes en el resto de los CC con un promedio de 4 cohortes. No se registraron diferencias significativas en el número de cohortes entre los distintos CC en 2016 y 2017 con un promedio de 1 cohorte (Figura 2).

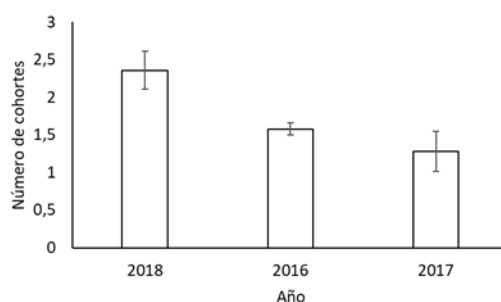


Figura 1: Número de cohortes emergidas de *Bowlesia incana* en 2016- 2018. Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2016- 2018.

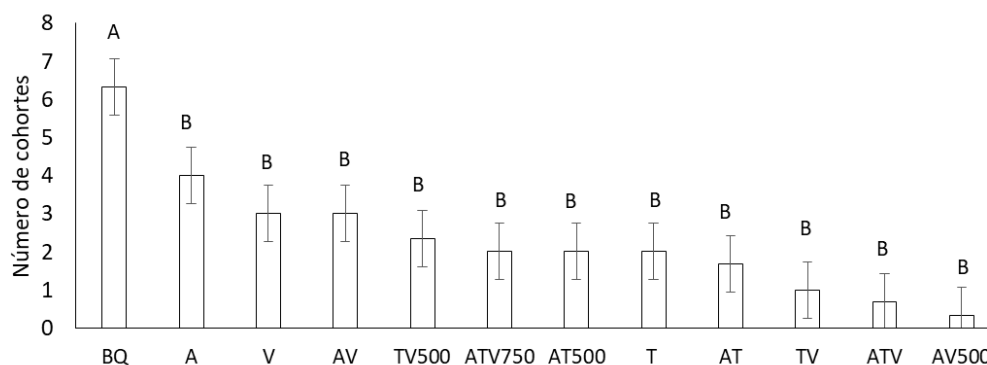


Figura 2: Número de cohortes de *Bowlesia incana* en los diferentes cultivos de cobertura. BQ: barbecho químico, A: *Avena sativa*; V: *Vicia villosa*; T: *Triticosecale*; 500: 500 pl.m⁻²; 750: 750 pl.m⁻². Letras iguales indican diferencias no significativas. Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2018.

4.1.2. Número de plántulas emergidas por cohorte

De acuerdo con los resultados obtenidos, en 2016, el número de plántulas emergidas en cada cohorte no registró diferencias significativas entre los tratamientos, registrando diferencias significativas entre las cohortes ($p < 0,05$) (Figura 3a). Así, se registraron 185 y 29 pl.m⁻² emergidas para la primera y segunda cohorte, respectivamente.

En 2017, se registraron diferencias significativas en el número de plántulas emergidas por cohorte en los diferentes tratamientos y en la interacción tratamiento-cohorte ($p < 0,05$). Así, se registró el mayor número de plántulas emergidas en el CC de vicia y BQ, con un promedio de 27 pl.m⁻². Además, se registró el mayor número de plántulas emergidas en la primera cohorte en barbecho químico con un promedio de 68 pl.m⁻² emergidas registrando DS con los demás tratamientos (Figura 3b).

En 2018, se registró el mayor número de plántulas emergidas por cohorte en BQ con un promedio de 117 pl.m⁻² ($p < 0,05$) (Figura 3c). Además, no se registraron diferencias significativas en el número de plántulas emergidas entre las distintas cohortes ($p > 0,05$).

Además, se registraron diferencias significativas en la primera cohorte emergida entre los años de estudios. Así, en 2016 se registró el mayor número de plántulas emergidas en esta cohorte (figura 4) ($p < 0,05$). Contrariamente, no se registraron DS en la segunda y tercera cohorte en los tres años de estudio ($p > 0,05$).

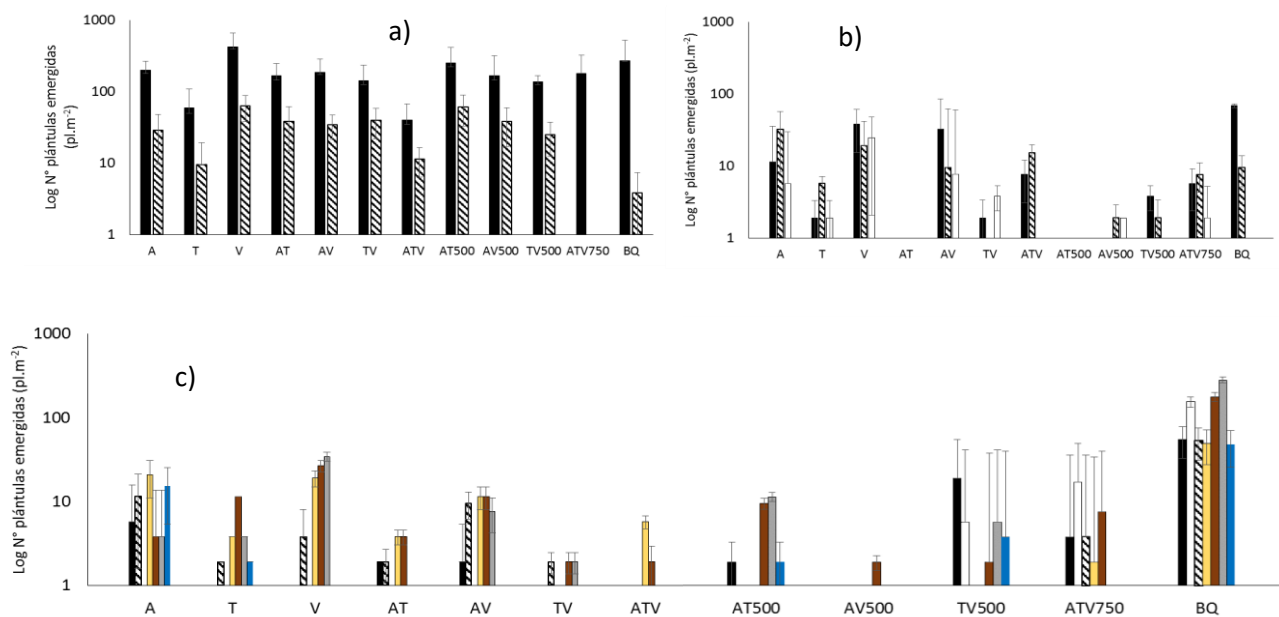


Figura 3: Número de plántulas emergidas de *Bowlesia incana* (pl.m⁻²) en las distintas cohortes. 2016 (a), 2017 (b) y 2018 (c). Barras llenas: primera cohorte, rayadas: segunda cohorte, vacías: tercera cohorte, amarillas: cuarta cohorte, marrones: quinta cohorte, grises: sexta cohorte y azules: séptima cohorte. BQ: barbecho químico, A: *Avena sativa*; V: *Vicia villosa*; T: *Triticosecale*, 500: 500 pl.m⁻², 750: 750 pl.m⁻². Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2016, 2017 y 2018.

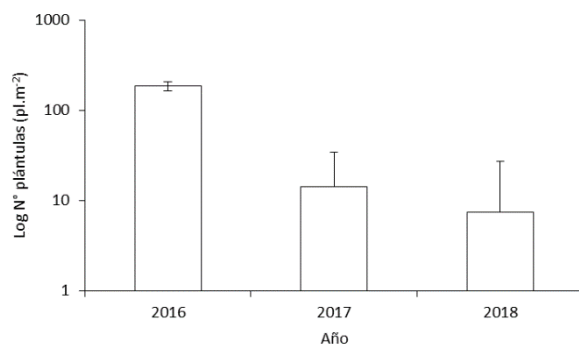


Figura 4: Número de plántulas emergidas de *Bowlesia incana* en la primera cohorte. 2016- 2018. Pergamino, Buenos Aires, Argentina.

4.1.3. Tabla de vida

En 2016, no se registraron diferencias significativas en las tasas de supervivencia de las distintas cohortes de *Bowlesia incana*. Así, la supervivencia en estadio plántula-vegetativo fue de 0,515 y en vegetativo-reproductivo de 0,199 ($p>0,05$) (Figura 5).

En 2017, se registraron diferencias significativas en la supervivencia de *Bowlesia incana* en plántula-vegetativo en la segunda cohorte, en donde se registró la mayor supervivencia en BQ y en el CC de triticale con un promedio de 1,00. En estadio vegetativo-reproductivo se registraron DS en la segunda y tercera cohorte. Así, BQ y triticale registraron la mayor supervivencia en la segunda cohorte con un promedio de 1,00 y se registró la mayor supervivencia de la tercera cohorte en la consociación de avena y vicia con un promedio de 0,667 ($p<0,05$) (Figura 6).

En 2018, se registraron diferencias significativas entre las tasas de supervivencia de *Bowlesia incana* en los estadios plántula-vegetativo en la cuarta y sexta cohorte. Así, se registró la mayor supervivencia en BQ en la quinta y sexta cohorte con un promedio de 0,97 no registrando diferencias significativas con el CC de vicia en la sexta cohorte. En tanto, se registraron diferencias significativas en la tasa de supervivencia en vegetativo-reproductivo en la primera, segunda y séptima cohorte, en donde BQ, avena y triticale/vicia en alta densidad registraron las mayores supervivencias, respectivamente con un promedio de 0,333; 0,667 y 0,50, respectivamente (Figura 7).

En todos los tratamientos, no se registró producción de semillas en las distintas cohortes de *Bowlesia incana*.

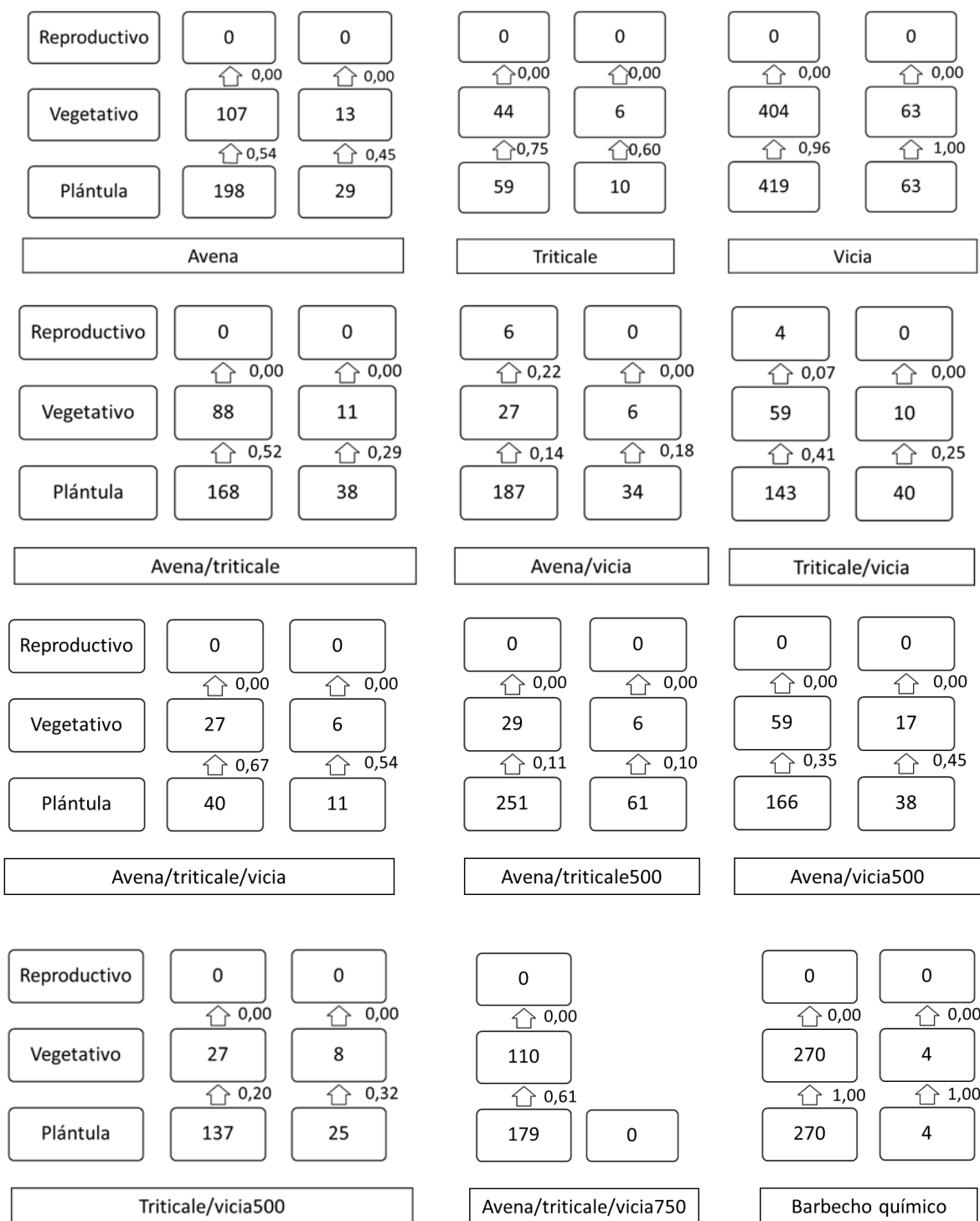


Figura 5: Tabla de vida de *Bowlesia incana* en distintos cultivos de cobertura. Cada columna indica una cohorte. Números dentro de las cajas: individuos.m⁻². Números entre las cajas: tasas de supervivencia. 2016. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2016.

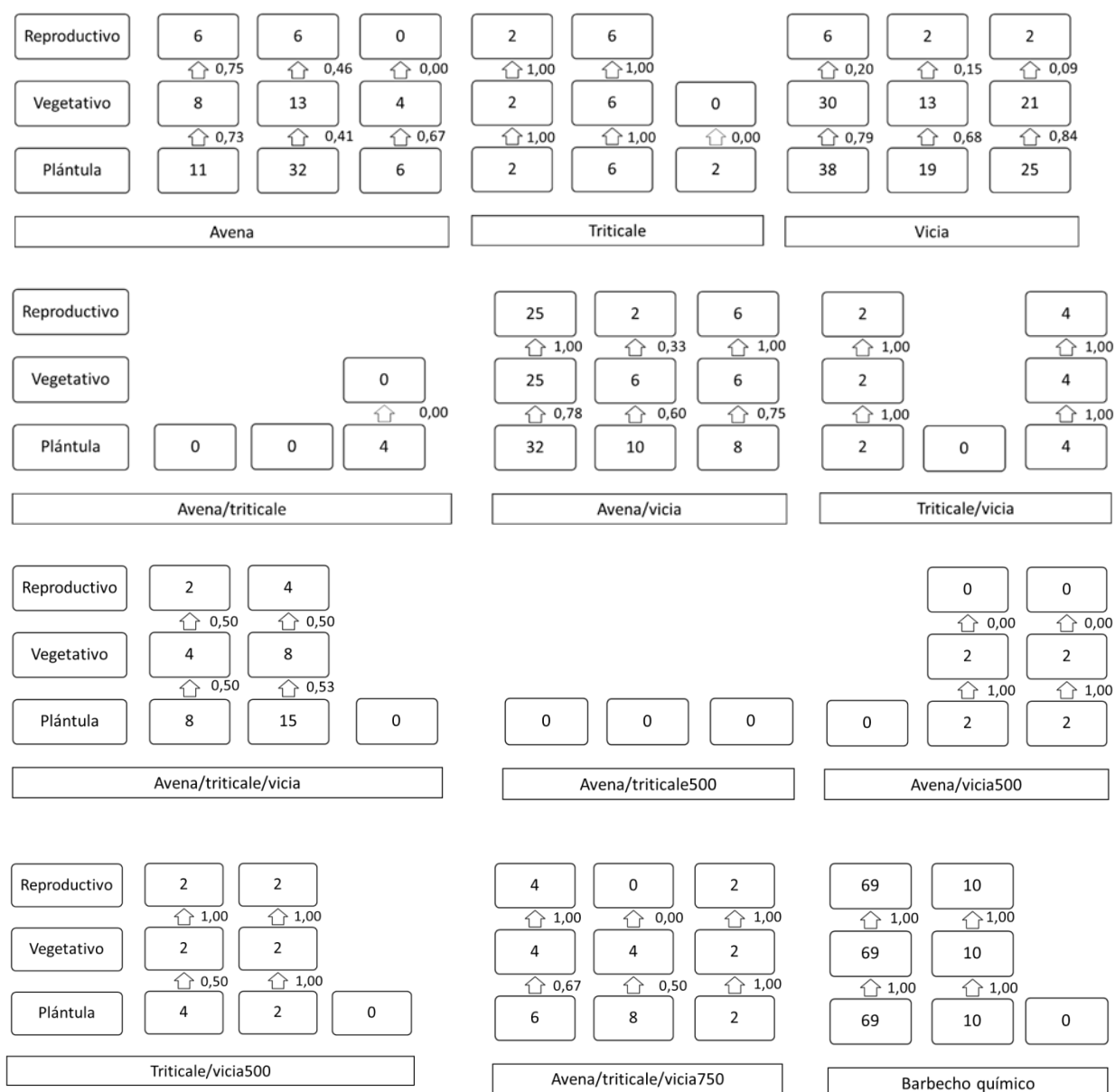


Figura 6: Tabla de vida de *Bowlesia incana* en distintos cultivos de cobertura. Cada columna indica una cohorte. Números dentro de las cajas: individuos.m⁻². Números entre las cajas: tasas de supervivencia. 500: 500 pl.m⁻², 750: 750 pl.m⁻². 2017. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2017.

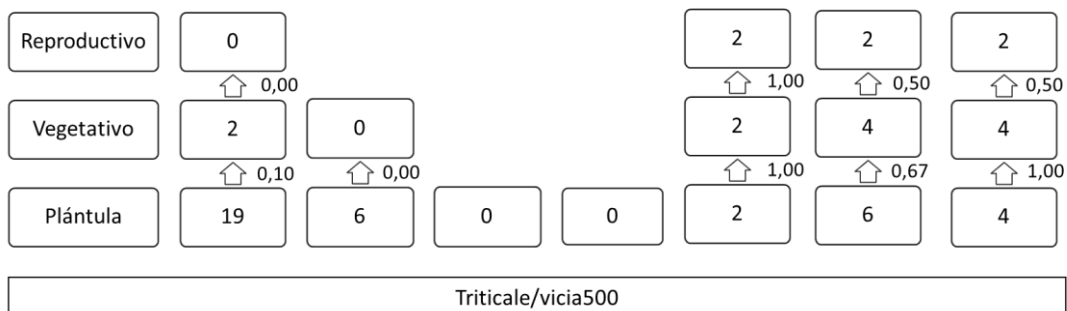
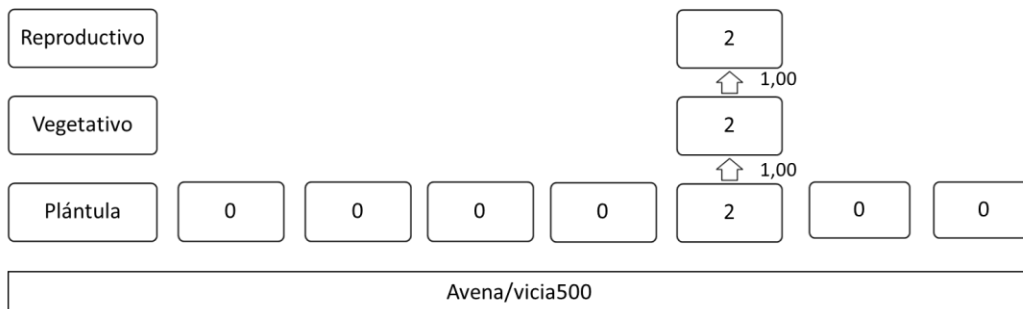
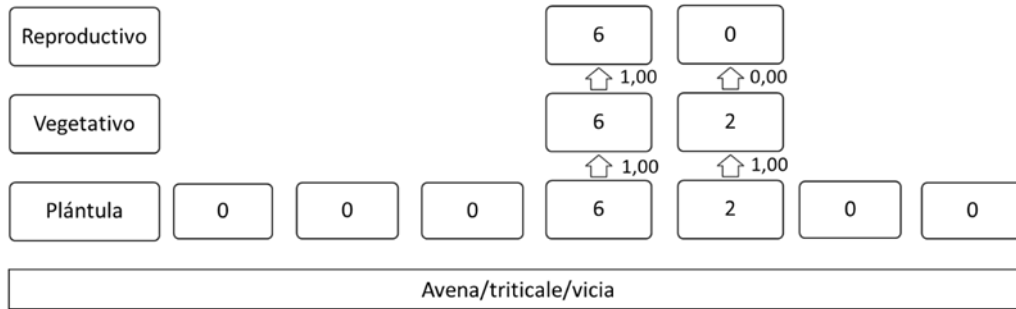
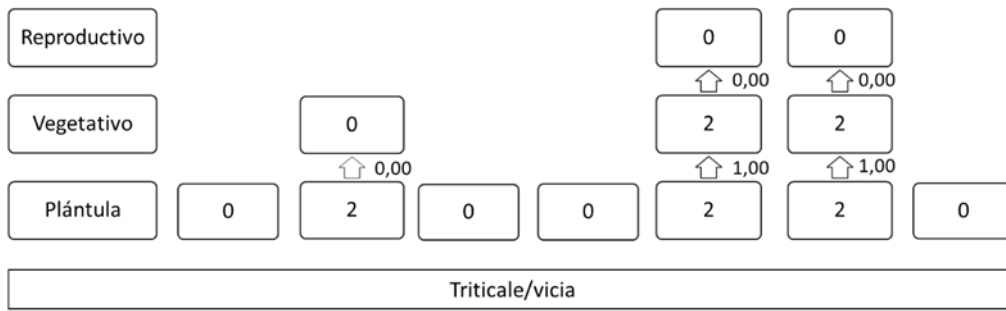
Reproductivo	0	4		17			
	↑ 0,00	↑ 0,40		↑ 0,81			
Vegetativo	6	10		21	0	0	0
	↑ 1,00	↑ 0,91		↑ 1,00	↑ 0,00	↑ 0,00	↑ 0,00
Plántula	6	11	0	21	4	4	15
Avena							

Reproductivo		0		0	0	0	
		↑ 0,00		↑ 0,00	↑ 0,00	↑ 0,00	
Vegetativo		2		4	10	2	0
		↑ 1,00		↑ 1,00	↑ 0,91	↑ 0,50	↑ 0,00
Plántula	0	2	0	4	11	4	2
Triticale							

Reproductivo		0		19	10	0	
		↑ 0,00		↑ 1,00	↑ 0,37	↑ 0,00	
Vegetativo		4		19	27	19	
		↑ 1,00		↑ 1,00	↑ 1,00	↑ 0,56	
Plántula	0	4	0	19	27	34	0
Vicia							

Reproductivo	0	0		4	2		
	↑ 0,00	↑ 0,00		↑ 1,00	↑ 0,50		
Vegetativo	2	2		4	4		
	↑ 1,00	↑ 1,00		↑ 1,00	↑ 1,00	0,00	
Plántula	2	2	0	4	4	0	0
Avena/triticale							

Reproductivo	0	0		10	2		
	↑ 0,00	↑ 0,00		↑ 0,91	↑ 0,18		
Vegetativo	2	4		11	11	0	
	↑ 1,00	↑ 0,40		↑ 1,00	↑ 1,00	↑ 0,00	
Plántula	2	10	0	11	11	8	0
Avena/vicia							



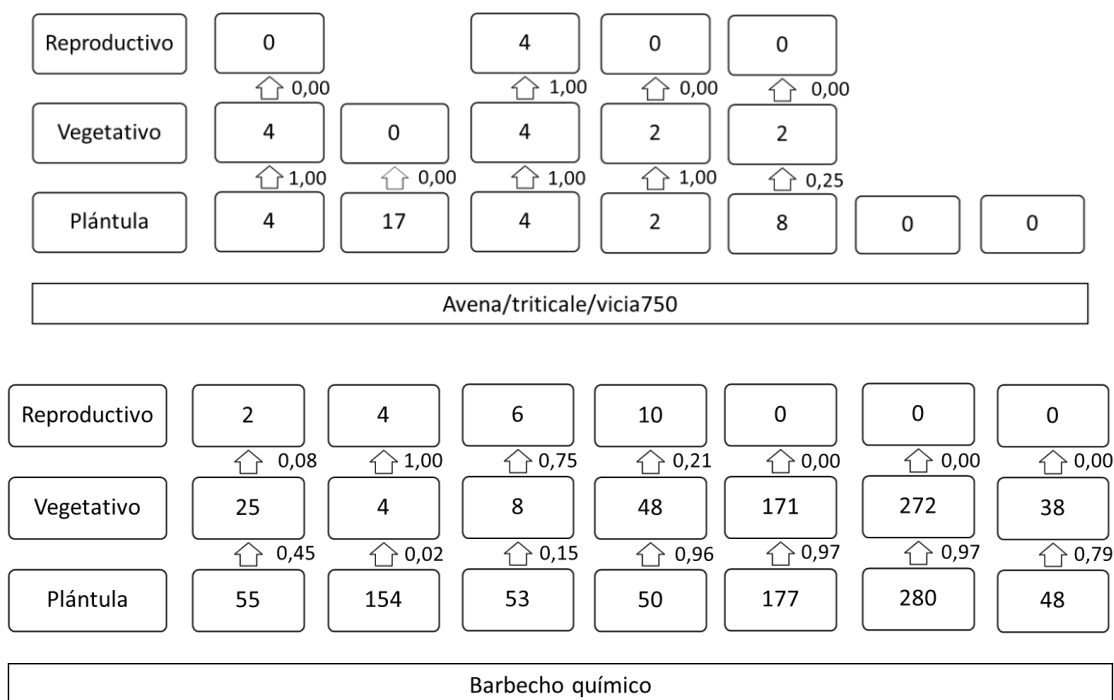


Figura 7: Tabla de vida de *Bowlesia incana* en distintos cultivos de cobertura. Cada columna indica una cohorte. Números dentro de las cajas: individuos.m⁻². Números entre las cajas: tasas de supervivencia. 2018. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2018.

4.2. Estudios demográficos de *Conyza bonariensis*

4.2.1. Número de cohortes

En 2017 se registró el menor número de cohortes de *Conyza bonariensis*. Mientras que, no se registraron diferencias significativas en el número de cohortes entre 2016 y 2018 con un promedio de una cohorte emergida (Figura 8). En 2016 y 2017, se registró el mayor número de cohortes de *Conyza bonariensis* en BQ con un valor de 4,00 y 3,00 cohortes, respectivamente (Figura 9). Asimismo, en 2017 no se registraron emergencias de *Conyza bonariensis* en los CC de triticale, vicia, avena/triticale, avena/vicia y avena/triticale/vicia. En 2018 no se registraron diferencias significativas en el número de cohortes entre BQ y los CC de avena/triticale (en ambas densidades), avena, triticale, triticale/vicia y avena/triticale/vicia en la

densidad de 750 pl.m⁻² (Figura 9). Asimismo, en los CC de vicia y avena/triticale/vicia no se registró emergencia de *Conyza bonariensis*.

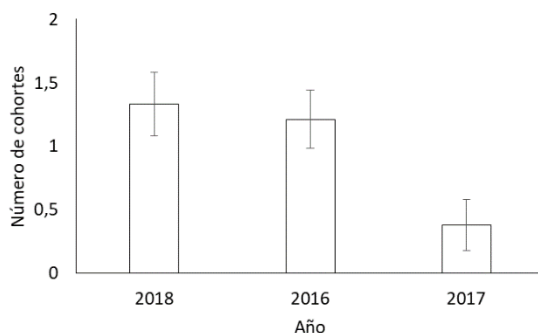


Figura 8: Número de cohortes de *Conyza bonariensis* en 2016, 2017 y 2018. Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2016, 2017 y 2018.

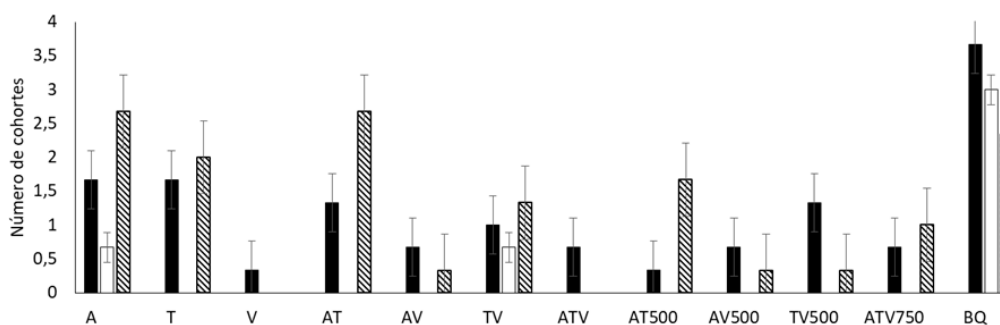
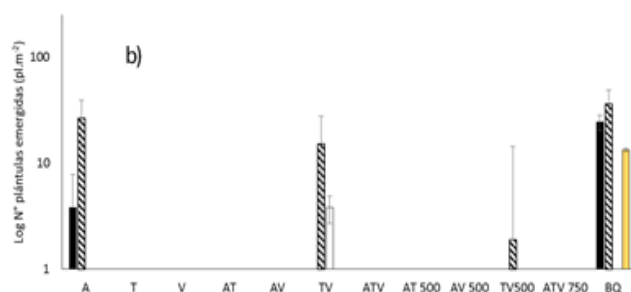
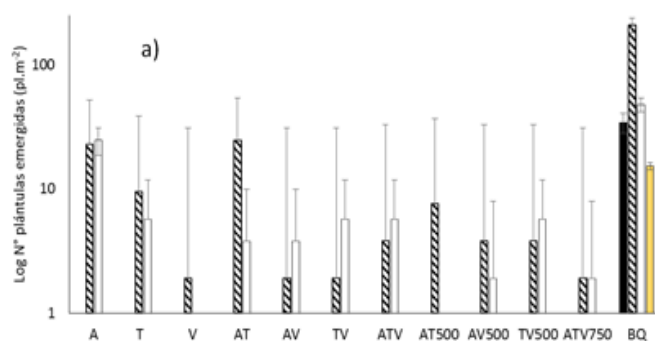


Figura 9: Número de cohortes de *Conyza bonariensis* en los diferentes cultivos de cobertura. 2016: barras llenas, 2017: barras vacías y 2018: barras rayadas. A: Avena sativa; T: Triticosecale; V: Vicia villosa; BQ: barbecho químico, 500: 500pl.m⁻², 750: 750 pl.m⁻². Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2016, 2017 y 2018.

4.2.2. Número de plántulas emergidas por cohorte

En 2016 se registró el mayor número de plántulas emergidas en BQ (p<0,05) en todas las cohortes destacándose la segunda con un promedio de 210 pl.m⁻² emergidas

(Figura 10a). Mientras que, no se registraron diferencias significativas en los distintos CC con un promedio de 5 pl.m⁻² (p>0,05) (Figura 10a). En este año, no se registró emergencia de *Conyza bonariensis* en la primera y cuarta cohorte en los CC. En 2017 se registró el mayor número de plántulas emergidas en BQ en la primera y cuarta cohorte con un promedio de 25 y 13 pl.m⁻², respectivamente (p<0,05). En la segunda cohorte no se registraron diferencias significativas entre los CC y BQ con un promedio de 7 pl.m⁻² (p>0,05). La tercera cohorte sólo se registró en el CC de triticale/vicia con un promedio de 4 pl.m⁻². No se registraron emergencias de *Conyza bonariensis* en los CC de triticale, vicia, avena/triticale, avena/vicia y avena/triticale/vicia el segundo año (Figura 10b). En 2018, en la primera, segunda y cuarta cohorte no se registraron diferencias significativas entre los CC y BQ con un promedio de 5 pl.m⁻². En la tercera y sexta cohorte, se registró el mayor número de plántulas emergidas en el CC de avena con un promedio de 38 y 25 pl.m⁻², respectivamente (p<0,05). Mientras que, en la quinta cohorte, se registró el mayor número de plántulas de *Conyza bonariensis* emergidas en los CC de avena, triticale y avena/triticale con un promedio de 11 pl.m⁻² (p<0,05) (Figura 10c).



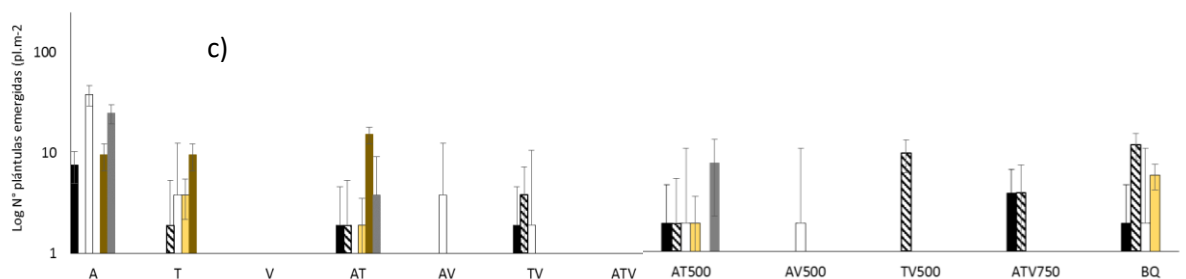


Figura 10: Número de plántulas emergidas de *Conyza bonariensis* (pl.m^{-2}) en las distintas cohortes. 2016 (a), 2017 (b) y 2018 (c). Barras llenas: primera cohorte; rayadas: segunda cohorte; vacías: tercera cohorte; amarillas: cuarta cohorte; marrones: quinta cohorte y grises: sexta cohorte. A: *Avena sativa*; T: *Triticosecale*; V: *Vicia villosa*; BQ: barbecho químico. 500: 500 pl.m^{-2} , 750: 750 pl.m^{-2} . Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2016-2017-2018.

4.2.3. Tabla de vida

En 2016, se registró la mayor supervivencia de *Conyza bonariensis* entre los estadios plántula-vegetativo en BQ con una tasa de supervivencia de 0,67 ($p < 0,05$) en la primera cohorte. En las demás cohortes no se registraron diferencias significativas entre los CC y BQ en la tasa de supervivencia entre plántula-vegetativo con un promedio de 0,307 ($p > 0,05$) (Figura 11). En 2017, la mayor supervivencia de *Conyza bonariensis* se registró en plántula-vegetativo en la primera y segunda cohorte en BQ con tasas de supervivencia de 1,00 en ambos casos ($p < 0,05$). En la tercera cohorte, se registró la mayor tasa de supervivencia en la consociación de triticale/vicia con un promedio de 0,33 (Figura 12). En 2018, no se registraron diferencias significativas en la tasa de supervivencia en los estadios plántula-vegetativo de *Conyza bonariensis* entre los CC y BQ en la segunda, tercera, cuarta y sexta cohorte con un promedio de 0,103 ($p > 0,05$). Mientras que, en la primera cohorte, se registró la mayor supervivencia en los CC de avena/triticale con un promedio de 0,33 y en la quinta cohorte se registró la mayor supervivencia en los CC de avena, avena/triticale y triticale sin diferencias significativas entre estos con un promedio de 0,500 (Figura 13). En los tres años de

estudio, todas las plántulas de las distintas cohortes de *Conyza bonariensis* no alcanzaron el estado reproductivo.

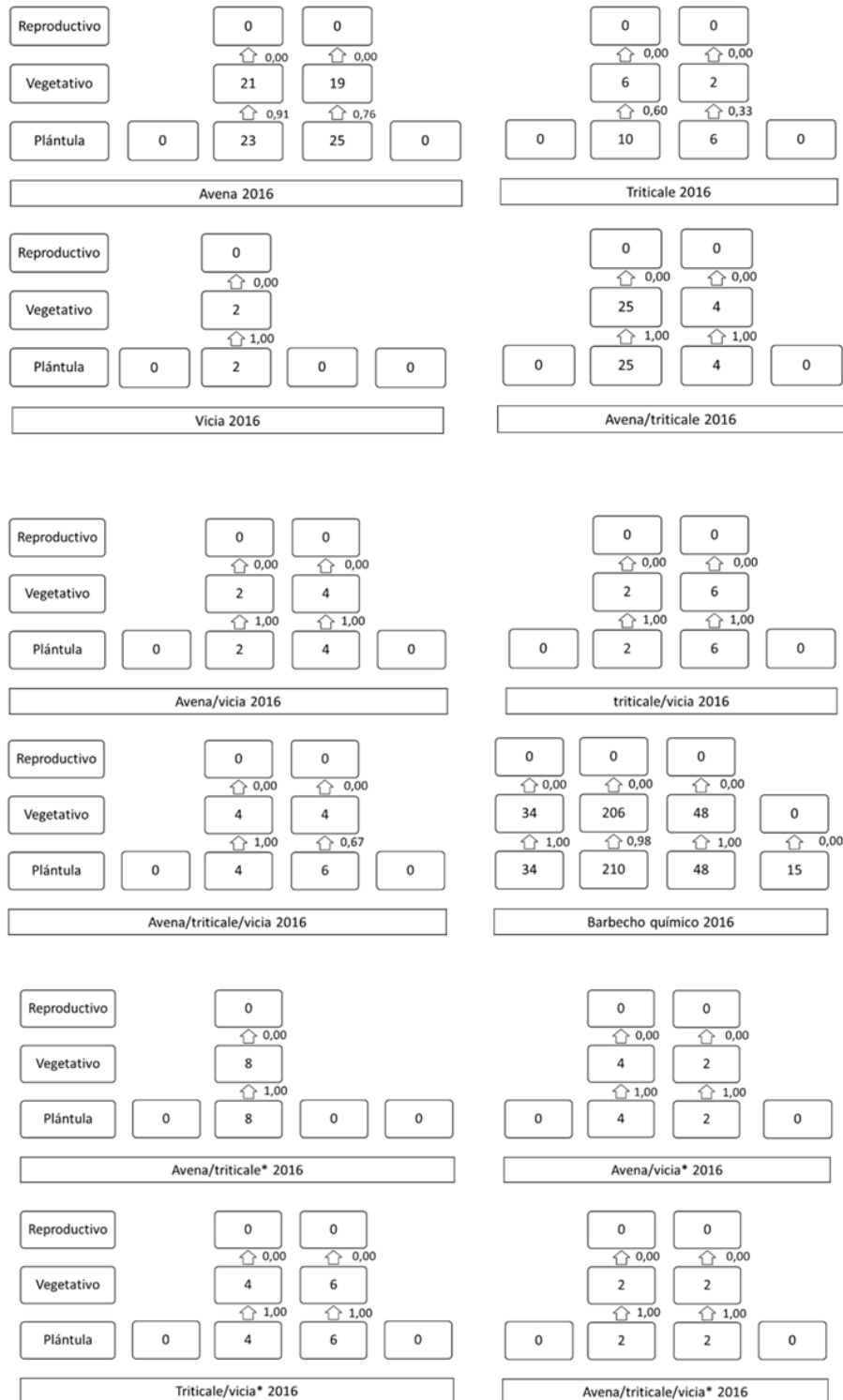
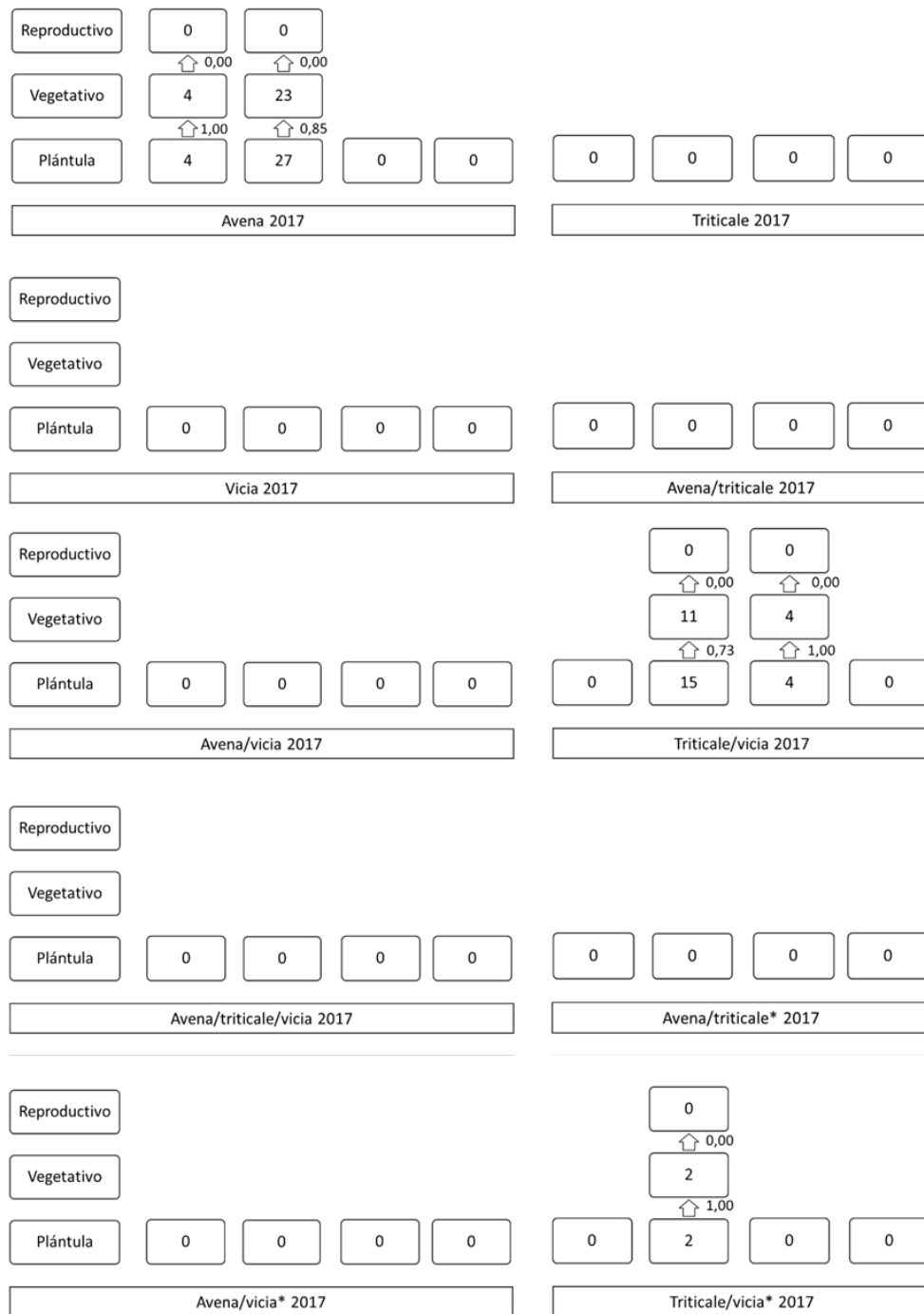


Figura 11: Tabla de vida de *Conyza bonariensis* en distintos cultivos de cobertura. Cada columna indica una cohorte. Números dentro de las cajas: individuos.m⁻². Números entre las cajas, tasas de supervivencia. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2016.



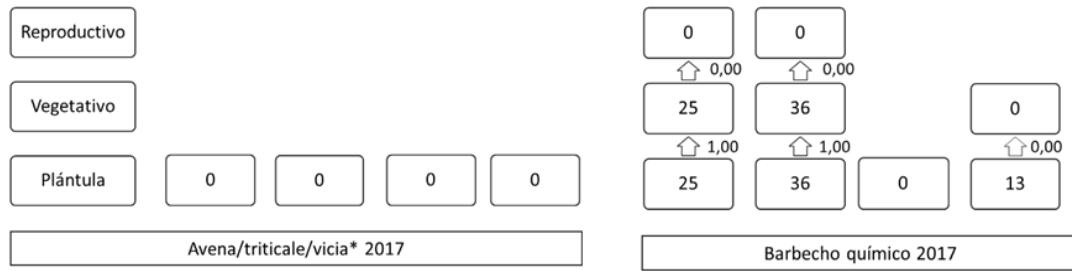
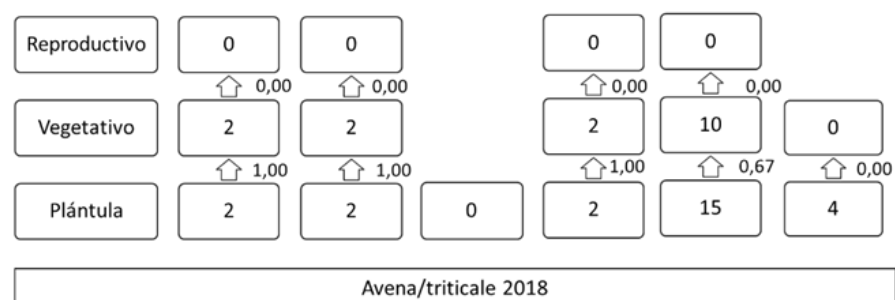
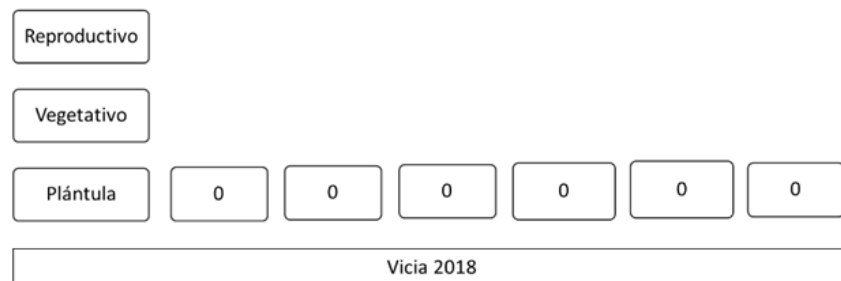
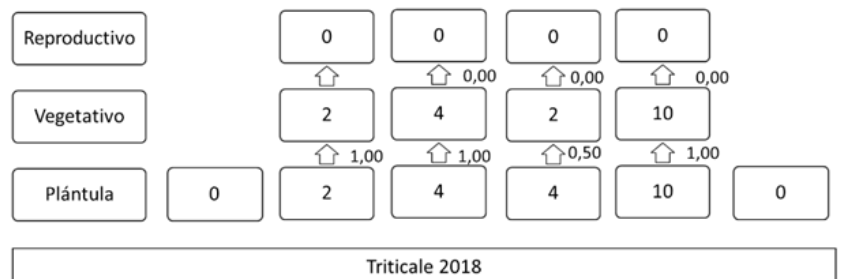
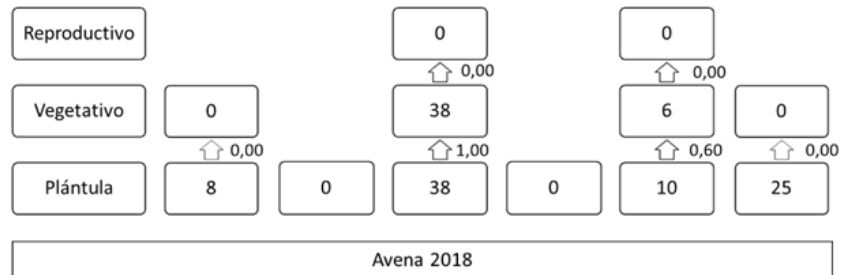
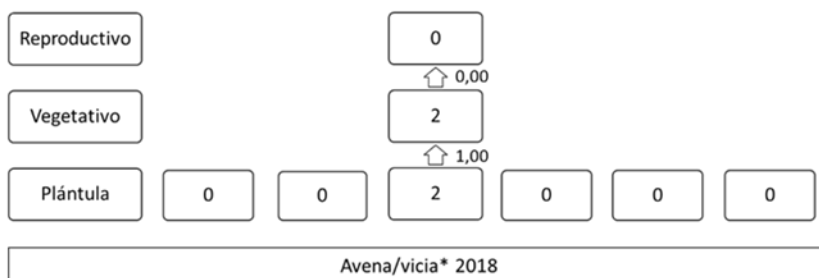
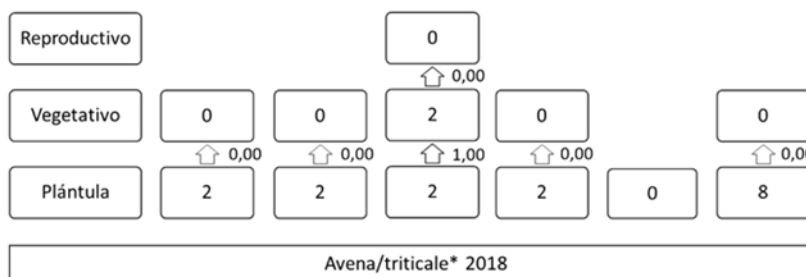
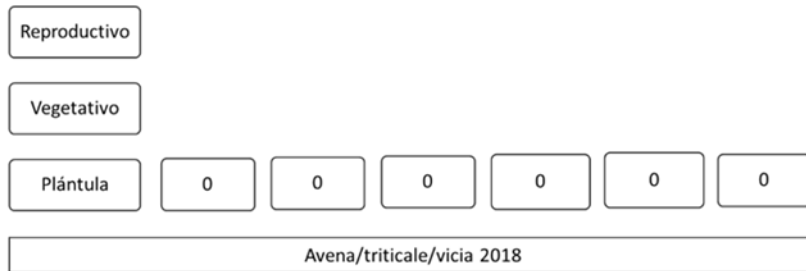
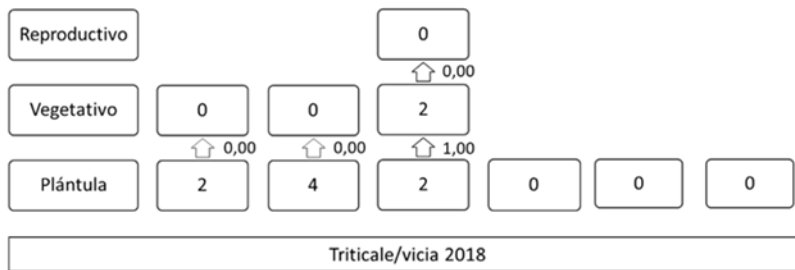
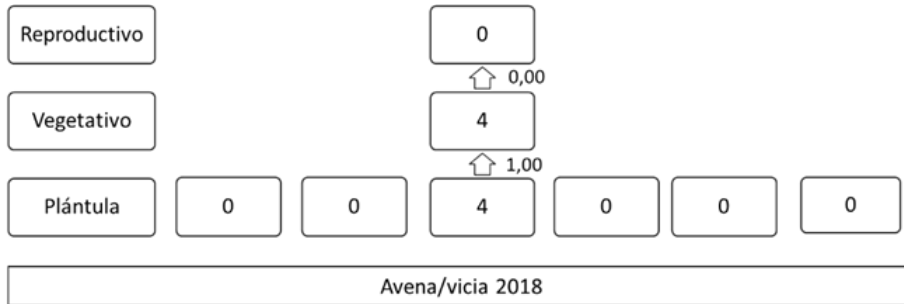


Figura 12: Tabla de vida de *Conyza bonariensis* en distintos cultivos de cobertura. Cada columna indica una cohorte. Números dentro de las cajas: individuos.m⁻². Números entre las cajas, tasas de supervivencia. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2017.





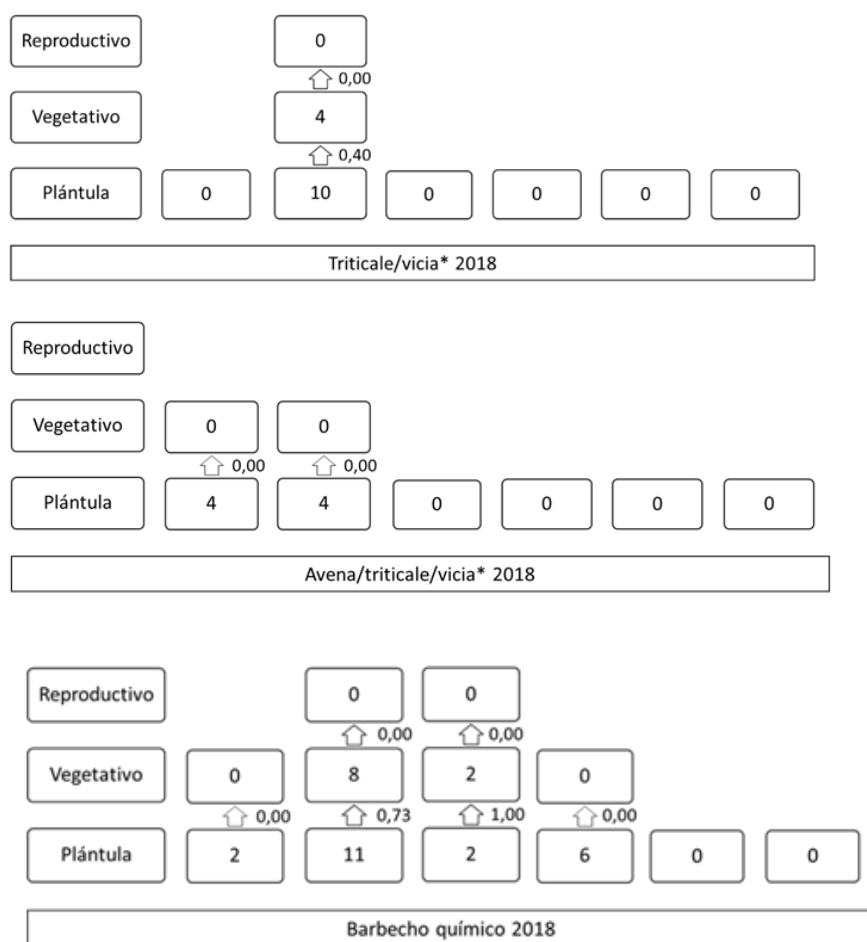


Figura 13: Tabla de vida de *Conyza bonariensis* en distintos cultivos de cobertura. Cada columna indica una cohorte. Números dentro de las cajas: individuos.m⁻². Números entre las cajas, tasas de supervivencia. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2018.

4.3. Flujos de emergencia de malezas

4.3.1. Emergencia de malezas

En los tres años de estudio el empleo de CC disminuyó significativamente la emergencia de malezas naturales durante el ciclo de crecimiento de los CC así como también durante la descomposición de los residuos ($p < 0,05$) (Figura 14). Así, se registró una disminución del 83% en la emergencia acumulada de malezas en los tratamientos con CC comparada con el BQ ($p < 0,05$) sin diferencias significativas entre los tratamientos con CC (Figura 14). La disminución en la emergencia de malezas en BQ

correspondió con la aplicación de herbicidas. En estos momentos, no se registraron diferencias significativas en el número de individuos de malezas emergidas entre los CC y BQ ($p > 0,05$).

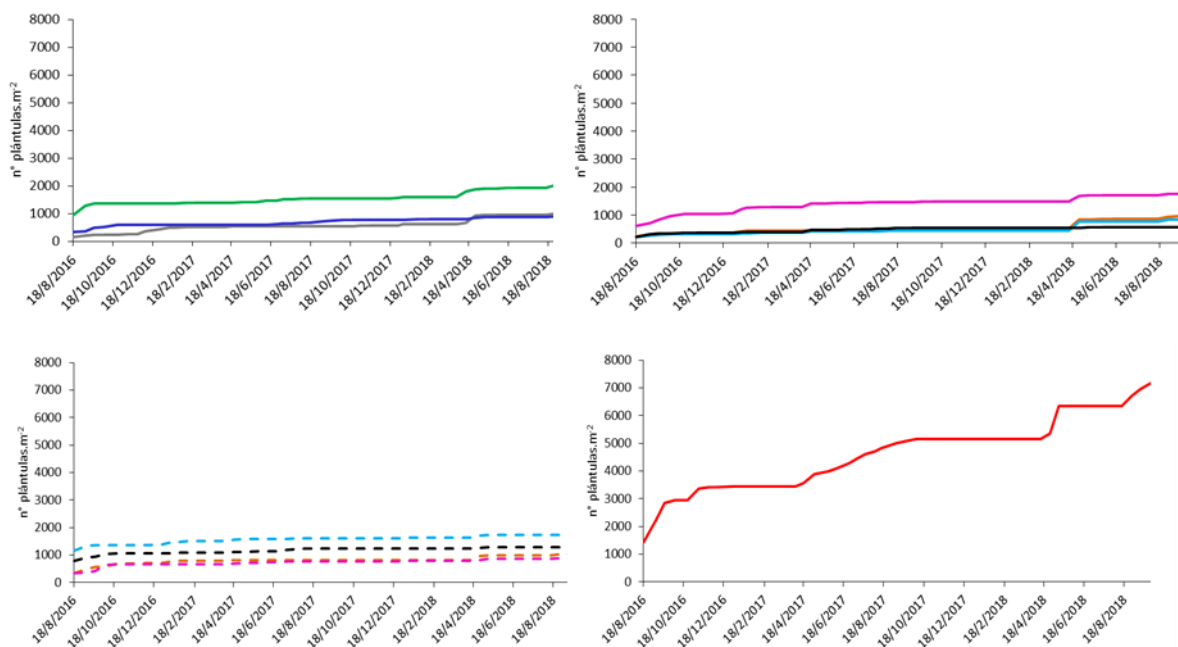


Figura 14: Emergencias acumuladas de malezas (pl.m^{-2}) durante el ciclo de crecimiento y descomposición de los residuos de distintos cultivos de cobertura. Línea gris: *Avena sativa*, azul: *Triticosecale*, verde: *Vicia villosa*, naranja: *Avena sativa/Triticosecale*, celeste: *Avena sativa/Vicia villosa*, negra: *Triticosecale/Vicia villosa*, fucsia: *Avena sativa/Triticosecale/Vicia villosa*, naranja punteada: *Avena sativa/Triticosecale*(500), celeste punteada: *Avena sativa/Vicia villosa*(500), negra punteada: *Triticosecale/Vicia villosa*(500), fucsia punteada: *Avena sativa/Triticosecale/Vicia villosa*(750), roja: barbecho químico. Pergamino, Buenos Aires, Argentina, 2016-2018.

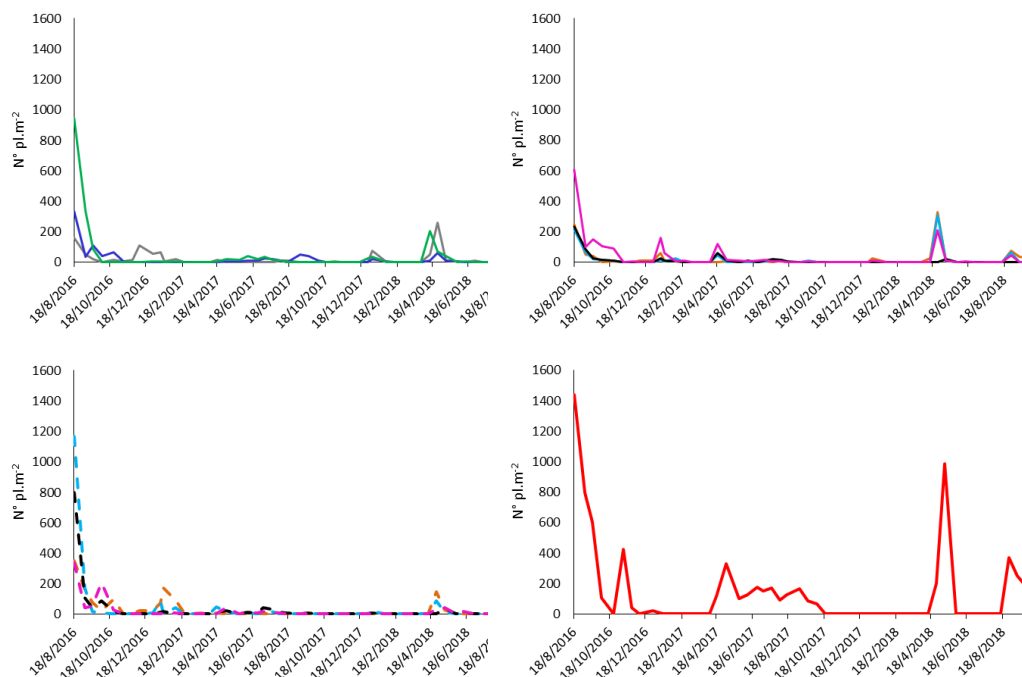
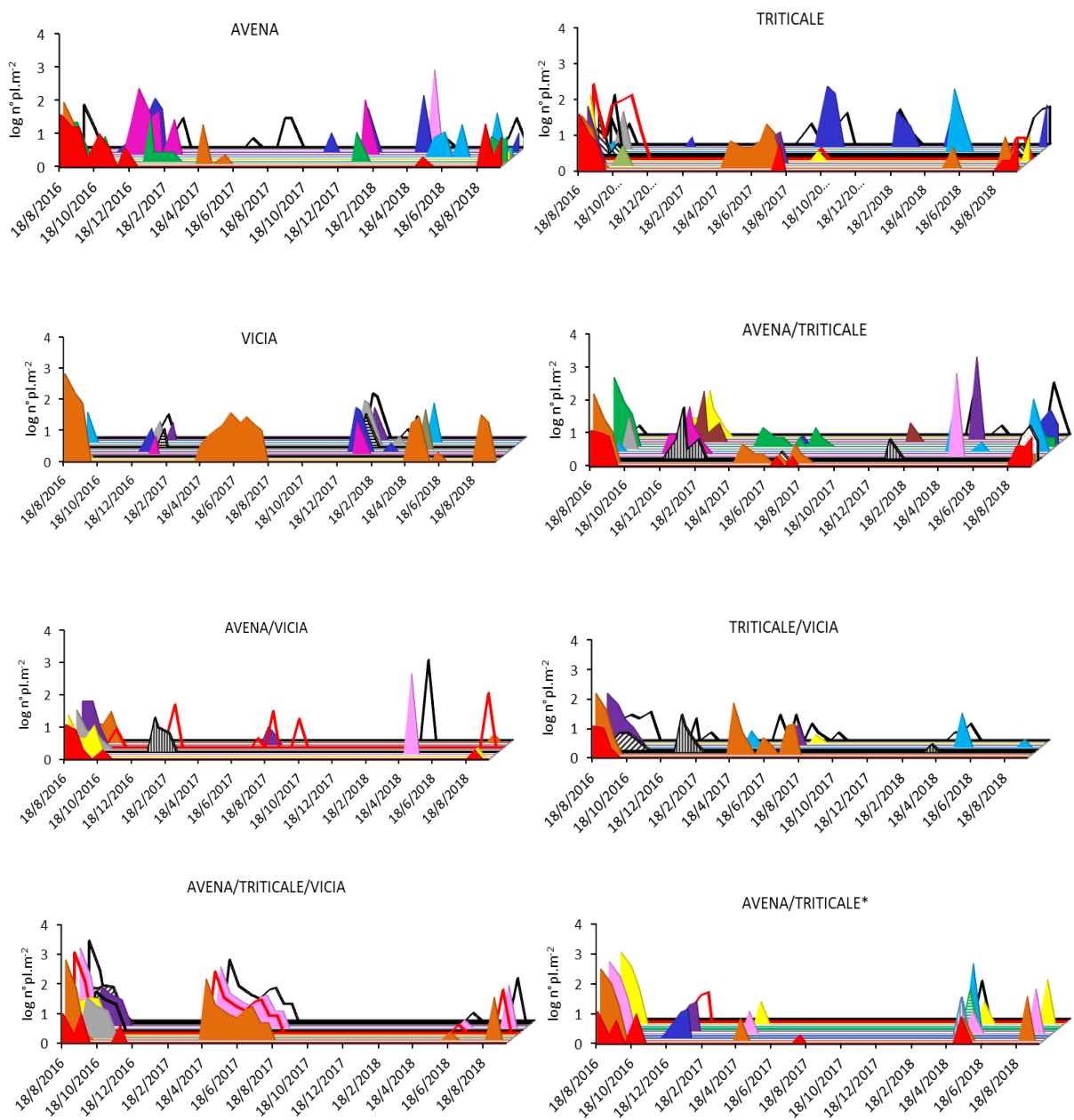


Figura 15: Flujos de emergencia de malezas naturales durante el ciclo de crecimiento de distintos cultivos de cobertura y durante la descomposición de los residuos. Línea gris: *Avena sativa*, línea azul: *Triticosecale*, línea verde: *Vicia villosa*, línea naranja: *Avena sativa/Triticosecale*, línea celeste: *Avena sativa/Vicia villosa*, línea negra: *Triticosecale/Vicia villosa*, línea fucsia: *Avena sativa/ Triticosecale/ Vicia villosa*, línea punteada naranja: *Avena sativa/ Triticosecale* (500), avena/vicia(500): línea punteada celeste, línea punteada negra: *Triticosecale/ Vicia villosa* (500), línea punteada fucsia: *Avena sativa/ Triticosecale/ Vicia villosa* (750), barbecho químico: línea roja. 500: 500 pl.m⁻², 750: 750 pl.m⁻². Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2016-2017-2018.

4.3.2. Especies de malezas

De acuerdo con los resultados obtenidos, *Bowlesia incana* fue la especie de maleza registrada en todos los tratamientos (Figura 16). Además, en los CC de vicia, triticale/vicia, avena/triticale/vicia, avena/triticale(500), avena/vicia(500), triticale/vicia(500) y BQ fue la especie que se registró en mayor participación (entre 36 y 73%) (Figura 17). En los CC de avena/vicia(500) y triticale/vicia(500) solo se

registraron dos especies de malezas: *Bowlesia incana* y *Veronica spp.* Las especies de malezas registradas fueron en su mayoría especies de ciclo otoño-invernal. Además, en los CC de vicia, avena/vicia, avena/triticale/vicia y las consociaciones de CC de 500 y 750 pl.m⁻² no registraron emergencias de especies de malezas de ciclo primavera – estival (Figura 17).



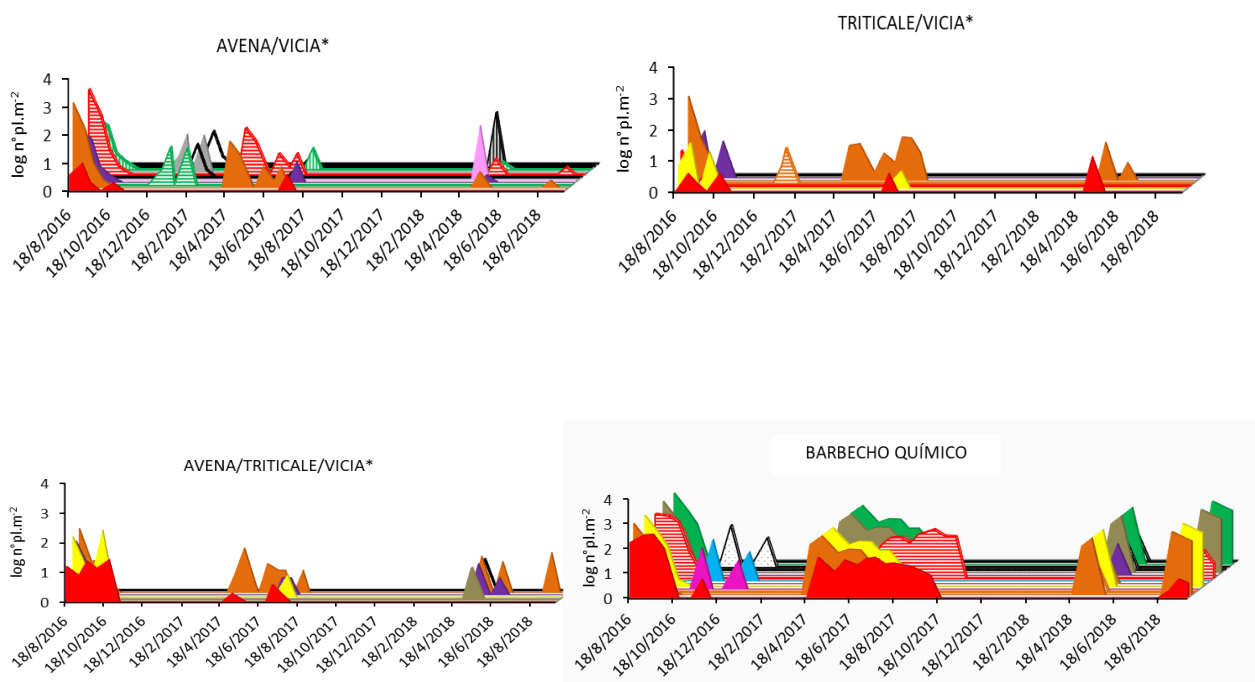


Figura 16: Contribución de cada especie de maleza en los flujos de emergencia de malezas naturales durante el ciclo de crecimiento de los cultivos de cobertura y durante la descomposición de los residuos. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2016-2018. Área roja: *Conyza bonariensis*, naranja: *Bowlesia incana*, verde: *Chenopodium album*, amarilla: *Veronica peregrina*, celeste: *Stellaria media*, fucsia: *Digitaria sanguinalis*, azul: *Bidens spp.*, rosa: *Avena sativa*, violeta: *Veronica spp.*, línea sólida roja: *Lysimachia arvensis*, línea punteada: *Verbena bonariensis*, área negra rayada diagonalmente hacia la derecha: *Cardamine hirsuta*, gris: *Triodanis perfoliata*, marrón: *Lamium amplexicaule*, bordó: *Amaranthus hybridus*, rayada verticalmente negro: *Sorghum halepense*, punteada negra: *Cerastium glomeratum*, rayada negra diagonalmente hacia la izquierda: *Trifolium pratense*, rayada horizontalmente negra: *Parietaria debilis*, rayada azul: *Cyperus rotundus*, rayada horizontalmente verde: *Chloris spp.*, rayada verticalmente verde: *Trifolium repens*, rayada roja: *Cyclosporum leptophyllum*, rayada horizontalmente naranja: *Chenopodium pumilio*, rayada verticalmente naranja: *Coronopus didymus*, rayada fucsia: *Echinochloa colona*, línea sólida negra: otras especies de malezas.

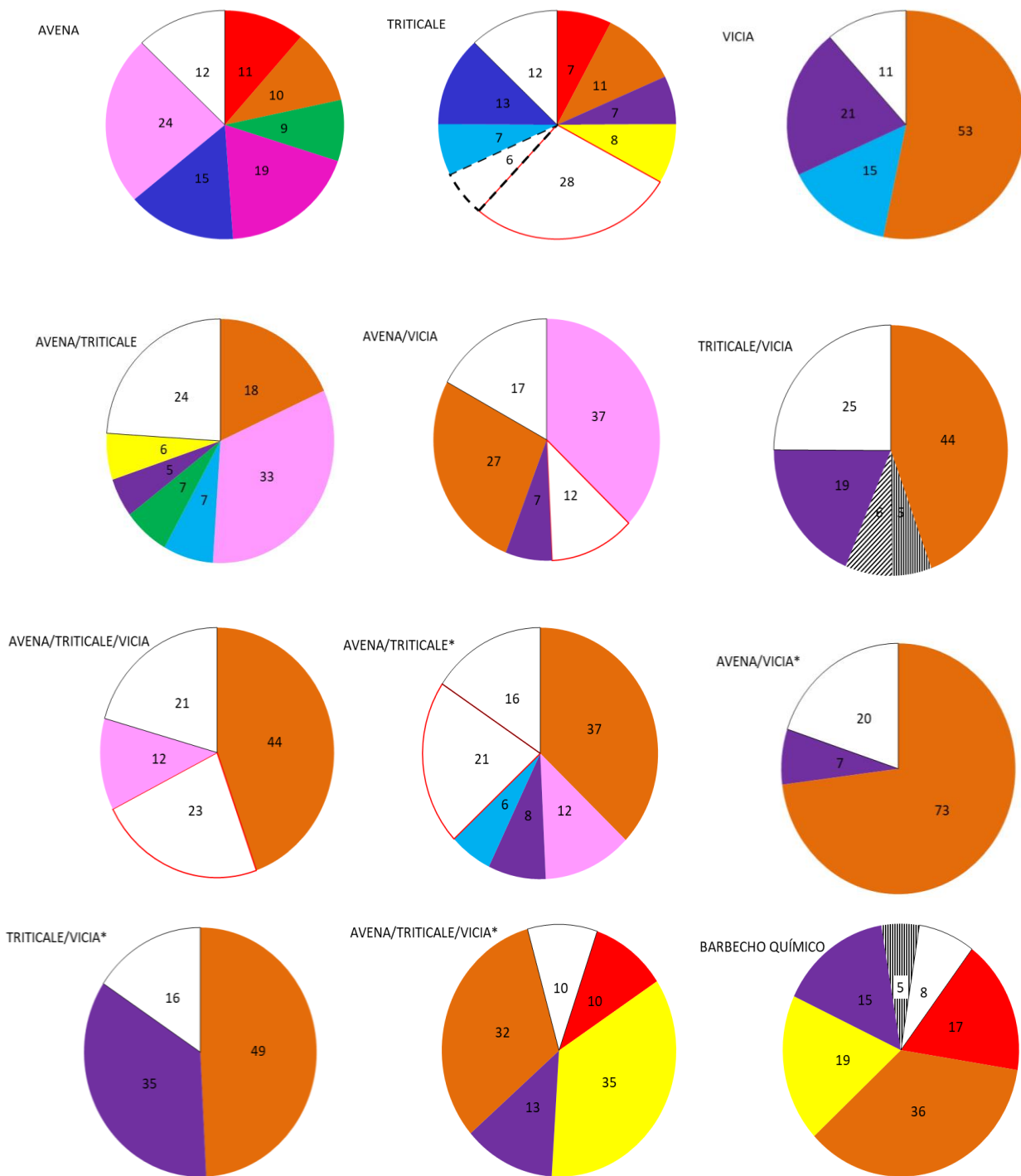


Figura 17: Participación de las distintas especies de malezas (%) en diferentes cultivos de cobertura. 2016-2017-2018. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. Rojo: *Conyza bonariensis*, naranja: *Bowlesia incana*, verde: *Chenopodium album*, amarillo: *Veronica peregrina*, celeste: *Stellaria media*, fucsia: *Digitaria sanguinalis*,

azul: *Bidens spp.*, rosa: *Avena sativa*, violeta: *Veronica spp.*, borde rojo: *Lysimachia arvensis*, borde negro punteado: *Verbena bonariensis*, rayada verticalmente negro: *Sorghum halepense*, rayada negra diagonalmente: *Trifolium pratense*, blanco: otras especies de malezas.

4.4. Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa

De acuerdo con los resultados obtenidos, en macollaje de los CC en 2016, la menor iRFA se registró en el CC de vicia con un promedio de 2,33% ($p < 0,05$) mientras que no se registraron diferencias significativas en los demás CC con un promedio de 38,4 % (Figura 18a). En mitad de espiga visible de los CC, se registró la menor iRFA en el CC de triticale en 2016 con un promedio de 61,67% ($p < 0,05$), mientras que, no se registraron diferencias significativas en la iRFA en los demás CC con un promedio de 87,6 % (Figura 18b). En 2017, se registró la mayor iRFA en los CC de vicia, avena/vicia, triticale/vicia y avena/triticale/vicia en macollaje y mitad de espiga visible ($p < 0,01$) con un promedio de 94,6 y 88,1 % respectivamente (Figura 18 c y 18d, respectivamente)

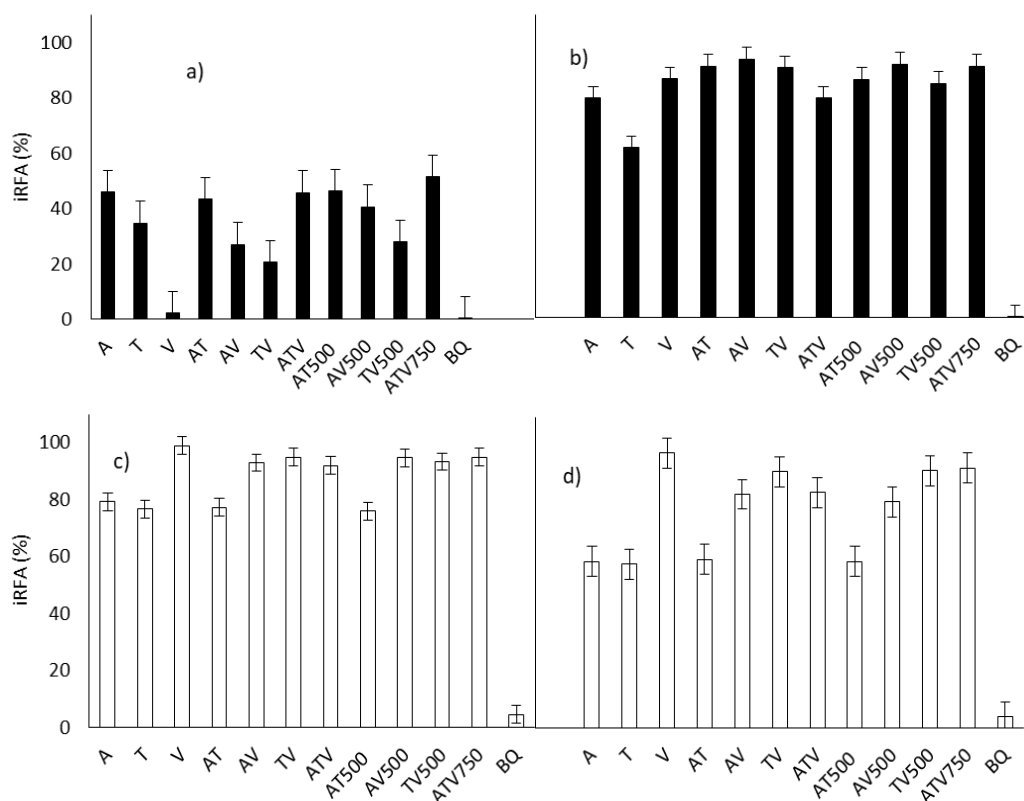


Figura 18: Radiación fotosintéticamente activa interceptada (iRFA) por los distintos cultivos de cobertura en macollaje (a, c) y mitad de espiga visible (b, d). Barras llenas: 2016 y vacías: 2017. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, BQ: barbecho químico, 500: 500 pl.m⁻², 750: 750 pl.m⁻². Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2016-2017.

4.5. Residuos de cultivos de cobertura

La MSA producida por los CC en madurez de los CC, registró diferencias significativas en los dos años de estudio ($p < 0,05$). Así en 2016 fue mayor que en 2017 ($p < 0,05$). En 2016 no se registraron diferencias significativas en la MSA entre los CC en ese momento con un promedio de 823,74 g.m⁻² mientras que en 2017, los CC de avena y vicia registraron la menor MSA con un promedio de 499,67 g.m⁻² registrando diferencias significativas con los demás CC los con un promedio de 737,54 g.m⁻² (Figura 19a).

De acuerdo con los resultados obtenidos, en 2017, al final de ciclo del cultivo estival (178 días desde el secado), se registraron 272,74 g.m⁻² de residuos de CC en los CC de triticale, avena/triticale, vicia, avena/triticale/vicia, triticale/vicia(500) y avena/vicia (Figura 19b) ($p < 0,05$). En 2018, en ese momento, se registraron 225,49 g.m⁻² de residuos de CC en los CC de avena/triticale/vicia, triticale/vicia, triticale, avena/vicia, avena/triticale y triticale/vicia(500) sin diferencias significativas entre estos (Figura 19c), mientras que no se registró MSA de CC en los CC de vicia y avena/triticale/vicia(750).

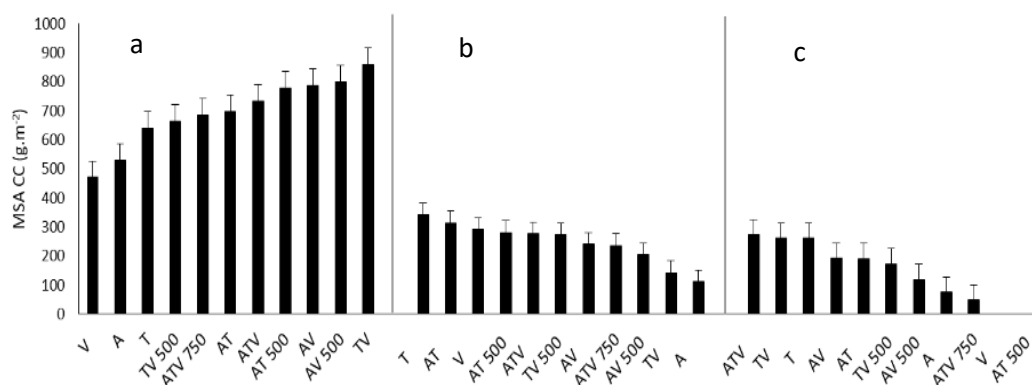


Figura 19: Materia seca aérea de cultivos de cobertura (MSA CC, g.m⁻²). a) Madurez de cultivos de cobertura 2017, b) 178 días desde el secado 2017, c) 178 días desde el secado 2018. A: *Avena sativa*, T: *Triticosecale*, V: *Vicia villosa*, 500: 500 pl.m⁻², 750: 750 pl.m⁻². Las medidas de dispersión corresponden al error estándar. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2017-2018.

5. Discusión

5.1. Número de cohortes

En los dos primeros años de estudio el número de cohortes de *Bowlesia incana* no fue afectada por el empleo de CC. En 2018 BQ registró el mayor número de cohortes de *Bowlesia incana*. Contrariamente, el número de cohortes de *Conyza bonariensis* fue menor en los CC en 2016 y 2017. En 2018 el menor número de cohortes de *Conyza bonariensis* se registró en los CC vicia y avena/triticale/vicia. Las especies de malezas estudiadas respondieron de manera diferencial a los distintos tratamientos. La presencia de residuos en la superficie del suelo pudo haber contribuido a disminuir el número de cohortes de *Conyza bonariensis*, dado que esta maleza se caracteriza por tener una respuesta fotoblástica positiva en donde la germinación de las semillas se ve muy reducida en la oscuridad (Rollin y Tan, 2006; Wu y otros, 2007; Vivian y otros, 2008; Yamashita y Guimarães, 2010). Además, la disminución en el número de cohortes en los CC podría ser un retraso en la emergencia de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis*. Esto concuerda con Williams y otros, (1998) en donde sugieren que en condiciones con CC se retrasa la emergencia de malezas debido a una reducción en la temperatura del suelo y con Buhler y Owen (1997) donde sostienen que la presencia de residuos del cultivo en la superficie del suelo retrasa la emergencia de *Conyza spp.* e incluso llega a impedirla (Leroux y otros, 1996). Así, una cobertura de 6000 kg.ha⁻¹ retrasó la germinación de semillas de *Conyza canadensis* en cuatro semanas y la emergencia total se redujo en un 80% (Bhowmik y Bekech, 1993). Esto no concuerda con Scursoni y otros (1999) en donde el número de

cohortes de *Avena fatua* no varió frente a diferentes densidades de *Hordeum vulgare* o la aplicación de un herbicida.

5.2. Número de plántulas emergidas por cohorte

En el primer año de estudio, el número de plántulas emergidas por cohorte de *Bowlesia incana* no fue afectada por el empleo de CC. Contrariamente, en 2017 y 2018, BQ registró el mayor número de plántulas emergidas por cohorte. En *Conyza bonariensis*, el uso de CC afectó negativamente la emergencia de las plántulas desde el primer año, en donde muchos CC no registraron emergencias. Esto podría deberse al efecto competitivo que ejercen los CC sobre las malezas. Estos resultados concuerdan con Cornelius y Bradley (2017) quienes encontraron que el uso de *Secale cereale* como CC reduce 35% la emergencia de *Amaranthus tuberculatus*. Además, Liebman y otros (2021) registraron una disminución del 69,6% en la densidad de *Amaranthus tuberculatus* con el uso de *Secale cereale* como CC. Asimismo, Wallace y otros (2019) encontraron que los CC disminuyeron la densidad de emergencia de *Conyza canadensis* entre 56 a 82% en relación a un tratamiento control. Contrariamente, en estudios realizados por Scursoni y otros (1999) con *Avena fatua* en *Hordeum vulgare*, el número de plántulas en la primera y segunda cohorte no varió en función de distintas densidades de *Hordeum vulgare* o por la aplicación de herbicidas. También, Wallace y otros (2019) demostraron que los CC no afectan la densidad de malezas de *Conyza canadensis* en tratamientos con baja cantidad de nitrógeno. En tratamientos con alta cantidad de nitrógeno, los CC de centeno, centeno y nabo redujeron la densidad de *Conyza canadensis*. Estas diferencias podrían deberse a la agresividad de la especie de maleza en estudio. Esto indica que no todas las especies de malezas responderán de la misma manera a una determinada práctica de manejo. De este modo es necesario generar información de cada especie de maleza en particular. Esta disminución en la densidad de la población de malezas podría retardar la tasa de evolución de la resistencia a herbicidas al reducir el conjunto de genotipos sujetos a la selección (Buncheck y otros, 2020).

5.3. Tablas de vida

El empleo de CC redujo la supervivencia de *Conyza bonariensis* en 2016 y 2017 y de *Bowlesia incana* en 2017 y 2018. Contrariamente, las tasas de supervivencia no fueron afectadas por la presencia de CC en *Bowlesia incana* en 2016 y en *Conyza bonariensis* en 2018. Distintos trabajos concuerdan en que determinadas prácticas pueden reducir o no la supervivencia de las malezas. Así, en estudios con *Avena fatua* en *Hordeum vulgare*, la densidad de siembra de *Hordeum vulgare* y la aplicación de un herbicida redujo la supervivencia de las plántulas (Scursoni y otros, 1999, Scursoni, 2002). Además, se registró mayor supervivencia en las primeras cohortes en *Bowlesia incana* (2016 y 2017) y en *Conyza bonariensis* los tres años. Esto concuerda con los resultados de Zambrano Navea y otros, (2018) donde demostraron que la emergencia más temprana de *Conyza bonariensis* se asoció con mayores tasas de supervivencia. La tasa de supervivencia pudo haber estado relacionada al tamaño de las malezas y longitud de sus raíces. Así, estudios realizados por Regehr y Bazzaz, (1979) encontraron que rosetas de *Conyza canadensis* superiores a 5 cm, lograron una supervivencia del 100%.

Además, el empleo de CC impidió que *Conyza bonariensis* llegue al estado reproductivo y *Bowlesia incana* al estado de producción de semillas. Este efecto sobre el estado reproductivo puede estar relacionado con la alta habilidad competitiva de los cultivos (Satorre y Snaydon, 1992). Esto resulta muy importante debido a la disminución del aporte de semillas al banco sumado a la disminución de la viabilidad de las semillas de *Conyza bonariensis* luego del primer año (Wu y otros, 2007). Así, se esperaría una disminución de las poblaciones de *Conyza bonariensis* y *Bowlesia incana* a través del tiempo.

5.4. Flujos de emergencia de malezas naturales

El empleo de CC disminuyó la emergencia de malezas otoño-invierno-primaverales y primavera-estivales. Esta disminución pudo deberse a la competencia por recursos aéreos y/o subterráneos durante el ciclo de crecimiento de los CC.

Durante la descomposición de los residuos de CC, la persistencia de estos durante el ciclo de crecimiento del cultivo estival pudo haber generado una interferencia física impidiendo la emergencia de las malezas. 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. Asimismo, Wiggins y otros (2016) registraron una disminución del 65% en la emergencia de *Amaranthus palmeri* en residuos de *Secale cereale*, *Triticum aestivum*, *Trifolium pratense*, *Vicia villosa* y *Secale cereale/Vicia villosa*.

Además, *Bowlesia incana* fue la especie más registrada en los CC. Esto podría estar mostrando una dominancia de esta especie frente a las condiciones con CC.

5.5. Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa

El empleo de CC permitió disminuir significativamente la cantidad de RFA que llegó a la superficie del suelo. Esto podría explicar la reducción en el número de plántulas, la supervivencia y fecundidad de las distintas cohortes de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis* así como también la reducción en los flujos de emergencia de malezas. Esto concuerda con Caamal-Maldonado y otros (2001) quienes encontraron que el uso de *Mucuna pruriens* disminuyó la cantidad de RFA en el suelo e inhibió el crecimiento de las malezas. También, Yasin y otros (2017) determinaron que reducciones en la RFA afectaron el crecimiento y MSA de las malezas. Steinmaus y otros (2008) demostraron que la supresión de malezas estuvo relacionada con la iRFA por los CC para la mayoría de las especies de malezas. Además, Hassannejad y Mobbli (2014) demostraron que la presencia de CC disminuye la RFA que llega a las malezas, siendo restrictiva para la germinación y crecimiento.

5.6. Residuos de cultivos de cobertura

La alta productividad de MSA de los CC, la persistencia en la superficie del suelo sumadas al avance en el ciclo de crecimiento del cultivo estival, pudieron haber contribuido a una disminución en la penetración de la radiación solar y en la temperatura del suelo con la consecuente disminución o inhibición de la germinación de las malezas (Ryan y otros, 2011; Kruidhof y otros, 2009; Vann y otros, 2018). Esto concuerda con Diuker y Curran (2005) y Mischler y otros (2010, b) quienes determinaron que es necesario un mínimo de 2000 a 4000 kg.ha⁻¹ de MSA producida por los CC para una supresión significativa de *Setaria faberii*, *Panicum dichotomiflorum*, *Chenopodium álbum*, *Abutilon theophrasti* y de *Ambrosia artemisiifolia*, *Amaranthus spp.*, *Chenopodium album*, *Abutilon theophrasti*, *Polygonum pensylvanicum*, respectivamente. Además, Teasdale y Mohler (1993) sostienen que las especies de malezas anuales, de semillas pequeñas y con requerimientos de radiación solar para su germinación, son las más sensibles a la presencia de residuos superficiales.

6. Conclusiones

El empleo de CC disminuyó el número de cohortes, número de plántulas por cohorte, la supervivencia y fecundidad de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis* independientemente de las especies o consociaciones utilizadas como CC. Además, éstas especies de malezas no generaron aporte al banco de semillas, dado que dicho estado de las malezas estuvo inhibido. Esto resulta muy importante dado que contribuye a disminuir las poblaciones de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis* en el tiempo. Además, los CC disminuyeron los flujos de emergencia de malezas naturales tanto de especies otoño-invierno-primaverales como primavero-estivales. Esto permitiría disminuir la presión de selección sobre estos biotipos de malezas. De este modo, los CC surgen como una alternativa válida para el manejo de malezas y disminución de la expansión de la resistencia en los sistemas productivos de la Región.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente capítulo se acepta la hipótesis 1 la cual sostiene que el empleo de CC disminuye el número de cohortes, número de plántulas por cohorte, la supervivencia, fecundidad y aporte de semillas al banco de los individuos de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis*. Esto resulta muy interesante dado que no se genera un aporte de semillas al banco con lo que se esperaría una disminución en las poblaciones de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis* a través del tiempo. Deberían realizarse estudios demográficos de otras especies de malezas a fin de determinar si alguna especie de maleza sobrevive y produce semillas en situaciones con CC. De esta manera se podría predecir si alguna maleza es potencialmente beneficiada por el empleo de CC.

Además, se acepta la hipótesis 2 la cual sostiene que el empleo de CC disminuye los flujos de emergencia de malezas. Esto resulta muy importante debido a que el empleo de CC disminuyó los flujos de emergencia de malezas tanto otoño-invierno-primaverales como así las malezas de ciclo primavero-estivales. Con lo cual se observa una disminución en los flujos de emergencia de malezas tanto durante el ciclo de crecimiento de los CC como durante la descomposición de los residuos.

La hipótesis 3 sostiene que las consociaciones de CC afectan en mayor medida los flujos de emergencia de malezas naturales que las monoculturas de CC. Esta hipótesis es rechazada de acuerdo a los resultados obtenidos en el presente capítulo. Así, no se registraron diferencias en la disminución de los flujos de emergencia de malezas por el empleo de monoculturas o consociaciones de CC.

Capítulo VI: Consideraciones finales

La alta dependencia de herbicidas como única alternativa para el manejo de malezas sumada a la falta de rotación de herbicidas con distintos mecanismos de acción generó una alta presión de selección sobre biotipos de malezas existentes con la consecuente expansión de la resistencia en los sistemas productivos de la Región. De esta manera, para atenuar este problema, se debe apuntar a generar una agricultura de *procesos*, donde entender la naturaleza de los procesos de enmalezamiento y la influencia que los factores de manejo del cultivo ejercen sobre el mismo, será un paso inevitable (Gugliemini y otros, 2015). Sólo de esa manera se podrá avanzar hacia el diseño concreto de un manejo racional de malezas (Petit y otros, 2011; Beckie y otros, 2019). Para esto, es necesario el desarrollo de alternativas culturales de manejo de malezas a mediano y largo plazo. Dentro de estas, el empleo de cultivos de cobertura posee un rol preponderante para el manejo de malezas en sistemas agrícolas extensivos (Reddy, 2001; Kruidhof y otros, 2009; Ryan y otros, 2011; Wallace y otros, 2019). Además, la necesidad de aumentar la producción de los cultivos por un lado y de lograr que la misma sea sustentable por 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 esta manera, la presente tesis aborda la necesidad de generar información acerca del empleo de cultivos de cobertura para el manejo de malezas en los sistemas productivos de la Región Pampeana con una disminución en el empleo de herbicidas.

De acuerdo a lo planteado anteriormente, en la presente tesis se estudia el efecto de distintas monoculturas y consociaciones de cultivos de cobertura sobre el número de individuos, la materia seca aérea y las especies de malezas presentes tanto durante el ciclo de crecimiento de los cultivos de cobertura, así como también durante la descomposición de los residuos en una rotación de soja o maíz. Esto resulta muy importante dado que durante el ciclo de crecimiento de los CC estos pueden disminuir los enmalezamientos de especies de malezas otoño-invierno-primaverales y en el período de descomposición de los residuos las especies de malezas de ciclo primavero-estivales, ejerciendo un filtro sobre las distintas especies de malezas y disminuyendo el empleo de herbicidas. Además, conocer la influencia de estos cultivos de cobertura

sobre la productividad de los cultivos estivales siguientes, dada la necesidad de mantener la productividad en grano y que la misma sea lo más sustentable posible.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, las hipótesis planteadas en los distintos capítulos fueron:

- 1. Las consociaciones de cultivos de cobertura ejercen una disminución en el crecimiento y la productividad de las malezas mayor que las monoculturas de cultivos de cobertura.**

A partir de los resultados obtenidos en el capítulo II, esta hipótesis es rechazada. Si bien el empleo de CC afecta el número de individuos y la materia seca aérea de las malezas, el empleo de consociaciones de CC no disminuye en mayor medida el número de individuos y la materia seca aérea de malezas respecto a una monocultura de CC. Estos resultados coinciden con los encontrados por Smith y otros (2020), Baraibar y otros (2018), Lawson y otros (2015). Además, los resultados encontrados en el presente trabajo no coinciden con la teoría de diversidad-invasibilidad propuesta por Elton en 1958, donde postula que las comunidades vegetales que contienen una diversidad específica deberían ser más resistentes a la invasión de nuevas especies que las monoculturas o las comunidades con pocas especies. Esto puede deberse a que las monoculturas compitieron de igual manera por recursos aéreos y/o subterráneos que las consociaciones de CC.

- 2. El incremento en la densidad de plantas de cultivos de cobertura, reduce el número y la materia seca aérea de malezas.**

De acuerdo con lo observado en el capítulo II, esta hipótesis fue rechazada. A partir de

los resultados obtenidos, a medida que aumentó la densidad de los CC, no disminuyó el número de individuos y la materia seca aérea de las malezas. Así, en las condiciones del presente trabajo, no se registraron diferencias al aumentar la densidad de siembra de los CC. Esto pudo deberse a que las densidades de siembra más bajas generaron el suficiente efecto de filtrado frente al número de individuos y la materia seca aérea de malezas. Estos resultados coinciden con los registrados por Boyd y otros (2009) en donde la materia seca aérea de malezas no fue afectada a medida que aumentaba la densidad de siembra en un CC de *Secale cereale*. Resultados similares fueron encontrados por Whaley y otros (2000) en *Triticum aestivum* utilizado como CC y por Brennan y Smith (2005). Boyd y otros (2009) destacaron que en madurez del CC de *Secale cereale*, no se modificó la MSA producida al aumentar la densidad de siembra, mientras que en los primeros estadios de desarrollo, a medida que aumentó la densidad de siembra, aumentó también la MSA producida por el CC de *Secale cereale*. De esta manera, el aumento de la densidad de siembra en los CC tendría efectos negativos en la MSA de malezas en los primeros estados de desarrollo de los CC.

3. El aumento de la diversidad específica por el empleo de cultivos de cobertura conduce a un sistema de mayor productividad de granos en el cultivo siguiente y con menor número de individuos y materia seca aérea de malezas.

De acuerdo con lo registrado en el capítulo II, esta hipótesis fue rechazada. El aumento en la diversidad de los sistemas por la inclusión de los CC no generó un aumento en la productividad de la soja o maíz siguientes en la rotación. De todos modos, la productividad en grano del cultivo de soja no fue afectada por incluir CC mientras que la productividad en grano del cultivo de maíz disminuyó cuando se emplearon CC gramíneas antecesores. Resultados similares fueron registrados en el capítulo III en donde la productividad en grano del cultivo de soja luego del empleo de CC no registró diferencias significativas con un tratamiento de BQ, mientras que, en estos

experimentos, la productividad en grano del maíz aumentó luego de la utilización de vicia y avena/vicia como CC comparados con un tratamiento de BQ.

4. El empleo de consociaciones de cultivos de cobertura reduce la diversidad específica de la comunidad de malezas en mayor medida que las monoculturas de cultivos de cobertura.

Esta hipótesis fue rechazada de acuerdo a lo obtenido en el capítulo II. El empleo de CC disminuyó la diversidad de la comunidad de especies de malezas presentes independientemente del uso de monoculturas o consociaciones. Estos resultados coinciden con los de Czaper y otros, (2002), Faget y otros, (2012) y Altentorbert y otros, (1996), quienes determinaron que el uso de *Vicia Villosa*, *Lolium multiflorum*, *Trifolium pratense* y *Secale montanum* utilizados como CC reducen la diversidad de la comunidad de malezas presentes. Estos resultados resultan ser muy interesantes dado que el empleo de cultivos de cobertura de la misma especie en el tiempo puede tender a comunidades de malezas de una o pocas especies dominantes. Esto reflejaría la adaptación de las malezas a las condiciones con cultivos de cobertura. De este modo, surge la necesidad de rotar las especies de CC evitando que las especies de malezas se adapten a una condición particular generada por los CC.

5. Los cultivos de cobertura con estructura del canopeo más cerrada, interceptan mayor radiación fotosintéticamente activa y tienen menor número de individuos y materia seca aérea de malezas que los cultivos de cobertura con estructura de canopeo más abierta.

De acuerdo a lo abordado en el capítulo III, esta hipótesis es aceptada parcialmente. Si bien los CC con estructuras de canopeo más altas y cerradas interceptan mayor

radiación fotosintéticamente activa, esta mayor intercepción de la radiación fotosintéticamente activa no siempre se relacionó con menor número de individuos y materia seca aérea de malezas. De este modo, el empleo de la iRFA de los CC no sería un indicador apropiado del número de individuos y materia seca aérea de malezas. De esta manera, se observa la complejidad del problema, en donde un solo factor no explica las disminuciones en el número de individuos y materia seca aérea de malezas. Así otros atributos o la combinación de varios deben ser considerados.

6. El aumento en la materia seca aérea de los residuos de cultivos de cobertura disminuye la tasa de descomposición, el número de individuos y la materia seca aérea de malezas.

Esta hipótesis es aceptada parcialmente de acuerdo a los resultados obtenidos en el capítulo IV. No siempre se relacionó la mayor MSA de residuos con menor número de individuos y MSA de malezas. De este modo, otras características como la disposición de éstos residuos en el suelo y el tamaño de las semillas de malezas deben ser consideradas. Además, optando por una finalización mecánica de los cultivos de cobertura podrían lograrse distribuciones más uniformes en superficie de los residuos generándose una impedancia física más homogénea inhibiendo de esta manera la emergencia de malezas. La tasa de descomposición de los distintos CC estuvo relacionada con las precipitaciones registradas durante ese período. De esta manera, con más años de estudio, se podría generar un modelo de simulación en donde se pueda predecir la cantidad de residuos en superficie de acuerdo a las precipitaciones registradas.

7. El incremento en la cantidad de residuos de cultivos de cobertura en la superficie del suelo disminuye la temperatura del suelo y la amplitud térmica de éste.

De acuerdo a los resultados encontrados en el capítulo IV, esta hipótesis fue confirmada. El empleo de CC disminuyó la temperatura del suelo y la amplitud térmica del mismo. Esto resulta muy interesante dado que puede limitar la germinación y emergencia de especies de malezas que tengan el requerimiento de alternancias de temperaturas para salir de la dormición.

8. El empleo de cultivos de cobertura disminuye el número de cohortes, número de plántulas por cohorte, la supervivencia y fecundidad de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis*, disminuyendo el aporte al banco edáfico de semillas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el capítulo V, se acepta esta hipótesis. El empleo de CC disminuyó el número de cohortes, número de plántulas por cohorte y la supervivencia de plántulas de *Conyza bonariensis* y *Bowlesia incana*. Estos resultados son muy interesantes dado que mediante el empleo de CC no se genera aporte de semillas de estas malezas al suelo. Con lo cual, el empleo de cultivos de cobertura contribuye a la disminución de malezas en el tiempo.

9. El empleo de cultivos de cobertura disminuye los flujos de emergencia de malezas durante el ciclo de crecimiento, así como también durante la descomposición de los residuos.

Esta hipótesis es aceptada a partir de los resultados encontrados en el capítulo V. El empleo de cultivos de cobertura disminuyó los flujos de emergencia de malezas tanto

durante el ciclo de crecimiento como así también durante la descomposición de los residuos. No se registró un beneficio adicional al emplear consociaciones de cultivos de cobertura.

10. Las consociaciones de cultivos de cobertura disminuyen en mayor medida los flujos de emergencia de malezas que las monoculturas de cultivos de cobertura.

De acuerdo a los resultados obtenidos, esta hipótesis fue rechazada. Así, no se registró un beneficio adicional en la disminución de los flujos de emergencia de malezas naturales al consociar especies de cultivos de cobertura.

El empleo de cultivos de cobertura disminuyó el número de individuos, la materia seca aérea y las especies de malezas durante el ciclo de crecimiento de los mismos (capítulo II) así como también durante la descomposición de los residuos (capítulo IV). Además, no se observó un beneficio adicional en la disminución del número de individuos y materia seca aérea de malezas al aumentar la densidad de CC o al consociar las especies de CC. Esto resulta importante al momento de incorporar los CC en sistemas extensivos en donde el empleo de monoculturas de CC permite mayor facilidad en la operatividad de la siembra. Así, la siembra de consociaciones de CC requiere mayor atención al momento del tratamiento de semillas dado el uso de distintos terápicos de semillas para las distintas especies de CC o inoculante en el caso de la vicia. Así, el uso de monoculturas de CC permitiría una mayor adopción de esta herramienta en los sistemas productivos. Además, el uso de la radiación solar por parte de los distintos CC se relacionó con las distintas estructuras de canopeo de los CC. Así, estructuras de canopeo altas y cerradas interceptaron mayor radiación solar que las especies con estructuras más bajas y abiertas. La cantidad de intercepción de la radiación fotosintéticamente activa no siempre se relacionó con el número de individuos y la

materia seca aérea de las malezas. Así, en CC donde la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa fue baja, el número de individuos y la materia seca aérea de malezas también fue baja. Esto refleja que otros factores como el uso de recursos subterráneos por parte de los CC así como también la alelopatía ejercida por los distintos CC hacia las malezas deberían ser estudiados (capítulo III). Además, el empleo de CC condujo a sistemas menos diversos (capítulo II). Así, ninguna, una o pocas especies de malezas se registraron al final de ciclo de los CC. Esto es interesante debido a la adaptación que pueden tener las especies de malezas a las condiciones de los CC (capítulo II) en donde pueden convertirse en sistemas representados por una o unas pocas especies de malezas dominantes. Para evitar esto, se deberían rotar las especies empleadas como CC en el tiempo además de considerar otras estrategias para el manejo de malezas en los sistemas productivos de la región de manera de no generar presión de selección sobre las malezas con el empleo de CC. También, el empleo de CC permitió afectar negativamente los estados demográficos de *Bowlesia incana* y *Conyza bonariensis* (capítulo V). Esto resulta muy importante debido a que no se generó aporte de semillas al banco. Más estudios demográficos de distintas especies de malezas deberían llevarse a cabo para determinar si alguna especie de maleza produce semillas bajo las condiciones de CC. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la presente tesis, se espera que las poblaciones de *Conyza bonariensis* y *Bowlesia incana* disminuyan con el tiempo debido a la eliminación del aporte de semillas de éstas. Además, el menor número de individuos y materia seca aérea de malezas registradas durante la descomposición de los residuos de los CC pudo deberse a las menores temperaturas registradas en el suelo y a la impedancia física de éstos. Así, especies de malezas con requerimientos de alternancias de temperaturas para salir de la dormición o las especies de malezas con semillas pequeñas pudieron haberse perjudicado (capítulo IV). Además, no sólo es importante la cantidad de residuos en la superficie del suelo capaces de generar la suficiente impedancia física para impedir la emergencia de las malezas, sino también la uniformidad de los mismos en la superficie (capítulo IV). Así, se debería estudiar la disposición de los mismos sobre la superficie del suelo. Teniendo en cuenta la productividad en grano de la soja no se generó un beneficio adicional con las distintas especies empleadas como CC o por el uso de monoculturas o consociaciones de CC. La productividad en grano del cultivo de

maíz, fue beneficiada al incorporar el CC de vicia. De esta manera, se recomienda utilizar vicia en monocultura o consociada previa a la siembra de un cultivo de maíz, mientras que si el cultivo posterior es soja, es indistinta la especie de CC a emplear. Los resultados obtenidos en la presente tesis reflejan la complejidad del sistema en donde muchos son los factores que ejercen su efecto frente al número de individuos y la materia seca aérea de malezas. De esta manera, se deberá seguir generando información que permita conocer aún más a los CC y el efecto que tienen sobre la población de malezas resultante de manera de poder predecir los posibles cambios en el número de individuos, materia seca aérea y especies de malezas en los sistemas productivos de la Región.

Acciones futuras de trabajo

11. Estudiar el uso de recursos subterráneos de distintos cultivos de cobertura y su relación con el número de individuos y la materia seca aérea de malezas.

12. Estudiar el efecto de la alelopatía de distintos cultivos de cobertura sobre la germinación de las malezas.

13. Realizar estudios demográficos de distintas especies de malezas en cultivos de cobertura.

14. Evaluar distintos métodos de secado de cultivos de cobertura y su influencia en la tasa de descomposición y número de individuos y materia seca aérea de malezas.

15. Caracterizar los distintos residuos dejados por los distintos cultivos de cobertura.

16. Evaluar distintas variedades dentro de las especies de cultivos de cobertura.

Referencias bibliográficas

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. A.; M. T. Sobrero y E. S. Leguizamón. 2014. Interacción maleza-cultivo I: competencia, teorías, recursos y factores; estrategias competitivas. Cap. VII en: Malezas e invasoras de la Argentina. Tomo I: ecología y manejo, O. A. Fernández, E. S. Leguizamón y H. A. Acciaresi (eds).

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. <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>.

Akemo M, Regnier E, Bennett M (2000) Weed suppression in spring-sown rye (*Secale cereale*)–pea (*Pisum sativum*) cover crop mixes. *Weed Technol* 14:545–549

Appelgate, S. R., Lenssen, A. W., Widenhoeft, M. H., & Kaspar, T.C. (2017). Cover crop options and mixes for upper Midwest cornsoybean systems. *Agronomy Journal*, 109, 968–984. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.08.0453>

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.

Referencias bibliográficas

Beckie, H. J., Ashworth, M. B., & Flower, K. C. (2019). Herbicide resistance management: Recent developments and trends. *Plants*, 8(6), 161.

Belo, E. S. et al. Decomposição de diferentes resíduos orgânicos e efeito na atividade microbiana em um Latossolo Vermelho de Cerrado. *Global Science and Technology*, Rio Verde, v. 5, n. 3, p. 107-116, 2012.

Bhowmik, P. C., & Bekech, M. M. (1993). Horseweed (*Conyza canadensis*) seed production, emergence, and distribution in no-tillage and conventional-tillage corn (*Zea mays*). *Agron. Trends Agric. Sci*, 1, 67-71.

Blanco-Canqui, H., Mikha, M. M., Presley, D. R., & Claassen, M. M. (2011). Addition of cover crops enhances no-till potential for improving soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal*, 75(4), 1471-1482

Blanco-Canqui, H., y Ruis, S. J. (2020). Cover crop impacts on soil physical properties: A review. *Soil Science Society of America Journal*, 84(5), 1527-1576.

Bolsa de Cereales, 2021. Relevamiento de tecnología agrícola aplicada. Cultivos de cobertura. Disponible en: <https://www.bolsadecereales.com/imagenes/retaa/2021-03/220-retaamensualnC2%BA42-cultivoscobertura.pdf> .

Booth, B. D. y C. J. Swanton. 2002. Assembly theory applied to weed communities. *Weed Sci* 50:2-13.

Borger, CPD, Hashem, A y Pathan, S (2010). Manipulating crop row orientation to suppress weeds and increase crop yield. *Weed Science* 58, 174–178.

Borger CPD, hashem, A y Powles, SB (2016). Manipulating crop row orientation and crop density to suppress *Lolium rigidum*. *Weed Research* 56, 22–30.

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

Brennan EB, Smith RF (2005) Winter cover crop growth and weed suppression on the central coast of California. *Weed Technol* 19:1017–1024

Referencias bibliográficas

Brust, J.;Weber, J.; Gerhards, R. (2014). Do cover crop mixtures have the same ability to suppress weeds as competitive monoculture cover crops?. *Julius-Kühn-Archiv*, (443), 422-430.

Buhler, D. D. 1995. Influence of tillage systems on weed population dynamics and management in corn and soybean in the central USA. *Crop Sci* 35:1247-1258. Cardina J, Herms CP, Doohan DJ. 2002. Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. *Weed Sci* 50:448-460.

Buhler, D. D., & Owen, M. D. (1997). Emergence and survival of horseweed (*Conyza canadensis*). *Weed Science*, 45(1), 98-101.

Bunchek, J., Wallace, J., Curran, W., Mortensen, D., VanGessel, M., & Scott, B. (2020). Alternative performance targets for integrating cover crops as a proactive herbicide-resistance management tool. *Weed Science*, 68(5), 534-544. doi:10.1017/wsc.2020.49

Burke, I. C.; W. E. Thomas; J. F. Spears y J. W. Wilcut. 2003. Influence of environmental factors of broadleaf signalgrass (*Brachiaria platyphylla*) germination. *Weed Science* 51, 683-689.

Caamal-Maldonado, J. A.; Jiménez-Osornio, J. J.; Torres-Barragán, A. y Anaya, A. L. 2001. The use of allelopathic legume cover and mulch species for weed control in cropping systems. *Agronomy Journey*, 93:27.36.

Callahan, H. S. y 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. y Richards, C. L. 2003. Phenotypic plasticity and interactions among plants. *Ecology* 84, 1115–1128.

Capurro, J., Surjack, J., Dickie, M. J., Andriani, J., & González, M. (2010). Cultivos de cobertura: evaluación de diferentes momentos de supresión del crecimiento. *Para mejorar la producción*, (45).

Cárcova, J; L. G. Abeledo y M. López Pereira. 2003. Análisis de la generación del rendimiento: crecimiento, partición y componentes. Capítulo 6 en el libro: Producción

de granos. Bases funcionales para su manejo. E. H. Satorre; R. L. Benech Arnold; G. A. Slafer; E. B. de la Fuente; D. J. Miralles; M. E. Otegui y R. Savin (Eds).

Cardinale, B. J.; D. J. Srivastava; J. Emmett Duffy; J.P. Wright; A. L. Downing; M. Sankaran y C. Jouseau. 2006. Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems. *Nature* 443, 989-992.

CASAFE, 2014. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. Estadísticas, disponible en: <https://www.casafe.org/pdf/2018/ESTADISTICAS/Informe-Mercado-Fitosanitarios-2014.pdf>.

Chauhan, B. S., Gill, G. S., y Preston, C. (2006). Tillage system effects on weed ecology, herbicide activity and persistence: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(12), 1557-1570.

Clark, A.J.; Decker, A.M.; Meisinger, J.J.; Mulford, F.R., y McIntosh, M.S. (1995). Hairy vetch kill date effects on soil water and corn production. *Agron. J.* 87: 579–585.

Clegg, M. D., Biggs, W. W., Eastin, J. D., Maranville, J. W., & Sullivan, C. Y. (1974). Light Transmission in Field Communities of Sorghum 1. *Agronomy Journal*, 66(4), 471-476.

Conover, W. J. 1999. *Practical Nonparametric Statistics*. John Wiley y Sons, Inc., New York

Cornelius, C. D. y 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> *Crop Protection* 15:171-178.

COSTA, N. R. et al. Acúmulo de nutrientes e tempo de decomposição da palhada de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 31, n. 3, p. 818-829, 2015.

Couëdel, A.; Alletto, L.; Tribouillois, H. y Justes, E. 2018. Cover crop crucifer-legume mixtures provide effective nitrate catch crop and nitrogen green manure ecosystem services. *Agric Ecosyst Environ* 254:50–59.

Referencias bibliográficas

Cousens, R. D. y M. Mortimer. 1995. Dynamics of weed populations. Cambridge University Press. Cambridge (Reino Unido). 382pp.

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.

Cousens, R.D. y Mortimer, M. (1995). Dynamics of weed populations. Cambridge University Press. Cambridge (Reino Unido). 382pp.

Culpepper, A. S. 2006. Glyphosate-induced weed shifts. *Weed Technol.* 20:277–281.

Czaper, G., Simmons, W., Bullock, D. 2002. Delayed control of a hairy vetch cover crop in irrigated corn production. *Crop Protection.* 27(6): 507-570, DOI: 10.1016/S0261-2194(01)00141-7.

Dabney, S.M., J.A. Delgado, and D.W. Reeves. 2001. Using winter cover crops to improve soil and water quality. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 32:1221–1250. doi:10.1081/CSS-100104110

Dadashi, F., Zaefarian, F., Abbasi, R., BAHMANYAR, M. A., y Rezvani, M. 2013. Response of leaf area and dry matter of crop, weeds and cover crops to competition and fertilizer resources. *Acta agriculturae Slovenica*, 103(1), 27-36.

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

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.

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.; R. E. Blackshaw y S. M. Boyetchko. 1996. Sustainability, conservation tillage and weeds in Canada. *Can. J. Plant Sci.* 76: 651-659.

Referencias bibliográficas

Di Rienzo, J. A., Guzmán, A. W., & Casanoves, F. (2002). A multiple-comparisons method based on the distribution of the root node distance of a binary tree. *Journal of agricultural, biological, and environmental statistics*, 7, 129-142.

Duiker, S. W., & Curran, W. S. (2005). Rye cover crop management for corn production in the northern Mid-Atlantic region. *Agronomy Journal*, 97(5), 1413-1418.

Duiker, S.W. 2014. Establishment and termination dates affect fall-established cover crops. *Agron. J.* 106:670–678. doi:10.2134/agronj2013.0246

Ebelhar, S. A., Frye, W. W., & Blevins, R. L. (1984). Nitrogen from legume cover crops for no-tillage corn 1. *Agronomy journal*, 76(1), 51-55.

Elton, C. S. 1958. *The ecology of Invasions by Animals and Plants*. London: Methuen.

Enrico, J. M.; Piccinetti, C. F.; Barraco, M. R.; Agosti, M. B.; Ecclesia, R. P.; Salvagiotti, F. (2020). Biological nitrogen fixation in field pea and vetch: Response to inoculation and residual effect on maize in the Pampean region. *European Journal of Agronomy*, 115, 126016.

Everaarts, A.P. 1992. Effects of competition with weeds on growth development and yield of soybeans. *Neth. J. Agric.l Sci.* 40 :91-107.

Faget, M., Liedgong, M., Mfeil, B., Stamp, P., Herrera, J.M. 2012. Root growth of maize in an Italian ryegrass living mulch studied with a non-destructive method. *Europ J Agron.* 36: 7-8, DOI: 10.1016/j.eja.2011.08.002.

Ferguson, J. J.; Rathinasabapathi, B.; Chase, C. A. (2013). Allelopathy: How Plants Suppress Other Plants: HS944/HS186, 3/2013. *Edis*, 2013(3).

Fernandez- Quintanilla, C.; M. Saavedra y L. García Torres. 1991. Ecología de las malas hierbas. En: García Torres L y Fernandez- Quintanilla C (Eds.). *Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas*. Madrid, Mundi Prensa.

Referencias bibliográficas

Fernández, O. N.; E. S. Leguizamón; H. A. Acciaresi y O. A. Fernández . 2014. Manejo Integrado de Malezas (MIM). Libro: Malezas e Invasoras de la Argentina, tomo I. ISBN 978-987-1907-70-0.

FERREIRA, A. C. B. et al. Produção de biomassa por cultivos de cobertura do solo e produtividade do algodoeiro em plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 45, n. 6, p. 546-553, 2010.

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.

Finney, D. M., White, C. M., & Kaye, J. P. (2016). Biomass production and carbon/nitrogen ratio influence ecosystem services from cover crop mixtures. *Agronomy Journal*, 108(1), 39-52.

Florence, A. M.; L. G. Higley; R. A. Drijber; C. A. Francis and J. L. Lindquist. 2019. Cover crop mixture diversity, biomass productivity, weed suppression, and stability. *PloS one*, 14(3), e0206195.

Fridley, J. D.; J. J. Stachowicz; S. Naeem; D. F. Sax; E. W. Seabloom; M. D. Smith; T. J. Stohlgren; D. Tilman y B. Von Holle. 2007. The invasion paradox: reconciling pattern and process in species invasions. *Ecology* 88:3-17.

Fried, G.; E. Kazakou y S. Gaba. 2012. Trajectories of weed communities explained by traits associated with species response to management practices. *Agric Ecosyst Environ* 158: 147-155.

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.

García FO, Ciampitti IA, Baigorri HE. Manual del cultivo de soja. Buenos Aires. International Plant Nutrition Institute 2009; p. 180.

Gardner, B.R., R.B. Pearce y R.L. Mitchell. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State University Press. USA. 327 p·gs

Referencias bibliográficas

Garnier, E. y Navas, M. L. 2012. A trait-based approach to comparative functional plant ecology: concepts, methods and applications for agroecology. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 32, 365–399. doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s13593-011-0036-y>.

Gfeller, A.; Herrera, J. M.; Tschuy, F.; Wirth, J. (2018). Explanations for *Amaranthus retroflexus* growth suppression by cover crops. *Crop protection*, 104, 11-20.

Graham, P. L.; J. L. Steiner y A. F. Wiese. 1988. Light absorption and competition in mixed sorghum-pigweed communities. *Agronomy Journal*. Vol. 80, nº3.

Guglielmini, A. C.; Batlla, D. y R. L. Benech Arnold. 2003. Consumo nacional y valor económico de los principales productos agroquímicos utilizados durante el año 2001. Cap. 21 en el libro: *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. E. H. Satorre; R. L. Benech Arnold; G. A. Slafer; E. B. de la Fuente; D. J. Miralles; M. E. Otegui y R. Savin (Eds.)

Gunton RM, Petit S, Gaba S. 2011. Functional traits relating arable weed communities to crop characteristics. *J Veg Sci* 22:541-550.

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

Hanf, M. (1983). The arable weeds of Europe with their seedlings and seeds. *The arable weeds of Europe with their seedlings and seeds*. Kelly y Bruns, 1975

Harper, J. L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, Londres (Reino Unido).

Hassanien, M.K. Abdrabbo, M.A., Hashem, F.A. Khalil, A.A., and Refay, K.M. 2013. "Deficit irrigation

Hassannejad, S., y Mobli, A. R. 2014. Effects of some cover crops on light extinction and weed coverage in sunflower field. *Cercetari Agronomice in Moldova*, 47(2), 29-40.

Referencias bibliográficas

Heap, I. 2023. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. On line. Internet. Disponible en: www.weedscience.com

Holman, J. D.; A. J. Bussan; B. D. Maxwell; P. R. Miller y J. Mickelson. 2004. Spring wheat, canola, and sunflower response to Persian darnel (*Lolium persicum*) interference. *Weed Technology* 18, 509–520.

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.

Hooper DU, Chapin FS, Ewel JJ, Hector A, Inchausti P, Lavorel S, Lawton JH, Lodge DM, Loreau M, Naeem S, Schmid B, Setälä H, Symstad AJ, Vandermeer J, Wardle DA (2005) Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecol Monogr* 75:3–35.

Huel, D. G. y P. Hucl. 1996. Genotypic variation for competitive ability in spring wheat. *Plant Breeding* 115:325–329

Hurd, R.G., Biscoe, P.V. y Dennis, C. 1980. Opportunities for Increasing Crop Yields. Pitman

INTA, 2003. El INTA ante la preocupación por la sustentabilidad de largo plazo de la producción agropecuaria Argentina. Ed. INTA. Buenos Aires, 20pp.

Johansson, M. E. y P. A. Keddy. 1991. Intensity and asymmetry of competition between plant pairs of different degrees of similarity: an experimental study of two guilds of wetland plants. *Oikos* 60: 27-34.

Kelton, J., Price, A. J., & Mosjidis, J. (2012). Allelopathic weed suppression through the use of cover crops. *Weed Control*, 2, 978-953.

Kropff M.J., van Laar H.H. 1993. Modeling crop-weed interactions. CAB International, Wallingford, UK.

Kruidhof, H. M.; L. Bastiaans y M. J. Kropff. 2009. Cover crop residue management for optimizing weed control. *Plan Soil*, 318: 169-184.

Referencias bibliográficas

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., Obour, A., Jha, P., Liu, R., Manuchehri, M. R., Dille, J. A., ... & Stahlman, P. W. (2020). Integrating cover crops for weed management in the semiarid US Great Plains: opportunities and challenges. *Weed Science*, 68(4), 311-323.

Kunz, C, Sturm, D. J., Varnholt, D., Walker, F., & Gerhards, R. (2016). Allelopathic effects and weed suppressive ability of cover crops. *Plant, soil and environment*, 62(2), 60-66.

Lawley, Y. E; J. R. Teasdale and R. R. Weil. 2012. The mechanism for weed suppression by a forage radish cover crop. *Agron J* 104:205–214

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.

Leguizamón, E.S; Suárez, C.A. y Fernández, O.A. 2014. Ecología de malezas I: poblaciones vegetales. Reproducción, estrategias adaptativas. Cap. V del libro *Malezas e Invasoras de la Argentina*, tomo I: Ecología y Manejo. O.A. Fernández, E.S. Leguizamón, H.A. Acciaresi (Eds.)

Lemerle, D.; B. Verbeek; R. Cousens y N. Coombes. 1996. The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. *Weed Research* 36: 505-513.

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.

Referencias bibliográficas

Liebman, M., Basche, A. D., Nguyen, H. T., y Weisberger, D. A. 2021. How can cover crops contribute to weed management? A modelling approach illustrated with rye (*Secale cereale*) and *Amaranthus tuberculatus*. *Weed Research*.

Lindquist, J. L.; B. D. Maxwell; D. D. Buhler y J. L. Gunsolus. 1995. Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) recruitment, survival, seed production and interference in soybean (*Glycine max.*) *Weed Science* 43: 226-232.

Loomis, R. S., Williams, W. A., Duncan, W. G., Dovrat, A., & Nunez, F. A. (1968). Quantitative descriptions of foliage display and light absorption in field communities of corn plants 1. *Crop Science*, 8(3), 352-356.

Loreau M, Naeem S, Inchausti P, Bengtsson J, Grime JP, Hector A, Hooper DU, Huston MA, Raffaelli D, Schmid B, Tilman D, Wardle DA (2001) Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science* 294: 804–808.

Lutman, P. J. W. 1992. Prediction of the competitive effects of weeds on the yields of several spring-sown arable crops. IXhne Colloque International sur la Biologie Mauvaises flerhes. Diion. Paris. France: ANPP. Pp. JJ7-45.

MacArthur, R. y R. Levins. 1967. The limiting similarity, convergence, and divergence of coexisting species. *Am Nat* 101: 377-385.

MaClaren, C.; Swanepoel, P.; Bennett, J.; Wright, J. y Dehnen-Schmutz, K. 2019. Cover crop biomass production is more important than diversity for weed suppression. *Crop Sci* 59:733–748

MARIN, C. y WEINER, J. (2014) Effects of density and sowing pattern on weed suppression and grain yield in three varieties of maize under high weed pressure. *Weed Research* 54, 467–474.

Martinez, J. P., Barbieri, P. A., Sainz Rozas, H. R., & Echeverria, H. E. (2013). Inclusion of cover crops in cropping sequences with soybean predominance in the southeast of the Humid Argentine Pampa.

Martinez-Feria, R. A., Dietzel, R., Liebman, M., Helmers, M. J., y Archontoulis, S.

Referencias bibliográficas

V. (2016). Rye cover crop effects on maize: A system-level analysis. *Field Crops Research*, 196, 145-159.

Magyp, 2023. Ministerio de Agricultura, Ganaderia y Pesca. Disponible en: <https://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>.

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

Mischler, R., Duiker, S. W., Curran, W. S., & Wilson, D. (2010). Hairy vetch management for no-till organic corn production. *Agronomy Journal*, 102(1), 355-362.

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.

Murungu, F. S., Chiduza, C., Muchaonyerwa, P., y Mnkeni, P. N. S. (2011). Decomposition, nitrogen and phosphorus mineralization from winter-grown cover crop residues and suitability for a smallholder farming system in South Africa. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 89(1), 115-123.

Mwendwa, J. M., Brown, W. B., Weidenhamer, J. D., Weston, P. A., Quinn, J. C., Wu, H., & Weston, L. A. (2020). Evaluation of commercial wheat cultivars for canopy architecture, early vigour, weed suppression, and yield. *Agronomy*, 10(7), 983.

Naher, Q.;Hossain, M. A. (2021). Light Interception and Productivity of Maize Intercropped With Legumes in Kharif Season. *Bangladesh Agronomy Journal*, 24(2), 137-149.

Referencias bibliográficas

Narwal, S. S. y Haouala, R. 2013. Role of allelopathy in weed management for sustainable agriculture. In: Cheema, Z.A., Farooq, M., Wahid, A. (Eds.), *Allelopathy*. Springer, Berlin Heidelberg, pp. 217e249.

Navarrete, D. M.; G. C. Gallopin; M. Blanco; M. Díaz-Zorita; D. O. Ferraro; H. Herzer; P. Laterra; M. R. Murmis; G. P. Podestá; J. Rabinovich; E. H. Satorre; F. Torres y E. F. Viglizzo. 2009. Multi-causal and integrated assessment of sustainability: the case of agriculturization in the Argentine Pampas. *Environment, Development and Sustainability*, 11: 621-638

Navas, M. L. 2012. Trait-based approaches to unravelling the assembly of weed communities and their impact on agroecosystem functioning. *Weed Res* 52: 479-488.

Nord, E. A.; W. C. Curran; D. A. Mortensen; S. B. Mirsky y B. P. Jones. 2011. Integrating multiple tactics for managing weeds in high residue no-till soybean. *Agronomy Journal* 103: 1542–1551.

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.

Norsworthy, J. K.; Ward, S. M.; Shaw, D. R.; Llewellyn, R. S.; Nichols, R. L.; Webster, T. M.; Bradley, K. W.; Frisvold, G.; Powles, S. B.; Burgos, N. R.; Witt, W. W.; y Barrett, M. 2012. Reducing the Risks of Herbicide Resistance: Best Management Practices and Recommendations. *Weed science 2012 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.

Oueslati, O., Elhoula, G., & Moncef, B. H. 2022. Allelopathic Potential of Sorghum Residues in Control of Two Weeds, the Great-Brome and Milk-Thistle. *Canadian Journal of Agriculture and Crops*, 7(1), 11-19.

Owen, M. D. K. 2008. Weed species shifts in glyphosate-resistant crops. *Pest Manag Sci* 64:377-387.

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.

Physiological Ecology. Springer-Verlag, New York, pp. 299–351.

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

Principiano, M. A. y Acciaresi, H. A. 2018. Estado de situación del uso de herbicidas en cultivos extensivos agrícolas de la región noroeste de la provincia de Buenos Aires y el impacto ambiental asociado. Disponible en: <https://inta.gov.ar/documentos/estado-de-situacion-del-uso-de-herbicidas-en-cultivos-extensivos-agricolas-de-la-region-noroeste-de-la-provincia-de-buenos-aires-y-el-impacto-ambiental-asociado>

Puricelli, E. y D. Tuesca. 2005. Weed density and diversity under glyphosate-resistant crop sequences. *Crop Protection* 24, 533-542.

Rai, T.; Lee, N.; Williams, M., II; Davis, A.; Villamil, M.B.; Dokoohaki, H. Probabilistic Assessment of Cereal Rye Cover Crop Impacts on Regional Crop Yield and Soil Carbon. *Agriculture* 2023, 13, 176. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010176>

Reberg-Horton, S.C., J.M. Grossman, T.S. Kornecki, A.D. Meijer, A.J. Price, G.T. Place, and T.M. Webster. 2012. Utilizing cover crop mulches to reduce tillage in organic

systems in the southeastern USA. *Renew. Agric. Food Syst.* 27:41–48. doi:10.1017/S1742170511000469

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.

Regehr, D.L. y Bazzaz, F.A. (1979). The population dynamics of *Erigeron canadensis*, a successional winter annual. *Journal of Ecology* 67:923-933.

Rollin, M.J. y Tan, D. (2006). Fleabane: first report of glyphosate resistant flax-leaf fleabane from western Darling Downs. Revisado el: 1 Agosto. 2011. Online: http://www.weeds.crc.org.au/documents/fleabane_proceedings%20_mar_04.pdf.

Rueda-Ayala, V.; Jaeck, O. y Gerhards, R. 2015. Investigation of biochemical and competitive effects of cover crops on crops and weeds. *Crop Protection*, 71, 79-87.

Ruis, S. J., Blanco-Canqui, H., Jasa, P. J., Ferguson, R. B., & Slater, G. (2018). Impacts of early-and late-terminated cover crops on gas fluxes. *Journal of Environmental Quality*, 47, 1426–1435. <https://doi.org/10.2134/jeq2018.02.0066>

Ruis, S. J., Blanco-Canqui, H., Creech, C. F., Koehler-Cole, K., Elmore, R. W., & Francis, C. A. (2019). Cover crop biomass production in temperate agroecozones. *Agronomy Journal*, 111(4), 1535-1551.

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.

Sagar, G. R. y A. M. Mortimer. 1976. An approach to the study of the population dynamics of plants with special reference to weeds. *Ann. Appl. Biol.* 1: 1 -47.

SAGPyA, 2006. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. On line. Internet. Disponible en: <http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/>

Sainju, U. M., Singh, B. P., Whitehead, W. F., & Wang, S. (2007). Accumulation and crop uptake of soil mineral nitrogen as influenced by tillage, cover crops, and nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*, 99(3), 682-691.

Referencias bibliográficas

Sainju, U. M., Whitehead, W. F., Singh, B. P., & Wang, S. (2006). Tillage, cover crops, and nitrogen fertilization effects on soil nitrogen and cotton and sorghum yields. *European Journal of Agronomy*, 25(4), 372-382.

Sakamoto, C. M., & Shaw, R. H. (1967). Light Distribution in Field Soybean Canopies 1. *Agronomy Journal*, 59(1), 7-9.

Sakamoto, C. M., & Shaw, R. H. (1967). Light Distribution in Field Soybean Canopies 1. *Agronomy Journal*, 59(1), 7-9.

SANTOS, F. C. et al. Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no cerrado baiano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 1855-1861, 2014.

Satorre, E. H. y Ghersa, C. M. 1987. Relationship between canopy structure and weed biomass in different winter crops. *Field Crops Research*, 17(1), 37-43.

Satorre, E. H. y R. W. Snaydon. 1992. A comparison of root and shoot competition between spring cereals and *Avena fatua* L. *Weed Research* 32: 45-55.

Scursoni, J. A., Gigón, R., Martín, A. N., Vigna, M., Leguizamón, E. S., Istilart, C., & López, R. (2014). Changes in weed communities of spring wheat crops of Buenos Aires province of Argentina. *Weed Science*, 62(1), 51-62.

Scursoni, J. A.; F. Forcella y J. Gunsolus. 2007. Weed scapes and delayed weed emergence in glyphosate- resistant soybean. *Crop Protection* 26, 212-218.

Scursoni, J.A. y Arnold, R.B. (2002). Nitrogen fertilization timing on demographic processes. *Weed Science*, 50:616–621. 202.

Scursoni, J.A.; Arnold, R.B.; Hirchoren, H. (1999). Demography of Wild Oat in Barley Crops: Effect of Crop, Sowing Rate, and Herbicide Treatment. Published May, 1999.

Scursoni, J.A. y Satorre, E. (2010). Glyphosate management strategies, weed diversity and soybean yield in Argentina. *Crop Protection* 29(9):957–962 (2010)

Referencias bibliográficas

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.

Seavers, G. P. y Wright, K. J. 1999. Crop canopy development and structure influence weed suppression. *Weed Research*, 39(4), 319-328.

Shaner, D. L., & Beckie, H. J. (2014). The future for weed control and technology. *Pest management science*, 70(9), 1329-1339.

Shearin, A. F.; S. C. Reberg-Horto y E. R. Gallandt. 2008. Cover crop effects on the activity-density of the weed seed predator *Harpalus rufipes* (Coleoptera: Carabidae). *Weed Sci* 56: 442-450.

Shekoofa, A.; Safikhan, S.; Raper, T. B.; Butler, S. A. (2020). Allelopathic impacts of cover crop species and termination timing on cotton germination and seedling growth. *Agronomy*, 10(5), 638.

Shelton, A. M. y E. Badenes-Perez. 2006. Concepts and applications of trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology* 51:285-308.

Shrestha, A., Hembree, K. y Wright, S. 2008. Biology and management of horseweed and hairy fleabane in California. University of California, ANR Publication 8314:1-9.

Smith, R. G. 2006. Timing of tillage is an important filter on the assembly of weed communities. *Weed Sci* 54:705-712.

Smith, R. G. y K. L. Gross. 2007. Assembly of weed communities along a crop diversity gradient. *J Appl Ecol* 44: 1046-1056.

Smith, R. G., Atwood, L. W., Pollnac, F. W., & Warren, N. D. (2015). Cover-crop species as distinct biotic filters in weed community assembly. *Weed Science*, 63(1), 282-295.

Smith, R. G.; D. A. Mortensen y M. R. Ryan. 2010. A new hypothesis for the functional role of diversity in mediating resource pools and weed-crop competition in agroecosystems. *Weed Res.* 50: 37-48.

Referencias bibliográficas

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.

Snapp, S. S.; S. M. Swinton; R. Labarta; D. Mutch; J. R. Black; R. Leep; J. Nyiraneza y K. O'Neil. 2005. Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches. *Agron J* 97:322-332.

Soares, D. O. P., Pinto, K. G. D., da Gama, L. A., Ferreira, C. C., Bhowmik, P. C., & Albertino, S. M. F. (2021). Physical Properties of Soil and Glyphosate Residue as a Function of Cassava Weed Management by Cover Crops in the Amazon Ecosystem. *HortScience*, 56(9), 1053-1058.

Sosnoskie, L. M., Herms, C. P., y Cardina, J. 2006. Weed seedbank community composition in a 35-yr-old tillage and rotation experiment. *Weed science*, 54(2), 263-273.

Steinmaus, S.; Elmore, C. L.; Smith, R. J.; Donaldson, D.; Weber, E. A.; Roncoroni, J. A. y Miller, P. R. M. 2008. Mulched cover crops as an alternative to conventional weed management systems in vineyards. *Weed research*, 48(3), 273-281.

[Stoate, C.](#); N. D. [Boatman](#); R. J. [Borrallho](#); [C. Rio Carvalho](#); [G. R.](#) de Snoo y P. [Eden](#). 2001. Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management* 63: 337-365.

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.

Storkey, J.; S. R. Moss y J. W. Cussans. 2010. Using assembly theory to explain changes in weed flora in response to agricultural intensification. *Weed Sci* 58:39-46.

Teasdale J.R., 1998a - Influence of corn (*Zea mays*) population and row spacing on corn and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) yield. *Weed Sci.*, 46: 447-453.

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

Referencias bibliográficas

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. y C. L. Mohler. 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., Beste, C. E., & Potts, W. E. (1991). Response of weeds to tillage and cover crop residue. *Weed Science*, 39(2), 195-199.

Teasdale, J. R., Devine, T. E., Mosjidis, J. A., Bellinder, R. R., & Beste, C. E. (2004). Growth and development of hairy vetch cultivars in the northeastern United States as influenced by planting and harvesting date. *Agronomy Journal*, 96(5), 1266-1271.

Teasdale, J. R., y Labrada, R. (2004). Principios y prácticas para el uso de cultivos de cobertura en el manejo de sistemas de malezas.

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.

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.

Thapa, R., Tully, K. L., Cabrera, M., Dann, C., Schomberg, H. H., Timlin, D., ... y Mirsky, S. B. (2021). Cover crop residue moisture content controls diurnal variations in surface residue decomposition. *Agricultural and Forest Meteorology*, 308, 108537.

Thomas, P. E. L. y J. G. S. Allison. 1975. Competition between maize and *Rottboellia exaltata* L. *Journal of Agricultural Science* 84: 305-312.

Referencias bibliográficas

Tilman D (1999) The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. *Ecology* 80:1455–1474.

Tilman, D. 1999. Global environmental impacts of agricultural expansion: The need for sustainable and efficient practices. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96: 5995-6000.

TORRES, J. L. R. et al. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 609-618, 2005.

Travis, J. M., & Dytham, C. (1999). Habitat persistence, habitat availability and the evolution of dispersal. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 266(1420), 723-728.

Trenbath, B.R. 1976. Plant interactions in mixed crop communities. pp. 129-169. En: *Multiple cropping*, R.E. Papendick, P.A. Sanchang y G.B. Triplett (Eds.). A.S.A , Madison, WI.

Trigo, E. J. y E. J. Cap. 2006. Diez Años de Cultivos Genéticamente Modificados en la Agricultura Argentina. Fundación producir conservando, Buenos Aires, diciembre de 2006.

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.

Vasilikiotis, C.; Gertsis, A.; Zoukidis, K.; Nasrallah, A. (2015). Multi-species Cover Crop Biomass Evaluation Using a Hand-held Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Sensor and Photosynthetically Active Radiation (PAR) Sensor. In HAICTA (pp. 644-650).

Verdú, A. M. C. y M. T. Mas. 2006. Cohort dependent seedling recruitment, survival and reproductive capacity of *Tribulus terrestris*. *Weed Research* 46, 371-378.

Viglizzo, E. F.; A. J. Pordomingo; M. G. Castro y F. A. Lértora. 2002. La sustentabilidad ambiental de la agricultura pampeana ¿oportunidad o pesadilla? *Ciencia hoy* 12 (68).

Referencias bibliográficas

Violle, C.; D. R. Nemergut; Z. Pu y L. Jiang. 2011. Phylogenetic limiting similarity and competitive exclusion. *Ecol Lett* 14:782-787.

Vitalini, S.; Orlando, F.; Vaglia, V.; Bocchi, S.; Iriti, M. (2020). Potential role of *Lolium multiflorum* Lam. in the management of rice weeds. *Plants*, 9(3), 324.

Vivian, R.; Gomes, J.R.; Chamma, H.M.; Silva, A.A.; Fagan, E.B. y Ruiz, S.T. (2008). Efeito da luz e da temperatura na germinacao de *Alternanthera tenella*, *Conyza bonariensis* e *Digitaria ciliaris*. *Planta Daninha* 26:507-513.

Waggoner, M. G. (1989). Cover crop management and nitrogen rate in relation to growth and yield of no-till corn. *Agronomy Journal*, 81(3), 533-538.

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.

Weigelt, A. y P. Jolliffe. 2003. Indices of plant competition. *J Ecol* 91:707-720.

Weiher, E. y P. A. Keddy. 1999. Assembly rules as general constraints on community composition. Pages 251-271 *in* Weiher, E.; Keddy, P.A., eds. *Ecological Assembly rules: Perspectives, Advances, Retreats*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Wiggins MS, Hayes RM, Steckel LE (2016) Evaluating cover crops and herbicides for glyphosate resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) control in cotton. *Weed Technol* 30:415–422

Wu, H.; Walker, S.; Rollin, M.; Yuen Tan, D.; Robinson, G. y J.Werth. (2007). Germination, persistence and emergence of flaxleaf fleabane (*Conyzacariensis* [L.] Cronquist). *Weed Biology and Management*. (7): 192-199.

Yamashita, O.M. y Guimarães, S.C. (2010). Germinação das sementes de *Conyza canadensis* e *Conyza bonariensis* em função da disponibilidade hídrica no substrato. *Planta Daninha* 28:309:317.

Referencias bibliográficas

Yasin, M.; Rosenqvist, E. y Andreassen, C. 2017. The effect of reduced light intensity on grass weeds. *Weed Science*, 65(5), 603-613.

Yasin, M.; Rosenqvist, E.; Jensen, S.M.; Andreassen, C. (2019). The importance of reduced light intensity on the growth and development of six weed species. *Weed Res.* 59(2):130-144.

Zadoks, J. C.; Chang, T. T. y Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed research*, 14(6), 415-421.

Zambrano Navea, C. L. 2013. Demografía y dinámica poblacional de *Conyza bonariensis* (L.) Cronq. Tesis doctoral.

Zambrano Navea, C.; Bastida, F. y Gonzalez-Andujar, J.L. 2018. Demography of *Conyza bonariensis* (Asteraceae) in a ruderal Mediterranean habitat. *Phytoparasitica*, 46(2), 263-272.

Zarrili, A. 2008. El proceso de agriculturización en las regiones extrapampeanas argentinas: insostenibilidad y límites de un modelo de transformación. XII Congreso de historia agraria. 13-14-15 de marzo de 2008. Córdoba, Argentina.

Zimdahl, R. L. 2004. Definition of plant competition. En: Zimdahl R. L. (editor). *Weed-Crop Competition*. 2nd Ed. Blackwell Scientific Pub., Ames (EEUU). Pp: 6-9.