



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TESIS DE MAGÍSTER EN CIENCIAS AGRARIAS

Cultivos de cobertura como estrategia agroecológica para el manejo de malezas en sistemas extensivos del centro-sur bonaerense

Micaela Malaspina

BAHIA BLANCA

ARGENTINA

2022

PREFACIO

Esta Tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Magíster en Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el ámbito de la Chacra Experimental Integrada Barrow (MDA-INTA) durante el período comprendido entre el 13/08/2019 y el 13/04/2022, bajo la dirección del Dr. Guillermo R. Chantre y la codirección del Dr. Marcos E. Yannicari (CONICET-INTA).

Ing. Agrónoma Micaela Malaspina

DNI 37056114



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

Secretaría General de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el/....../....., mereciendo la calificación de(.....)

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente al Dr. Guillermo Chantre, por la dirección de esta tesis, el asesoramiento y la paciencia durante todo este proceso de aprendizaje.

Al codirector Dr. Marcos Yannicari, por su generosidad, guía, ayuda y acompañamiento diario que permitió la realización de este trabajo.

Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) por permitirme a través de su programa de formación realizar esta maestría y desarrollarme en el ámbito laboral.

A Chacra Experimental Integrada Barrow por brindarme todo lo necesario para que pueda realizar mis estudios de posgrado.

A la Universidad del Sur por la formación académica brindada de grado y posgrado.

Al Lic. Valdemar Delhey, por su gran ayuda con el análisis estadístico de los datos de esta tesis.

Al Ing. Franco Molinari, por su aporte y apoyo desinteresado para la realización de los análisis de la dinámica de emergencia de diferentes especies maleza a partir de la estimación del tiempo hidrotermal.

A mis compañeros de la chacra por apoyarme, estar atentos a mi progreso con este trabajo y por el ánimo a seguir adelante. En especial, a la Ing. Natalia Carrasco por acompañarme en la dirección de la beca de formación INTA y a la Lic. Andrea Scavone por transitar el proceso de becarias juntas y compartir tantos momentos de estudio.

A mi familia, por la educación brindada, el cariño y el apoyo incondicional. Especialmente a Nico, por ser mi compañero y ayudarme a crecer siempre.

A mis amigos, en particular Cami, Vicky, Lucas y Sofi con los que pude compartir parte de la cursada del posgrado, por el apoyo, la escucha y el acompañamiento en los momentos de estudio.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo I. INTRODUCCIÓN GENERAL, MARCO TEÓRICO Y DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.. 1

1.	Introducción	1
1.1	Métodos de control de malezas	1
1.3	Cultivos de cobertura	3
1.4	Cultivos de cobertura como estrategia en el manejo integrado de malezas.....	4
1.5	Mezclas simples VS complejas	6
1.6	Cultivos de Cobertura para el manejo de malezas en el centro-sur de Buenos Aires	7
2.	Objetivo general.....	8
3.	Hipótesis y objetivos específicos.....	8

Capítulo II. DESCRIPCION DEL SITIO EXPERIMENTAL y METODOLOGIA GENERAL..... 10

1.	Sitio experimental	10
1.1	Variables meteorológicas y edáficas	10
2.	Diseño experimental	12
3.	Manejo agronómico de los CC	15
4.	Determinaciones experimentales sobre malezas y CC	16
4.1	Magnitud y frecuencia de emergencia a campo.....	17
4.2	Índice de diversidad	18
4.3	Estimación del tiempo hidrotermal (HTT) para diferentes especies de malezas.....	18
4.4	Evaluación de cobertura y biomasa	20
5.	Análisis estadístico	20

Capítulo III. DINÁMICA DE EMERGENCIA DE MALEZAS OTOÑO-INVERNO- PRIMAVERALES BAJO DIFERENTES MEZCLAS DE CULTIVOS DE COBERTURA 22

1.	Introducción	22
----	--------------------	----

2.	Hipótesis.....	24
3.	Objetivos	24
4.	Resultados y discusión	25
4.1	Caracterización de la comunidad de malezas	25
4.2	Abundancia.....	27
4.3	Periodicidad de emergencia de malezas O-I-P.....	31
4.4	Magnitud de emergencia de malezas O-I-P	36
4.5	Magnitud de emergencia por especie de maleza	37
4.6	Tiempo medio de emergencia (TME) de malezas O-I-P	39
4.7	Tiempo medio de emergencia (TME) de especies de malezas	41
4.8	Emergencia de malezas O-I-P en diferentes momentos del ciclo de CC.....	43
4.9	Emergencia por especie de maleza en diferentes momentos del ciclo de CC	47
4.10	Diversidad.....	48
4.11	Riqueza específica	49
4.12	Dinámica de la emergencia por especie de maleza	49
5.	Conclusiones.....	57
Capítulo IV. SUPRESIÓN DE MALEZAS: INFLUENCIA DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y COBERTURA VEGETAL.....		58
1.	Introducción	58
2.	Hipótesis.....	60
3.	Objetivos	60
4.	Resultados y discusión	61
4.1	Producción de biomasa aérea	61
4.2	Cobertura vegetal a los 60 DDS.....	65
4.3	Biomasa de malezas O-I-P	76

4.4	Biomasa por especie de maleza	80
4.5	Relaciones entre los parámetros evaluados en las mezclas de CC y malezas.....	81
5	Conclusiones.....	91
Capítulo V. EFECTOS DE LA COMPOSICIÓN ESPECÍFICA DE CULTIVOS DE COBERTURA EN LA COMUNIDAD DE MALEZAS.....		92
1.	Introducción	92
2.	Hipótesis.....	94
3.	Objetivo.....	94
4.	Resultados y discusión	94
4.1	Tiempo medio de emergencia (TME).....	94
4.2	Magnitud de emergencia (ME).....	97
4.3	Emergencia de malezas en diferentes momentos del ciclo de CC.....	97
4.4	Diversidad.....	101
4.5	Riqueza de especies	101
4.6	Biomasa de malezas	102
5.	Conclusiones.....	103
Capítulo VI. CONCLUSIÓN		104
BIBLIOGRAFÍA.....		106
ANEXO		118
I.	Caracterización química del lote previo a la siembra de las mezclas de CC	118
II.	Distribución porcentual.....	118
III.	Emergencia por especie de maleza en diferentes momentos del ciclo de CC.....	120
IV.	Diversidad.....	120
V.	Riqueza específica	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones climáticas imperantes durante el ciclo de los CC en 2019 (19) y 2020 (20): temperaturas (°C) máxima (T° máx), mínima (T mín) y media (T° media) promedio y número de días con helada junto con los valores históricos para la zona de cada parámetro.....	12
Tabla 2. Cantidad de recuentos de emergencia de malezas en los CC y testigos, fecha de realización, días después de la siembra (DDS) y momento del ciclo en el que corresponden, para el año 2019 y 2020.....	17
Tabla 3. Frecuencia promedio (%) de aparición y abundancia (%) de las diferentes especies de malezas relevadas en todas las mezclas de CC y testigos para 2019 (labranza convencional) y 2020 (siembra directa).....	26
Tabla 4. Emergencia de malezas O-I-P y dicotiledóneas (pl.m ⁻²) en CC y testigos en los diferentes momentos de muestreo a partir de mediados de ciclo.....	46
Tabla 5. Resultados del análisis químico de suelo (pH, materia orgánica, nitratos y fósforo) para el año 2019 y 2020.....	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica de la CEI Barrow, Tres Arroyos, Buenos Aires, Argentina.	10
Figura 2. Precipitaciones registradas durante el ciclo de los CC para 2019 y 2020 y valores históricos para la zona de estudio.....	11
Figura 3. Diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones	14
Figura 4. Tipos de CC evaluados: mezclas simples y complejas y testigos: limpio ó enmalezado.....	14
Figura 5. Implantación de los CC bajo siembra convencional en 2019 y emergencia de cultivos sembrados en directa en 2020.....	15
Figura 6. Residuos de CC días después del secado químico en 2019 y estado al momento de la aplicación química en 2020.....	16
Figura 7. Marco fijo donde se realizó el recuento quincenal de malezas durante todo el ciclo de los CC	16
Figura 8. Recolección de biomasa de los CC y malezas en la unidad experimental y pesaje para la determinación de MS.....	20
Figura 9. Especies de malezas con mayor abundancia (%) y frecuencia de aparición (%) en los CC.....	26
Figura 10. Abundancia (%) de especies de malezas a principios del ciclo para el año 2019 y 2020 en las diferentes mezclas de CC.....	28
Figura 11. Abundancia (%) de especies de malezas a mediados del ciclo para el año 2019 y 2020 en las diferentes mezclas de CC.....	29
Figura 12. Abundancia (%) de especies de malezas a fin del ciclo para el año 2019 y 2020 en las diferentes mezclas de CC	30
Figura 13. Periodicidad de emergencia de malezas O-I-P en diferentes momentos del ciclo en 2019 para los testigos y CC	31
Figura 14. Periodicidad de emergencia de malezas O-I-P en diferentes momentos del ciclo en 2020 para los testigos y CC	32
Figura 15. Periodicidad de emergencia de malezas O-I-P en los diferentes momentos del ciclo en 2019 para las distintas mezclas de CC evaluadas.....	34
Figura 16. Periodicidad de emergencia de malezas O-I-P en diferentes momentos del ciclo en 2020 para las distintas mezclas de CC evaluadas.....	35

Figura 17. Magnitud de emergencia (pl.m ⁻²) de malezas O-I-P: dicotiledóneas y gramíneas en testigos y las diferentes mezclas para los años 2019 y 2020.....	37
Figura 18. Magnitud de emergencia (pl.m ⁻²) de diferentes especies de malezas en las mezclas de CC y testigos para el año 2019 y 2020.....	39
Figura 19. TME (días) promedio de las diferentes mezclas y testigos para malezas O-I-P, dicotiledóneas y gramíneas en el año 2019 y 2020	41
Figura 20. TME (días) promedio de diferentes especies de malezas en las mezclas de CC y testigos para el año 2019 y 2020.....	42
Figura 21. Emergencia de malezas (pl.m ⁻²) O-I-P y dicotiledóneas a principios y mediados de ciclo en 2019 para las distintas mezclas y los testigos.....	45
Figura 22. Emergencia de malezas (pl.m ⁻²) O-I-P y dicotiledóneas a principios, mediados y fin de ciclo, para las distintas mezclas de CC y testigos	47
Figura 23. Dinámica de la emergencia de <i>Lolium spp.</i> representada por una función logística en función del tiempo hidrotérmal acumulado (HTT) en la MC y MS Avena + <i>V. villosa</i> , MC Avena + <i>V. sativa</i> y Centeno + <i>V. villosa</i> y la MS Centeno + <i>V. sativa</i> para 2019.....	50
Figura 24. Dinámica de la emergencia de <i>Lolium spp.</i> representada por una función logística en función del tiempo hidrotérmal acumulado (HTT) en la MC Centeno + <i>V. villosa</i> para 2019 y 2020	50
Figura 25. Dinámica de la emergencia de <i>P. aviculare</i> representada por una función logística en función del tiempo hidrotérmal acumulado (HTT) para 2019 y 2020 incluyendo todas las mezclas de CC y testigos evaluados.....	51
Figura 26. Dinámica de la emergencia de <i>G. spicata</i> representada por una función logística en función del tiempo hidrotérmal acumulado (HTT) en la MS y MC Avena + <i>V. sativa</i> para 2019 y 2020.....	52
Figura 27. Dinámica de la emergencia de <i>G. spicata</i> representada por una función logística en función del tiempo hidrotérmal acumulado (HTT) en la MC ó MS Avena + <i>V. sativa</i> y TL para 2019 y 2020.....	52
Figura 28. Dinámica de la emergencia de <i>A. arvensis</i> representada por una función logística en función del tiempo hidrotérmal acumulado (HTT) en: Centeno + <i>V. sativa</i> y TE, MC y MS de Avena ó Centeno + <i>V. villosa</i> y, las MC Centeno ó Avena + <i>V. sativa</i> , TL y Avena + <i>V. villosa</i> para 2019....	54
Figura 29. Dinámica de la emergencia de <i>A. arvensis</i> representada por una función logística en función del tiempo hidrotérmal acumulado (HTT) en la MS Avena + <i>V. sativa</i> , MC Centeno + <i>V. sativa</i> , TE y TL para 2019 y 2020	54

Figura 30. Dinámica de la emergencia de <i>C. sumatrensis</i> representada por una función logística en función del tiempo hidrotermal acumulado (HTT) para 2019 y 2020 incluyendo todas las mezclas de CC y testigos evaluados.....	55
Figura 31. Dinámica de la emergencia de <i>C. sumatrensis</i> representada por una función logística en función del tiempo hidrotermal acumulado (HTT) en MC y MS conformadas por: Avena + <i>V. villosa</i> ó <i>V. sativa</i> , Centeno + <i>V. villosa</i> ó <i>V. sativa</i> , testigo enmalezado y testigo limpio para 2019 y 2020	56
Figura 32. Producción de biomasa aérea total (kg de MS. ha ⁻¹) de las diferentes mezclas y de cada componente en 2019	62
Figura 33. Daños por heladas observados en hojas de <i>V. sativa</i> con escaso crecimiento a principios de agosto de 2019.....	62
Figura 34. Porcentaje (%) de gramínea y leguminosa ó crucífera registrado en las mezclas de CC..	63
Figura 35. Producción de biomasa aérea total (kg de MS. ha ⁻¹) y de cada componente de las diferentes mezclas en 2020	64
Figura 36. Porcentaje (%) de gramínea y leguminosa registrado en las mezclas de CC..	64
Figura 37. Cobertura vegetal (%) a los 60 DDS de las diferentes mezclas en 2019	66
Figura 38. Cobertura vegetal (%) a los 60 DDS del 2019 y producción de biomasa (kg MS. ha ⁻¹) de las distintas mezclas	66
Figura 39. Fotografías de las distintas mezclas de CC y estimación de la CV (%) mediante el procesamiento con el software CobCal v 2.1.....	67
Figura 40. Cobertura vegetal (%) a los 60 DDS de las diferentes mezclas en 2020	68
Figura 41. Cobertura vegetal (%) a los 60 DDS en función del porcentaje (%) de gramínea y leguminosa en las mezclas.....	68
Figura 42. Fotografías de las distintas mezclas de CC a los 60 DDS del 2020 y estimación de la CV (%) mediante el procesamiento con el software CobCal v 2.1	69
Figura 43. Cobertura vegetal (%) al final del ciclo de las diferentes mezclas de CC en 2019.	71
Figura 44. Cobertura vegetal (%) al final del ciclo en función de la cobertura vegetal registrada a los 60 días después de la siembra (DDS) de las distintas mezclas en 2019.....	71
Figura 45. Fotografías de las distintas mezclas de CC a fin de ciclo de 2019 y estimación de la CV (%) mediante el procesamiento con el software CobCal v 2.1	72

Figura 46. Cobertura vegetal (%) al final del ciclo de las diferentes mezclas en 2020.	73
Figura 47. Cobertura vegetal (%) a fin de ciclo en función del porcentaje (%) de: gramínea para el año 2019 y 2020, leguminosa y crucífera para el año 2019 y 2020, en las diferentes mezclas.....	74
Figura 48. Fotografías de las distintas mezclas de CC a fin de ciclo de 2020 y estimación de la CV (%) mediante el procesamiento con el software CobCal v 2.1	75
Figura 49. Biomasa promedio (g.m^{-2}) de malezas O-I-P: dicotiledóneas y gramíneas (a fin del ciclo en los testigos y las diferentes mezclas evaluadas en el año 2019 y 2020.....	78
Figura 50. Presencia de malezas en TE, TL y en el CC a fin de ciclo del 2019 y 2020.....	79
Figura 51. Presencia de <i>A. arvensis</i> en TE, CC y TL a fin de ciclo del 2019	80
Figura 52. Biomasa de <i>A. arvensis</i> (g.m^{-2}) en las diferentes mezclas y testigos.....	80
Figura 53. Presencia de <i>P. aviculare</i> en TL, TE y CC a fin del ciclo del 2020.....	81
Figura 54. TME (días) de <i>P. aviculare</i> en función de la cobertura vegetal (%) a los 60 DDS.....	82
Figura 55. TME (días) de malezas O-I-P, dicotiledóneas y la especie <i>C. sumatrensis</i> en función de la cobertura vegetal (%) a fin de ciclo.....	83
Figura 56. TME de <i>C. sumatrensis</i> en función del porcentaje (%) de gramínea en las mezclas y ME de la especie en función de la producción de biomasa de los CC.....	83
Figura 57. HTT50 ($\text{MPa}^{\circ}\text{Cd}$) en función del TME (días) para <i>C. sumatrensis</i> y <i>A. arvensis</i> y, HTT50 de <i>C. sumatrensis</i> y <i>Lolium spp.</i> en función de la cobertura vegetal (%) de los CC	85
Figura 58. Biomasa (g.m^{-2}) de <i>A. arvensis</i> , <i>Lolium spp.</i> y <i>G. spicata</i> en función de la tasa de emergencia, HTT50 ($\text{MPa}^{\circ}\text{Cd}$) y % de leguminosa de las mezclas, respectivamente para cada especie y, ME (pl.m^{-2}) de <i>G. spicata</i> en función del HTT50.....	85
Figura 59. TME (días) de malezas O-I-P, dicotiledóneas, <i>P. aviculare</i> y <i>C. sumatrensis</i> en función de la cobertura vegetal (%) a los 60 DDS de los CC.....	86
Figura 60. TME (días) de malezas O-I-P, dicotiledóneas y <i>C. sumatrensis</i> en función del porcentaje (%) de leguminosa en las mezclas y, HTT50 ($\text{MPa}^{\circ}\text{Cd}$) de <i>C. sumatrensis</i> en función del TME registrado para la especie.	87
Figura 61. TME (días) de malezas O-I-P y dicotiledóneas en función del porcentaje (%) de gramínea en las mezclas	88

Figura 62. Magnitud de emergencia (ME pl.m ⁻²) de <i>G. spicata</i> y <i>P. aviculare</i> en función de la cobertura vegetal (%) a los 60 DDS y el porcentaje (%) de leguminosa en las mezclas, para esta última especie.	89
Figura 63. Magnitud de emergencia (ME pl.m ⁻²) de malezas gramíneas y <i>Lolium spp</i> en función de la cobertura vegetal (%) a fin de ciclo y la producción de biomasa (kg MS. ha ⁻¹) de las distintas mezclas, para esta última especie.....	90
Figura 64. TME (días) de <i>C. sumatrensis</i> en la interacción gramínea-leguminosa y, <i>P. aviculare</i> en las interacciones gramínea-crucífera para el año 2019 y leguminosa-crucífera para el 2020.....	96
Figura 65. Emergencia de malezas (pl.m ⁻²) O-I-P y dicotiledóneas en las interacciones gramínea-leguminosa, gramínea-leguminosa-crucífera y leguminosa-crucífera a principios y mediados de ciclo, respectivamente.	98
Figura 66. Emergencia de <i>A. arvensis</i> (pl.m ⁻²) en las interacciones gramínea-leguminosa y gramínea-crucífera a principios y mediados de ciclo, respectivamente.....	99
Figura 67. Emergencia de malezas (pl.m ⁻²) O-I-P y dicotiledóneas en la interacción gramínea-leguminosa y leguminosa-crucífera a principios de ciclo de 2020.....	100
Figura 68. Biomasa de malezas O-I-P, gramíneas y <i>Lolium spp.</i> en la interacción gramínea-leguminosa para el año 2019.	103
Figura 69. Emergencia de <i>A. arvensis</i> (pl.m ⁻²) a principios y mediados del ciclo para los distintos CC y los testigos.....	120
Figura 70. Índice de diversidad promedio, a principios, mediados y fin del ciclo de las diferentes mezclas de CC y testigos en 2019 y 2020.....	122
Figura 71. Riqueza específica promedio, a principios, mediados y fin del ciclo en las diferentes mezclas y testigos en 2019 y 2020	124

ABREVIATURAS

AHAS: aceto hidroxiaácido sintetasa

CC: cultivo/os de cobertura

CEI: Chacra Experimental Integrada

CV: cobertura vegetal

DDS: días después de la siembra

Fig: figura

HTT/ HTT50: tiempo hidrotermal/ tiempo hidrotermal medio

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

MC: mezcla compleja

MDA: Ministerio de Desarrollo Agrario

ME: magnitud de emergencia

MIM: manejo integrado de malezas

MO: materia orgánica

MSA: materia seca aérea

MS: mezcla simple

O-I-P: otoño-inverno-primaveral/es

ReTTA: relevamiento de tecnología aplicada

RMSE: raíz cuadrada media del error

Tb: temperatura base

TE: testigo enmalezado

TL: testigo limpio

Tmáx: temperatura máxima

TME: tiempo medio de emergencia

Tmin: temperatura mínima

UE: unidad/es experimental/es

VS: versus

RESUMEN

Ante la necesidad de abordar de manera integral la problemática de las malezas en los sistemas productivos, la utilización de cultivos de cobertura resulta una herramienta alternativa al uso de herbicidas para el manejo de malezas, de particular consideración para aquellas especies de difícil control. El objetivo de esta tesis fue evaluar el efecto de diferentes cultivos de cobertura sobre la dinámica poblacional y supresión de malezas otoño-inverno-primaverales en sistemas extensivos del centro-sur bonaerense. En un experimento a campo realizado en la Chacra Experimental Integrada Barrow durante los años 2019 y 2020, se evaluaron mezclas simples de gramíneas (*Avena sativa*-*Secale cereale*) con leguminosas (*Vicia villosa*-*Vicia sativa*); complejas conformadas por mezclas simples con *Brassica napus*; y dos testigos: limpio y enmalezado (con control químico y sin manejo de malezas, respectivamente). Se aplicó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Durante el ciclo de los cultivos se realizaron recuentos quincenales de la emergencia de malezas en marcos fijos para la determinación de diferentes parámetros poblacionales. Se estimó cobertura vegetal a los 60 días de la implantación y a fin de ciclo, junto con la producción de biomasa de los cultivos y malezas. Los cultivos de cobertura interfirieron en la dinámica poblacional de malezas al suprimir la emergencia temprana y afectar el período de tiempo en el que acontecieron. Esto dependió de la acumulación del tiempo hidrotérmico y se vio influenciado por el tipo de maleza, las condiciones ambientales y el sistema de labranza implementado. Sin embargo, para ambos años de estudio se determinó una similar o mayor supresión de la magnitud de emergencia en los cultivos de cobertura en relación al uso de herbicidas. De manera similar, la biomasa de malezas fue altamente reducida respecto del testigo enmalezado, comparable a lo encontrado en el testigo limpio. La composición específica (tipo y cantidad de especies) modificó la productividad de las mezclas solo bajo condiciones hídricas limitantes, impuestas en 2019. En tanto para ambos años de estudio, el tipo de vicia utilizado, el agregado de colza y la proporción de gramíneas en la mezcla afectaron la cobertura vegetal. La misma determinó el nivel de supresión de malezas y afectó el patrón de emergencia, principalmente debido a las numerosas correlaciones encontradas entre la cobertura vegetal y los parámetros poblacionales de la comunidad de malezas. Los resultados encontrados en este trabajo contribuyen al desarrollo de mezclas de cultivos de cobertura tendientes a maximizar la interferencia con malezas y demuestran sus beneficios en el manejo a corto y largo plazo. Es por esto que su implementación dentro de las secuencias de cultivo debe tenerse en cuenta como una

herramienta complementaria a otras prácticas, para impulsar el desarrollo de estrategias de manejo integradas y el diseño de sistemas productivos sustentables en la región.

Palabras claves: mezclas de cultivos; composición específica; dinámica de emergencia; producción de biomasa; cobertura vegetal.

SUMMARY

Given the need to comprehensively address the problem of weeds in production systems, the use of cover crops is an alternative tool to the use of herbicides for weed management, of particular consideration for those species of difficult control. The aim of this thesis was to evaluate the effect of different cover crops on population dynamics and suppression of autumn-winter-spring weed in extensive systems of the center-south of Buenos Aires. A field experiment carried out in the Chacra Experimental Integrada Barrow over the years 2019 and 2020, simple mixtures of grasses (*Avena sativa*-*Secale cereale*) with legumes (*Vicia villosa*-*Vicia sativa*) were evaluated; complex mixtures made up of simple mixtures with *Brassica napus*; and two control: clean and weeded (with chemical control and without weed management, respectively). A random full block design was applied with four repetitions. Throughout the crop cycle fortnightly counts of weeds seedling were performed present fixed frames for the determination of different population parameters. Vegetation cover of the mixtures was estimated 60 days after implantation and at the end of the cycle, along with the production of biomass from crops and weeds. Cover crops interfered with weed population dynamics by suppressing early emergence and affecting the time period in which they occurred. This depended on the accumulation of hydrothermal time and was influenced by the species, environmental conditions and the tillage system implemented. However, for both years of study, a similar or greater suppression of the magnitude of emergency in cover crops with respect to the use of herbicides was determined. Similarly, weed biomass was highly reduced with respect to the weeded control, comparable to that found in the clean control. The specific composition (type and number of species) modified the productivity of the mixtures only under limiting water conditions, imposed in 2019. For both years of study, the type of vetch used, the addition of rapeseed and the proportion of grasses in the mixture affected the vegetation cover. It determined the level of weed suppression and affected the emergence pattern, mainly due to the numerous correlations found between vegetation cover and population parameters of the weed community. The results found in this work contribute to the development of cover crop mixtures aimed at maximizing interference with weeds and demonstrate their

benefits in short- and long-term management. Therefore, their implementation within crop sequences should be taken into account as a complementary tool to other practices, to promote the development of integrated management strategies and the design of sustainable production systems in the region.

Key words: crop mixtures; specific composition; emergence dynamics; biomass production; vegetation cover.

Certifico que fueron incluidos los cambios y correcciones sugeridas por los jurados.

Dres. Guillermo R. Chantre y Marcos E. Yannicari.

Capítulo I.

INTRODUCCIÓN GENERAL, MARCO TEÓRICO Y DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

1. Introducción

La agricultura puede definirse como el proceso mediante el cual se modifican las comunidades vegetales con el fin de que un pequeño grupo, llamadas cultivos, produzcan alimentos, fibras, o energía (Altieri, 1999b; Menalled, 2010). En este contexto, las malezas han sido tradicionalmente vistas como especies que se ubican en el mismo nivel trófico que los cultivos y tienen la capacidad de competir por los nutrientes, el agua y la luz, perjudicar la cantidad y calidad de la producción agrícola e interferir en las labores de cosecha. Por lo que han sido consideradas plantas “indeseables” o “plantas fuera de lugar” (Klingman *et al.*, 1975). Liebman *et al.* (2001) las define como “plantas particularmente exitosas en colonizar sitios disturbados, pero potencialmente de alta productividad”. Así, la presencia de una maleza se identifica más bien con un fenómeno natural relacionado a la adaptación ecológica y la evolución de dichos organismos a ambientes modificados por la actividad humana, y sólo incidentalmente puede estar vinculada a la consideración de que una especie sea indeseable o no (Harlan & de Wet, 1965). Estas concepciones permiten evaluar a las malezas como componentes integrales de los agroecosistemas, teniendo en cuenta no sólo sus impactos negativos, sino también analizando los factores causales de su abundancia, y estudiando su función ecológica (Menalled, 2010).

Actualmente, las malezas son reconocidas por su contribución en el apoyo de numerosos servicios ecosistémicos para la producción de cultivos, como el incremento de la polinización y de la disponibilidad de sitios refugio para controladores biológicos, entre otros (Blaix *et al.*, 2018; Marshall *et al.*, 2003; Rollin *et al.*, 2016). Es por esto que la doble percepción que presentan conjuga la búsqueda de un equilibrio o compensación entre los servicios ecosistémicos antagónicos que sustentan (Gaba *et al.*, 2016; Yvoz *et al.*, 2021).

1.1 Métodos de control de malezas

Durante milenios, la remoción manual o mecánica de las malezas ha sido el método tradicional de control (Sarandón & Flores, 2014). A partir de la industrialización agrícola, el manejo de las malezas se ha abocado en el control de las mismas mediante el uso de herbicidas (Upadhyaya & Blackshaw, 2007). En pocos años, los sistemas agropecuarios pasaron a depender cada vez más de

los químicos y el uso de herbicidas resultó la estrategia casi excluyente, en forma rutinaria, para controlar malezas (Fernández, 1982) sin considerar aspectos de la biología de las comunidades ni su integración en programas de manejo que incluyan otras técnicas (Papa, 2011). A pesar de los avances tecnológicos, la continua generación y sustitución de herbicidas, y la amplia disponibilidad de opciones para su control, las malezas no han dejado de ser un problema (Dekker, 1997). Sus características biológicas y fisiológicas hacen que tengan la capacidad de evolucionar y adaptarse a aquellos manejos que, por motivos de practicidad, culturales o de índole económica, se repiten en el tiempo con alta intensidad y frecuencia, esto es lo que ha sucedido con herbicidas de bajo costo y alta eficacia (Bertolotto & Marzetti, 2017).

La resistencia es la habilidad heredada de una maleza para sobrevivir a la aplicación de una determinada dosis de herbicida, a la cual la población original es susceptible (WSSA, 1998). El problema de malezas resistentes y tolerantes en Argentina comenzó en el año 1996, con la confirmación de un biotipo resistente a herbicidas inhibidores de la ALS, *Amaranthus hybridus*, y en la actualidad ya son 39 los biotipos con resistencia confirmada pertenecientes a 22 especies (Aapresid, 2021).

Ante las perspectivas que indican que en el mediano plazo no surgirán herbicidas con nuevos modos de acción, se seguirá provocando una alta presión de selección con los principios activos existentes con la consecuente expansión de la resistencia en los sistemas productivos (Powles & Yu, 2010). Asimismo, la disminución de rendimientos de cultivos, el aumento de costos de los insumos, los efectos de los herbicidas en el ambiente, el aumento de la resistencia de las malezas a los herbicidas ha incrementado el interés por el desarrollo de programas alternativos de manejos de malezas (O'Donovan et al., 2007).

De este modo, se observa que el problema debe necesariamente apuntar a generar una agricultura de procesos (Buratovich & Acciaresi, 2017). El Manejo Integrado de Malezas (MIM) se puede definir como un enfoque holístico para el manejo de malezas que integra el uso de más de una táctica de control: biológica, química, cultural y/o física (Fernández, 1982; Harker & O'Donovan, 2013). Dentro del MIM es posible incluir prácticas como: rotaciones de cultivos, cultivos de cobertura (CC), manejo nutricional, sistemas de labranza, entre otros (Acciaresi et al., 2016; Sarandón, 2002). El MIM tiene el potencial de restringir las poblaciones de malezas a niveles manejables permitiendo: (i) obtener los beneficios ecológicos que estas brindan al sistema, (ii) reducir el impacto ambiental de prácticas individuales de manejo de malezas, (iii) incrementar la

sostenibilidad de los sistemas de cultivos y (iv) reducir la presión de selección de los herbicidas ralentizando la resistencia (Harker & O'Donovan, 2013). El MIM implica más que el control de las mismas (Buhler, 1996; Zimdahl, 1994) ya que la idea de eliminar y controlar a las malezas es reemplazada por la de manejar y mantener la vegetación espontánea dentro de niveles tolerables para lograr una producción económicamente aceptable y mantener sus funciones dentro del agroecosistema, con un horizonte a largo plazo, respetando los objetivos y conocimientos de los agricultores y teniendo en cuenta todos los costos y el impacto ambiental (Sarandón & Flores, 2014).

1.3 Cultivos de cobertura

Ante la necesidad de abordar de manera integral la problemática de las malezas en los sistemas productivos, es factible considerar a los CC entre las acciones a implementar dentro del MIM. Los CC son establecidos normalmente entre dos cultivos comerciales (Reeves, 1994) o pueden crecer simultáneamente durante todo o parte del ciclo de los mismos (Teasdale et al., 2007). No se cosechan, pastorean, ni se incorporan al suelo (Ruffo & Parsons, 2004), sino que quedan en superficie protegiendo al suelo y liberando nutrientes como resultado de procesos de degradación de la biomasa aérea y radical (Altieri, 1999a). El ciclo es interrumpido antes de la siembra del siguiente cultivo o bien después de la siembra de éste, pero antes que comience la competencia entre ambos (Reeves, 1994).

Los CC se siembran con múltiples objetivos y pueden brindar numerosos servicios ecosistémicos al sistema productivo, entre ellos: la mejora en la eficiencia en el uso del agua (Fernández et al., 2012); del balance de carbono (Ding et al., 2006) y propiedades físicas de suelo (Villamil et al., 2006); inhibición de la emergencia de malezas (Fisk et al., 2001) e inmovilización de nutrientes móviles durante el barbecho (Fernández *et al.*, 2005; Strock et al., 2004). Es por esto que su implementación contribuye a la aplicación de conceptos y principios agroecológicos para el diseño de agroecosistemas sustentables (Vázquez et al., 2012), tales como reciclaje de nutrientes y acumulación de materia orgánica, aumento de la biodiversidad a través del tiempo, espacio y paisaje, activación biológica del suelo, flujos cerrados de energía y aumento de las interacciones biológicas y las sinergias entre los componentes del sistema (Altieri, 1999a y b; Finney et al., 2016; Gliessman, 1998).

En Argentina se destacan las líneas de investigación relacionadas a los efectos de los CC sobre las propiedades físico-químicas del suelo, principalmente en la disponibilidad de nitrógeno y/o

agua (Alvarez et al., 2016; Capurro et al., 2012; Cazorla et al., 2013; Restovich et al., 2012; Vanzolini et al., 2013), e impacto positivo en el rendimiento del cultivo posterior (maíz o soja) (Álvarez & Steinbach, 2017; Caviglia et al., 2010; Cazorla et al., 2013; Diez et al., 2012; Fernández et al., 2012). Paralelamente estudian los efectos de la implementación de distintas prácticas de manejo en estos parámetros, tales como: selección de especies, diferentes momentos de secado y uso de diversas dosis de siembra ó fertilización, tanto en el CC como en el cultivo posterior (Capurro et al., 2012; Miranda et al., 2016). Sin embargo, su efecto como parte del MIM ha sido abordado más recientemente y en menor medida, focalizándose en la determinación de malezas presentes en un momento específico del ciclo ó en los residuos y en las primeras semanas del cultivo comercial (Acciaresi et al., 2016; Baigorria et al., 2012; Fernandez et al., 2017; Kahl et al., 2016; Lobos et al., 2019; Miranda et al., 2014). Siendo muy pocos los enfoques que caracterizan la dinámica de emergencia de las malezas durante todo el ciclo para evaluar su efecto supresor en distintas etapas (Buratovich & Acciaresi, 2019; Daita et al., 2018). Resulta primordial determinar la dinámica de enmalezamiento a través de la diversidad de especies como de su abundancia para el conocimiento de los procesos que regulan la interacción de los cultivos con las malezas y así facilitar el avance hacia sistemas de producción que incorporen un MIM (Buratovich & Acciaresi, 2017). El último informe del ReTTA (Relevamiento de Tecnología Aplicada, 2021) realizado por la Bolsa de Cereales determinó que la utilización de CC en Argentina se quintuplicó en las últimas 5 campañas y, que esta mayor implementación se basó principalmente en la búsqueda de una solución contra las malezas de difícil control. Es por esto que resulta necesario el desarrollo de mayores estudios para comprender cómo influyen en la supresión de malezas.

1.4 Cultivos de cobertura como estrategia en el manejo integrado de malezas

La integración de CC en los programas de MIM puede ser especialmente importante en los sistemas de labranza cero, donde las tácticas de control de malezas distintas al uso de herbicidas están más restringidas (Baraibar et al., 2017). Estos favorecen el manejo temprano de la vegetación espontánea otoño-invierno-primaveral (O-I-P) como también estival (Price et al., 2012), las primeras, por competencia directa y las segundas por el residuo dejado en superficie (Bertolotto & Marzetti, 2017).

Varios antecedentes indican que podrían proporcionar un control temprano de malezas comparable a los que proporcionan métodos químicos y mecánicos (Johnson et al., 1993; Osipitan et al., 2018; Teasdale & Mohler, 1992). Sin embargo, investigaciones realizadas a nivel mundial

muestran resultados inconsistentes, ya que los niveles de supresión de malezas pueden oscilar entre 0% (Galloway & Weston, 1996) y 98% (Hayden et al., 2012). Las principales fuentes de variabilidad podrían estar dadas por diferentes condiciones ambientales de los sitios de estudio y de manejo del CC, tales como: especies utilizadas y su tipo (gramíneas, leguminosas o crucíferas), fechas de siembra, prácticas de fertilización, métodos de terminación, tiempo transcurrido entre terminación del CC y siembra del cultivo comercial (Osipitan et al., 2018). Dicha variabilidad en las prácticas asociadas pueden incidir en la composición florística y la abundancia de la comunidad de malezas (Teasdale et al., 2007).

En zonas templadas, las especies más utilizadas como CC pertenecen a las familias botánicas Poaceae –gramíneas- y Fabaceae –leguminosas- (Brennan & Smith, 2005; Ruffo & Parsons, 2004). Para gramíneas se destaca el empleo de centeno (*Secale cereale*), avena (*Avena sativa*), trigo (*Triticum aestivum*), cebada (*Hordeum vulgare*), triticale (*Triticum secale*) y raigrás (*Lolium spp.*) (Aapresid, 2018). Mientras que las leguminosas mejor adaptadas son las vicias (*Vicia villosa* y *V. sativa*) y los tréboles (*Trifolium repens* y *Melilotus officinalis*) (Renzi, 2009; Ruffo & Parsons, 2004). Actualmente, se ha incrementado el interés por utilizar crucíferas, incluidas mostaza (*Sinapsis alba*), colza (*Brassica napus*) y nabo forrajero (*Raphanus sativus*) por sus características bio-fumigantes (Haramoto & Gallandt, 2004). Estas especies han sido tradicionalmente sembradas en monoculturas (Chapagain et al., 2020). En Argentina, predominan los CC realizados con gramíneas siendo las consociaciones con leguminosas poco frecuentes (Aapresid, 2018). Una de las posibles barreras para la utilización de leguminosas es el desconocimiento de aspectos técnicos entre los cuales se encuentra la densidad de siembra (de alto impacto en el costo de implantación) y su efecto sobre la producción de biomasa aérea, consumo de agua y aporte de nitrógeno (Miranda et al., 2016).

Actualmente, existe un creciente interés por parte de productores e investigadores en la adopción de CC formados por mezclas diversas (Groff, 2008; Holmes et al., 2017; Sanderson et al., 2013; Wortman et al., 2013), debido a la capacidad que tienen de ofrecer múltiples servicios ecosistémicos, entre ellos: (i) el incremento de la producción de biomasa vegetal; (ii) retención y suministro de nitrógeno y (iii) supresión de la vegetación espontánea (Brainard et al., 2011; Finney et al., 2016; Isbell et al., 2017). Dado que la complementariedad de los grupos funcionales promueve la productividad en los sistemas naturales (Loreau et al., 2001; Tilman et al., 1996), es de esperar que las mezclas de especies acumulen más biomasa que tales componentes en

monocultura resultando más eficientes en el control de malezas (Buchanan et al., 2016; Creamer & Stinner, 1997; Liebman & Davis, 2000). Sin embargo, dicha relación se encuentra en gran medida inexplorada y existen importantes contrastes entre los sistemas agronómicos y naturales que pueden limitar los efectos de la diversidad en la productividad de los CC (Finney et al., 2016). Numerosos antecedentes evidencian su efecto positivo en la supresión de malezas respecto de las monoculturas (Akemo et al., 2000; Hayden et al., 2012; Sanderson et al., 2012; Teasdale & Abdul-Baki, 1998; Webster et al., 2013; Wortman et al., 2013; Wendling et al., 2017). En tanto, otros estudios indican que los CC de muchas especies no muestran ninguna ventaja en la supresión de malezas en relación de aquellos formados por un solo componente (Buchanan et al., 2016; Creamer et al., 1996; Leavitt et al., 2011; Osipitan et al., 2018; Wayman et al., 2015). En este punto, Baraibar et al. (2017) considera que mezclas y monocultivos pueden proporcionar niveles similares de supresión de malezas si ambos tienen suficiente biomasa de las principales especies supresoras de malezas. Incluso, un estudio determinó que las mezclas producían una mayor cantidad de biomasa que los cultivos puros de mejor rendimiento (Wendling et al., 2017). Dichos antecedentes ponen en evidencia las discrepancias en las investigaciones recopiladas, y por lo tanto la necesidad de profundizar en el estudio para comprender el mecanismo por el cual la combinación de especies de cobertura interactúa con las malezas. También resulta importante desarrollar estrategias de CC, incluidas mezclas que puedan suprimir eficazmente las malezas y, al mismo tiempo, cumplir con otros objetivos agrícolas y prestar varios servicios ecosistémicos (Wendling et al., 2017).

1.5 Mezclas simples VS complejas

Las mezclas simples (MS), es decir aquellas formadas por dos familias botánicas principalmente leguminosas y gramíneas, se utilizan comúnmente como CC debido a su alta eficiencia en el uso de recursos en comparación con otras combinaciones de especies y grupos funcionales (Dhima et al., 2007; Hayden et al., 2014). Sus efectos supresores en malezas fueron reportados por Akemo et al. (2000) y Hayden et al. (2012). Sin embargo, los CC de crucíferas en monoculturas o con otros cultivos han sido menos explorados respecto al control de malezas (Björkman et al., 2015; Haramoto & Gallandt, 2004; Lorin et al., 2015). Las mezclas complejas (MC) formadas por más de dos familias botánicas pueden conferir beneficios adicionales asociados con cada componente, donde la más común incluye gramíneas, leguminosas y crucíferas. Holmes et al. (2017) determinaron que la exclusión de estas últimas en MS generó un incremento en la biomasa de malezas presentes, dado principalmente por la alta productividad de este grupo bajo las

condiciones de competencia interespecífica imperantes. Mientras que otro estudio (Mesbah et al., 2019) arrojó bajos valores de biomasa de malezas para ambos tipos de mezclas, sin diferencias entre estas. Es por esto que los beneficios adicionales en el control de malezas que ofrece la conjugación de múltiples especies versus (vs) las MS frecuentemente se consideran inconsistentes o eventualmente sitio-específicos (Schonbeck et al., 2017).

1.6 Cultivos de Cobertura para el manejo de malezas en el centro-sur de Buenos Aires

En el centro-sur bonaerense los sistemas avanzaron hacia rotaciones simplificadas con predominio de cultivos de verano (principalmente soja y, en segundo lugar, maíz), que en algunos casos incluyen al trigo como antecesor y largos períodos de barbecho otoño-invernal (Viglizzo et al., 2011). En este último se deben realizar varias aplicaciones de herbicidas, incrementándose el costo operativo y favoreciendo la evolución de malezas resistentes debido a la alta presión de selección ejercida. El uso continuo del glifosato llevó a la aparición de poblaciones resistentes de *Lolium spp.* (Istilar & Yanniccari, 2013; Yanniccari et al., 2009; Yanniccari et al., 2012). También, se identificaron individuos de *Raphanus sativus L.* resistentes a varios herbicidas inhibidores de la enzima AHAS (acetohidroxiácido sintetasa) (Pandolfo et al., 2013). Vigna & Mendoza (2014) registraron la presencia de poblaciones de *Hirchsfelia incana* resistentes al grupo de herbicidas inhibidores de AHAS (metsulfurón) y en 2015 se detectó la resistencia transgénica a glifosato en poblaciones naturales de *Brassica rapa*. Además, este biotipo presentó resistencia múltiple a inhibidores de la AHAS (Pandolfo et al., 2015).

Entre las malezas más problemáticas, *Lolium spp.* (raigrás) se registró en el 46% de los campos de trigo de la región (Scursoni et al., 2012) y ha mostrado resistencia múltiple a glifosato y otros herbicidas (Yanniccari et al., 2018; Yanniccari et al., 2012). Aunque el mayor problema del raigrás resistente está asociado a cultivos de trigo y cebada, últimamente se está dificultando el manejo de los barbechos previos a cultivos de verano (Gigón et al., 2017). Es por esto que, al ser una especie principalmente de emergencia otoño-invernal, es fundamental realizar un correcto manejo al barbecho para lograr controles eficientes en la presiembra del cultivo estival minimizando el impacto de las últimas emergencias hacia fines de invierno y principio de primavera (Gigón et al., 2017). En este contexto, la inclusión de CC dentro de la rotación de cultivos como antecesor de un cultivo de maíz o soja, podría resultar una alternativa de manejo tendiente a compensar la necesidad del control químico y, por tanto reducir la presión de selección de herbicidas (Norsworthy et al., 2007).

Sin embargo, en el área de estudio son escasas las experiencias desarrolladas a tal efecto (Gigón et al., 2018; Ross, 2017) y en la campaña 2019/2020 se registró sólo un 2,2% de superficie con CC (ReTTA, 2021). Por lo que el desarrollo de información local permitiría dar bases para la implementación de la práctica e incentivar su adopción en los sistemas productivos de la zona. Asimismo, se considera que los antecedentes de investigaciones nacionales sobre CC como estrategia de manejo de malezas son escasos e incipientes, principalmente en lo que respectan al efecto de los mismos sobre la dinámica de las malezas. Es bien conocido que la gran influencia de las condiciones ambientales (climáticas y edáficas) de cada región, del manejo y la fuerte interacción entre ellos durante el ciclo del CC generan mayor variabilidad en los resultados obtenidos (Galantini, 2008; Unger & Vigil, 1998).

Ante lo expuesto, resulta de utilidad generar información regional sobre el uso de CC como estrategia de manejo de malezas considerando el creciente interés y la mayor demanda de información sobre el tema.

2. Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes CC formados por mezclas simples o complejas de especies (dos ó tres familias botánicas, respectivamente) sobre la dinámica de emergencia y supresión de la comunidad de malezas de sistemas productivos extensivos del centro-sur bonaerense.

3. Hipótesis y objetivos específicos

En función de la problemática planteada y en relación a la revisión bibliográfica y los antecedentes de investigación en la temática se plantearon las siguientes hipótesis y objetivos específicos:

Hipótesis 1.1. Las mezclas simples y complejas estudiadas como CC interfieren en la dinámica de emergencia de las malezas O-I-P: dicotiledóneas y gramíneas.

Hipótesis 1.2. La dinámica de la emergencia de las especies malezas O-I-P dependerá de la acumulación de tiempo hidrotermal.

Hipótesis 1.3. Los requerimientos hidrotermales para la emergencia de las especies malezas O-I-P dependerán de las condiciones ambientales y del sistema de labranza implementado.

Objetivo 1.1. Evaluar el efecto de diferentes mezclas de CC sobre la dinámica de emergencia de malezas O-I-P: dicotiledóneas y gramíneas.

Objetivo 1.2. Caracterizar los patrones de emergencia de las principales malezas O-I-P en función de la acumulación de tiempo hidrotermal.

Objetivo 1.3. Comparar los requerimientos hidrotermales para la emergencia de las malezas O-I-P en dos periodos consecutivos (2019 y 2020).

Hipótesis 2.1. La composición específica de las mezclas de CC afecta la productividad y cobertura vegetal generada.

Hipótesis 2.2 El nivel de supresión de malezas por las mezclas de CC se ve influenciado por el nivel de producción de biomasa y de cobertura vegetal generada.

Objetivo 2.1 Determinar el desempeño de mezclas de CC y sus componentes (productividad y cobertura vegetal) en la región del centro-sur bonaerense.

Objetivo 2.2. Evaluar el efecto de la producción de materia seca aérea (MSA) y la cobertura vegetal (%) generada por los distintos CC y sus componentes (conformados por mezclas simples ó complejas) sobre el nivel de supresión de malezas.

Hipótesis 3.1. La composición específica de las mezclas de CC afecta dinámica de emergencia y la productividad de la comunidad de malezas O-I-P: dicotiledóneas y gramíneas.

Objetivo 3.1. Determinar el efecto de la composición específica de los CC sobre la dinámica de emergencia y productividad de la comunidad de malezas O-I-P: dicotiledóneas y gramíneas.

Capítulo II.

DESCRIPCION DEL SITIO EXPERIMENTAL y METODOLOGIA GENERAL

A continuación, se presenta la descripción del sitio experimental donde se llevó a cabo la experimentación durante los años de estudio. También se detalla la metodología general utilizada: diseño experimental, tipos de mezclas evaluadas, manejo de los cultivos y las distintas determinaciones realizadas en la comunidad de malezas durante todo el período de estudio, junto con los parámetros evaluados en los CC.

1. Sitio experimental

El estudio se realizó durante los años 2019 y 2020 en el campo experimental de la Chacra Experimental Integrada (CEI) Barrow (convenio MDA-INTA) ubicada en la ruta nacional N.º 3 Km 487, partido de Tres Arroyos, provincia de Buenos Aires ($38^{\circ}19'25''$ S; $60^{\circ}14'33''$ O) (Fig. 1).

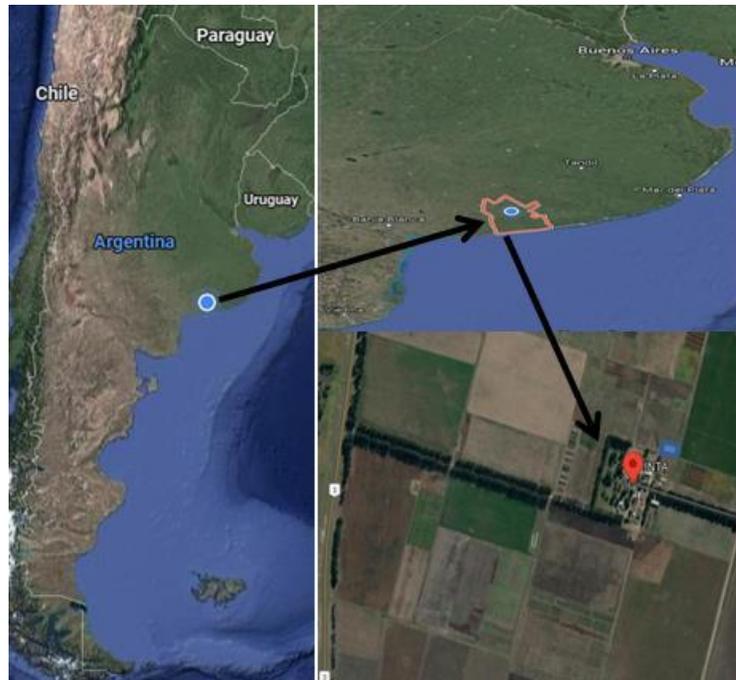


Figura 1. Localización geográfica de la CEI Barrow, Tres Arroyos, Buenos Aires, Argentina.

1.1 Variables meteorológicas y edáficas

Durante el ciclo de los CC, en cada una de las campañas se registraron los datos meteorológicos de la Estación Agrometeorológica de la Experimental. En el período 2019, la precipitación total registrada fue de 233,8 mm, mientras que en 2020 fue de 504,7 mm

distribuidos entre marzo y octubre. Al comparar estos valores con la precipitación histórica para la zona (serie 1939-2019) se encontró que 2019 presentó un déficit de 109 mm y, por el contrario, 2020 arrojó un exceso de 139,5 mm (Fig. 2).

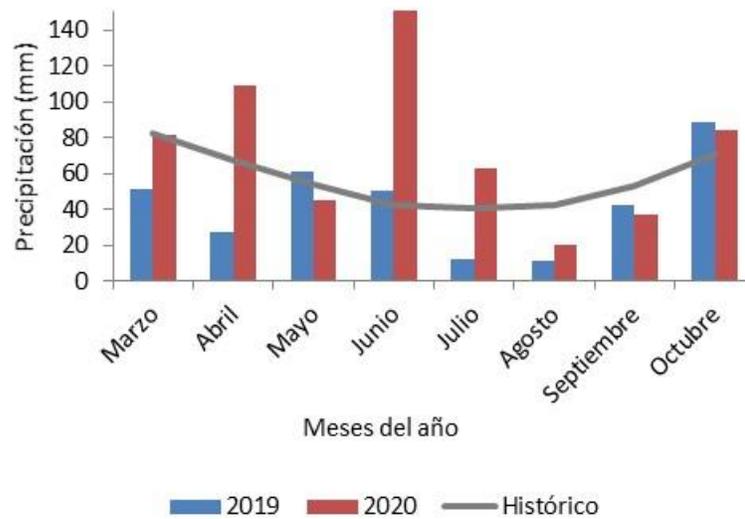


Figura 2. Precipitaciones registradas durante el ciclo de los CC para 2019 y 2020 y valores históricos para la zona de estudio.

En la tabla 1 se muestran los valores de temperatura máxima, mínima, media y días con heladas para 2019-2020 y el promedio histórico (serie 1939-2019). En 2019 se registró un mayor número de meses con temperaturas mínimas por debajo del valor histórico (marzo, julio y septiembre), respecto del año 2020. Asimismo, 2019 presentó un mayor número de días con heladas para todos los meses del ciclo a excepción de octubre.

Tabla 1. Condiciones climáticas imperantes durante el ciclo de los CC en 2019 (19) y 2020 (20): temperaturas (°C) máxima (T° máx), mínima (T° mín) y media (T° media) promedios y número de días con helada junto con los valores históricos para la zona de cada parámetro.

Mes/Año	T° máxima		T° máx histórica	T° mínima		T° min histórica	T° media		T° media histórica	Días con helada		Días con helada histórico
	2019	2020		2019	2020		2019	2020		2019	2020	
Marzo	24,4	29,6	24,9	10,9	14,7	11,3	17,7	22,1	18,9	0	0	0,1
Abril	23,8	21,0	20,6	8,4	8,5	7,7	16,1	14,8	14,7	1	0	1,3
Mayo	17,7	16,9	16,4	5,5	7,9	5,2	11,6	12,4	11,1	6	2	4,2
Junio	15,2	14,1	12,9	5,3	3,8	2,7	10,2	9,0	8,1	4	5	8,5
Julio	13,9	12,0	12,5	1,3	2,3	2,1	7,6	7,1	7,5	15	13	10,1
Agosto	16,5	16,4	14,5	2,4	3,0	2,6	9,5	9,7	9	14	13	8,9
Septiembre	18,2	18,1	17	3,5	3,4	4,2	10,8	10,7	11,4	7	10	5,9
Octubre	19,0	20,5	19,8	6,1	6,2	6,7	12,6	13,3	14,4	1	5	2,2

El sitio experimental utilizado durante 2019 y 2020 se caracterizó por presentar un suelo de la serie “Tres Arroyos”, con material originario a base de sedimentos loésicos y clasificado como Paleudol petrocálcico. Estos suelos se caracterizan por tener un perfil de horizontes: Ap/A (0-22cm) y BA (22-32 cm) franco-arcillo-arenosos con estructura de bloques subangulares, Btn (32-75 cm) que presenta textura arcillosa y estructura en prismas gruesos. A los 75 cm se encuentra el horizonte petrocálcico. Los resultados de los análisis químicos de suelo a 0-20 cm de profundidad, para ambos años en el sitio de estudio previo a la siembra de los CC se desarrollan en el anexo 1. Principalmente, determinaron condiciones adecuadas para el correcto desarrollo de los cultivos: pH ácido, valores medios a altos de materia orgánica y fósforo, aunque con un bajo contenido de nitratos.

2. Diseño experimental

Se utilizó un diseño estadístico en bloques completos al azar con cuatro repeticiones donde las unidades experimentales (UE) fueron parcelas de 3m de ancho y 6m de largo (Fig. 3). Se consideraron distintos tipos de CC, cuatro mezclas simples (MS) formadas por combinaciones de una especie gramínea (*Avena sativa* ó *Secale cereale*) y una leguminosa (*Vicia sativa* ó *V. villosa*) y cuatro mezclas complejas (MC) formadas por la combinación de MS más una crucífera (*Brassica napus*). Los cultivares utilizados fueron avena Sureña, Vicia villosa Ascasubi INTA, Vicia sativa Hilario INTA, colza Hyola 830 CC y centeno RICARDO INTA. A continuación, se detallan las

combinaciones de mezclas utilizadas incluyendo los testigos (barbecho químico y testigo enmalezado) (Fig. 4).

-MC1: avena + *Vicia villosa* + colza

-MS1: avena + *Vicia villosa*

-MC2: avena + *Vicia sativa* + colza

-MS2: avena + *Vicia sativa*

-MC3: centeno + *Vicia villosa* + colza

-MS3: centeno + *Vicia villosa*

-MC4: centeno + *Vicia sativa* + colza

-MS4: centeno + *Vicia sativa*

-Testigo enmalezado (TE, sin aplicación de herbicidas)

-Testigo limpio (TL, barbecho químico*)

*Se realizaron dos aplicaciones periódicas de glifosato LS 60% (1,8 L ha⁻¹) en diferentes momentos dependiendo de la composición de la comunidad de malezas y la abundancia relativa de cada una de las especies. Las fechas de aplicación química para ambos años fueron 3/05/2019, 23/07/2019, 29/05/2020 y 31/08/2020.

TL	MC3	TE	MC4	MS2	MS1	MC1	MS4	MS3	MC2
MC2	MC4	MS2	MC3	MS1	TL	MS3	MS4	TE	MC1
MS4	MC1	MC2	MS1	MS3	TE	TL	MC4	MC3	MS2
TL	MC1	MC3	MS1	MS4	TE	MS2	MC2	MS3	MC4

Figura 3. Diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones. Se representan las parcelas (unidades experimentales) y las siglas (letras y números) indican los tratamientos asignados al azar en cada bloque.



Figura 4. Tipos de CC evaluados: mezclas simples formadas por combinaciones de *Avena sativa*- *V. villosa* (b) ó *Vicia sativa* (d) y *Secale cereale*- *V. villosa* (f) ó *V. sativa* (h), mezclas complejas formadas por *Avena sativa*- *V. villosa* ó *Vicia sativa* + *Brassica napus* (a y c) y *Secale cereale*- *V. villosa* ó *V. sativa* + *Brassica napus* (e y g) y, testigos: limpio (i) ó enmalezado (j).

3. Manejo agronómico de los CC

En toda el área del ensayo para los dos años de estudio, el cultivo antecesor fue trigo, el cual se cosechó en el mes de diciembre a fin de simular una secuencia de cultivos en un lote de producción representativo del manejo de la zona.

La siembra de los CC se realizó el 21 de marzo de 2019 y 16 de marzo de 2020 en una porción de lotes productivos de la CEI Barrow seleccionados por la alta infestación de malezas. En 2019 se realizó la siembra en forma convencional con una labranza previa utilizando rastra de disco y cultivador del campo (Fig. 5A). Mientras que en 2020 se realizó con sembradora de directa y el barbecho consistió en una aplicación de glifosato LS 60% ($1,8 \text{ L ha}^{-1}$) días previos a la misma (Fig. 5B).



Figura 5. Implantación de los CC bajo siembra convencional en 2019 (A) y, emergencia de cultivos sembrados en directa en 2020 (B).

La profundidad de siembra se calibró a 1-2 cm, ya que es el valor recomendado en CC de semillas grandes y pequeñas (Murrell et al., 2017). La distancia entre surcos fue de 20 cm y la densidad de siembra fue variable dependiendo del tipo de mezclas y de las especies que la componen. Se utilizaron 20 kg ha^{-1} de *Vicia villosa*, 40 kg ha^{-1} de *Vicia sativa*, 40 kg ha^{-1} de Avena, 30 kg ha^{-1} de Centeno y 3 kg ha^{-1} de Colza. Las semillas de leguminosas serán inoculadas previamente a la siembra con *Rhizobium leguminosarum biovar viciae* a una dosis de $200 \text{ cm}^3 50 \text{ kg}^{-1}$.

Hacia mediados de la primavera (mitad de octubre) se realizó el secado químico de los CC mediante una pulverización combinada de glifosato 48% ($1080 \text{ g e a ha}^{-1}$) y 2,4-D ($400 \text{ g e a ha}^{-1}$) cuando las gramíneas y la colza alcanzaron el estado fenológico de antesis y las vicias el 80 % de floración (Fig. 6).



Figura 6. Residuos de CC días después del secado químico en 2019 (izquierda) y estado al momento de la aplicación química en 2020 (derecha).

4. Determinaciones experimentales sobre malezas y CC

La dinámica de la comunidad de malezas se evaluó a través de distintos parámetros poblacionales a lo largo de todo el ciclo de los diferentes CC. Se realizaron recuentos destructivos quincenales de malezas presentes en marcos fijos de 0,25 m² (Fig. 7). En 2019 se realizaron 11 muestreos a lo largo del ciclo (53, 69, 85, 102, 116, 130, 145, 160, 175, 189, 202 días después de la siembra (DDS)). Mientras que en 2020 se realizaron 13 muestreos (30, 45, 57, 70, 85, 101, 113, 149, 161, 176, 190 y 211 DDS).



Figura 7. Marco fijo de 0,25 m² donde se realizó el recuento quincenal de malezas durante todo el ciclo de los CC.

Durante 2020 el relevamiento comenzó antes debido a la mayor velocidad de crecimiento que presentaron los CC. Para realizar el análisis de los datos se tomó como criterio dividir al ciclo de crecimiento en tres períodos: principio (hasta los 85 DDS), mediados (85-145 DDS) y fin (145 DDS).

en adelante). Dichos periodos coinciden en época calendario entre ambos años de estudio, el inicial (marzo hasta principios-mediados de junio), medio (fines de junio- principios de julio a mediados de agosto) y final del ciclo (fines de agosto a principios- mediados de octubre) (Tabla 2).

Tabla 2. Cantidad de recuentos de emergencia de malezas en los CC y testigos, fecha de realización, días después de la siembra (DDS) y momento del ciclo en el que corresponden, para el año 2019 y 2020.

Determinación	2019			2020		
	Fecha	DDS	Momento	Fecha	DDS	Momento
1	13/05	53	Principio de ciclo	15/04	30	
2	29/05	69		30/04	45	Principio de ciclo
3	14/06	85		12/05	57	de ciclo
4	1/07	102	Mediados de ciclo	25/05	70	
5	15/07	116		09/06	85	
6	29/07	130		25/06	101	Mediados de ciclo
7	13/08	145		07/07	113	
8	28/08	160		27/07	133	
9	12/09	175	Fin de ciclo	12/08	149	
10	26/09	189		24/08	161	Fin de ciclo
11	9/10	202		08/09	176	
12	-	-		22/09	190	
13	-	-		13/10	211	

Las malezas presentes en cada estación de muestreo fueron identificadas mediante la utilización de guías de reconocimiento a campo y fotografías. Se determinó densidad total de malezas O-I-P (pl.m⁻²) discriminando entre: gramíneas, dicotiledóneas y cada especie presente.

4.1 Magnitud y frecuencia de emergencia a campo

Se evaluó la abundancia (%) de las malezas relevadas en los diferentes momentos del ciclo, representándose gráficamente sólo aquellas especies que estuvieron por encima del 10 % de abundancia.

Se evaluó la magnitud de la emergencia (ME) de las malezas como la sumatoria de plántulas emergidas en todo el período de estudio.

La periodicidad de emergencia se consideró a través del número de emergencias producidas entre dos fechas de muestreo. Mientras que, el tiempo medio de emergencia (TME) se calculó usando la ecuación propuesta por Mohler & Teasdale (1993):

$$TME = (\sum ni \cdot di) / \sum ni$$

donde n_i es el número de plántulas determinadas en el momento i , y d_i es el número de días desde el momento i hasta el momento del recuento.

4.2 Índice de diversidad

Para cada momento de muestreo se determinó la densidad de una de las especies presentes, y con ello se calculó el Índice de Dominancia (método de Simpson). Dicho índice permite medir la riqueza de una comunidad y representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a diferentes especies (Simpson, 1949). Su cálculo se determina siguiendo la siguiente fórmula:

$$D_{si} = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2$$

donde “ D_{si} ” representa la dominancia, S : número total de especies y P_i representa una relación relativa, entre “ n_i ” (número de individuos de la especie) y N_i (total de individuos muestreados). Valores entre los rangos de: 0-0,35; 0,36-0,75 y 0,76-1, indican niveles bajos, medios y altos de diversidad, respectivamente (Krebs, 1985).

4.3 Estimación del tiempo hidrotermal (HTT) para diferentes especies de malezas

Se realizó la estimación del tiempo hidrotermal donde se registró el 50% de la emergencia a campo de: *Lolium spp*, *Conyza sumatrensis*, *Anagallis arvensis*, *Gamochoaeta spicata* y *Polygonum aviculare*, utilizando datos del microclima del suelo. Para ello, se utilizó el Modelo de Temperatura y Humedad del Suelo (STM²) desarrollado por el USDA-ARS para estimar las condiciones del microclima (Spokas & Forcella, 2009). El STM² estima los datos de temperatura y humedad del suelo basándose en: su composición, temperatura mínima y máxima diaria del aire y dinámica hídrica (precipitaciones diarias). Estudios anteriores han logrado validar los resultados del STM² (Damiano et al., 2010; Renzi et al., 2019). El mismo se calibró utilizando parámetros sitio-específicos del suelo: (franco arcillo arenoso= 47,2 % de arena, 26,9% de limo, 25,9% de arcilla), contenido de MO (3,8%) y densidad aparente (1,2 g.cm⁻³).

La temperatura media diaria del suelo (T) y el potencial hídrico (Ψ) generados por el STM² se utilizaron para el cálculo del tiempo hidrotermal (HTT) según Bradford, 2002:

$$\theta_{HTT_n} = \sum_{i=1,n} \theta_i H_i$$

$$\theta_i = \begin{cases} T_i - T_b & \text{if } T_i > T_b \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases}$$

$$H_i = \begin{cases} 1 & \text{if } \Psi_i > \Psi_b \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases}$$

Donde, T_i es la temperatura media diaria estimada del suelo; T_b es la temperatura base para la emergencia de las plántulas; Ψ_i es el potencial hídrico diario del suelo y Ψ_b es el potencial hídrico base para la emergencia de las plántulas.

Debido a la escasez de información regional para las especies estudiadas, se definieron los parámetros óptimos de potencial hídrico base del suelo (Ψ_b) y temperatura base (T_b) para cada una de ellas. Los cuales se obtuvieron buscando maximizar el ajuste entre los datos observados y los simulados de emergencia mediante la técnica de mínimos cuadrados (Excel Solver). Se recabo información bibliográfica para acotar el espectro de búsqueda estudiada. Los valores óptimos de T_b obtenidos fueron: 5; 4,2; 0; 0 y 12°C, respectivamente para *Lolium spp.*, *C. sumatrensis*, *A. arvensis*, *G. spicata* y *P. aviculare*. La representación de los perfiles de emergencia acumulados de las principales especies O-I-P se realizó mediante un modelo logístico de 4 parámetros (log-logistic) según (Chen et al., 2021):

$$Y = 1 + (-1 / (1 + (\frac{X}{X50})^b))$$

Donde, Y es la emergencia acumulada (proporción); $X50$ es el requerimiento de tiempo hidrotermal para el 50% de la población; b es la pendiente de la curva o tasa de emergencia.

Mientras que, para comparar lo observado a campo con lo estimado en el modelo se utilizó la raíz cuadrada media del error (RMSE), donde el valor más bajo del RMSE indica que el modelo se ajustará mejor. RMSE se estimó con la siguiente fórmula:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (x1 - y1)^2}$$

La comparación estadística de las curvas de emergencia, obtenidas para cada especie entre CC dentro de un mismo año de estudio y entre años de estudio, se realizó con GraphPad Prism Software 7.0 (GraphPad, San Diego, California, USA).

4.4 Evaluación de cobertura y biomasa

Se evaluó la cobertura generada por las diferentes mezclas en diferentes momentos del ciclo: en el otoño a los 60 DDS y a fin de ciclo de los CC, mediante fotografías digitales para estimar la cobertura vegetal presente en tres unidades muestrales de 0,25 m². Se utilizó una cámara de 8 megapíxeles (Motorola G5S Plus) y las fotografías se procesaron con el software CobCal v 2.1.

La producción de biomasa se determinó para las diferentes mezclas evaluadas al final del ciclo. Para esto se recolectó la biomasa presente en 0,5 m², resultante de la sumatoria de la biomasa contenida en 2 marcos de 0,25 m² distribuidos al azar en cada unidad experimental (UE). Se separaron de las muestras los diferentes cultivos componentes para determinar su peso seco (65°C durante una semana hasta peso constate) (Fig. 8). También, se determinó la producción de biomasa de malezas O-I-P presentes al final del ciclo ya que es un indicador de la supresión de malezas (Finney et al., 2016; Nord et al., 2012; Ryan et al., 2011). Se recolectó la biomasa de las malezas presentes en 0,5 m², resultante de la sumatoria de la biomasa contenida en 2 marcos de 0,25 m² distribuidos al azar en cada UE. Las malezas fueron cortadas al nivel del suelo, separadas por especie y secadas en estufa a 65 °C hasta peso constante.



Figura 8. Recolección de biomasa de los CC y malezas en la UE y pesaje para la determinación de MS.

5. Análisis estadístico

Se realizó análisis de la varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de las distintas mezclas de CC evaluadas sobre cada variable de estudio, tanto para malezas O-I-P, como para dicotiledóneas O-I-P y gramíneas O-I-P en forma independiente. Se comprobó el cumplimiento de los supuestos del

análisis y se utilizó la prueba LSD (diferencia mínima significativa de Fisher) para la comparación de medias ($p < 0,05$). El conjunto de datos de TME para malezas gramíneas y las especies: *Lolium spp.*, *P. aviculare* y *G. spicata* en ambos años de estudio y, *A. arvensis* en 2020 se encontraban desbalanceados. Esto fue debido a la ausencia de emergencias a final de ciclo para determinadas repeticiones, por lo que, al no poder calcular el parámetro, se realizó un análisis utilizando Modelos Lineales Generales y Mixtos. También se utilizó este modelo para el análisis de las emergencias a los 57 y 85 DDS en el año 2020, ya que se encontraba desbalanceado el conjunto total de datos, al cambiar el sitio de muestreo dentro del mismo bloque en aquellas MC que presentaron fallas en la implantación de Colza. De manera similar sucedió para el análisis de la diversidad a mediados y fin de ciclo en 2020, donde algunas repeticiones no presentaban malezas presentes y esto determinó un desbalance en los datos. Se utilizó Modelos Lineales Generalizados y Mixtos con una distribución quasi-Poisson para los siguientes conjuntos de datos que presentaron distribuciones no normales de los errores y varianzas no constantes: magnitud de emergencia de *Lolium spp.* para ambos años y, para el año 2020 de malezas gramíneas, *G. spicata* y *A. arvensis*; emergencias en determinados momentos del ciclo de malezas O-I-P, dicotiledóneas, gramíneas y todas las especies en ambos años de estudio. Se realizó un análisis de correlaciones simples, para determinar la relación entre los parámetros medidos en los CC y la comunidad de malezas.

Como en este estudio las mezclas de CC se formaron combinando cada nivel de la familia botánica gramínea (Avena ó Centeno) con cada uno de los niveles de leguminosas (*V. villosa* ó *V. sativa*) y crucíferas (con o sin Colza), se evaluaron los efectos simples de cada familia botánica y de las interacciones entre ellas para cada parámetro evaluado, tanto en la comunidad de malezas como en los CC. Se considera efecto simple cuando hay diferencias en un dato determinado entre las especies que se encuentran dentro de una misma familia botánica. Asimismo, se dice que entre dos factores hay interacción si los efectos de un nivel de un factor dependen de los niveles del otro, es decir que los efectos de los factores sobre la variable evaluada no son aditivos, y por tanto no pueden separarse los efectos. Todos los análisis estadísticos se elaboraron a partir del software estadístico Infostat®.

Capítulo III

DINÁMICA DE EMERGENCIA DE MALEZAS OTOÑO-INVERNO- PRIMAVERALES BAJO DIFERENTES MEZCLAS DE CULTIVOS DE COBERTURA

1. Introducción

La dinámica de la comunidad de malezas en los agrosistemas está fuertemente influenciada por la rotación de cultivos y las prácticas de manejo (Liebman & Dyck, 1993; Murphy et al., 2006). La inclusión de CC en las rotaciones previene el establecimiento, crecimiento y desarrollo de malezas a través de la ocupación de nichos, es decir la utilización temprana del espacio y los recursos (Liebman et al., 2001; Kruidhof et al., 2008). Suprimen a las malezas por competencia (Holmes et al., 2017; Ngouajio & Mennan, 2005), actividad alelopática selectiva (Weston, 1996) e interferencia física (den Hollander et al., 2007).

Los CC pueden cambiar la dinámica poblacional al ejercer diferentes grados de supresión en distintas etapas del ciclo de vida de la maleza (Fikre & Mulatu, 2014; Teasdale et al., 2007). Durante las fases de germinación, emergencia-establecimiento y crecimiento la supresión es alta, lo que genera una drástica reducción en la producción de semillas (Brennan & Smith, 2005), mientras que dicha supresión resultaría moderada en la fase reproductiva (Teasdale et al., 2007). Sin embargo, indirectamente los CC aumentarían la mortalidad de semillas de malezas al favorecer la predación en la superficie del suelo (Davis & Liebman, 2003).

La cobertura vegetal modifica la calidad de la radiación solar incidente, debido a una reducción de la relación R/RL (rojo/rojo lejano) del espectro de radiación fotosintéticamente activo, lo que puede disminuir la germinación de aquellas especies maleza que requieren de luz como factor terminador de la dormición (Benech-Arnold et al., 2000; Teasdale & Mohler, 1993). También modifica la temperatura del suelo y reduce la amplitud térmica diaria incidiendo en la germinación y emergencia de malezas, al modificar la dinámica de aparición y ralentizar el proceso de germinación (Faccini & Vitta, 2007; Teasdale & Draughtry, 1993).

El sistema de labranza (convencional vs directa) es otra variable importante que afecta el ambiente edáfico (temperatura y humedad de suelo) pudiendo influenciar el proceso de germinación y emergencia de malezas (Royo-Esnal et al., 2020). El momento relativo de

emergencia determina la probabilidad de éxito de los individuos para establecerse dentro de la población (Forcella et al. 2000) y, la susceptibilidad a las intervenciones de manejo y a la competencia tanto intra como interespecífica (Menalled & Schonbeck, 2013). En este sentido, las funciones matemáticas de tipo sigmoideal se han utilizado para caracterizar o simular la distribución temporal de la emergencia de especies maleza en función de índices térmicos o hidrotermales específicos (Gonzalez-Andujar et al., 2016).

Conocer los efectos de los CC sobre la periodicidad y magnitud de la emergencia de malezas tiene implicancias directas sobre el manejo (Royo-Esnal et al., 2020) especialmente a la hora de reducir la presión de uso de herbicidas (Wallace et al., 2019). Smith et al. (2015) determinaron que los efectos de filtrado ejercidos sobre las malezas son relativamente estocásticos a corto plazo y, principalmente dependen de la producción de biomasa de los mismos y de la abundancia relativa de las especies en la comunidad de malezas. En este punto, los CC perennes (o los anuales de ciclo largo) que abarquen toda la temporada de crecimiento de las malezas podrían ejercer efectos de filtrado más fuertes (Smith et al., 2015).

Puesto que el efecto supresor ejercido por los CC implica una combinación de mecanismos, la contribución relativa de cada uno de ellos probablemente dependerá de la composición específica y podría variar, incluso dentro de la misma especie, dependiendo del sitio, las condiciones ambientales, la fecha de siembra y la comunidad de malezas presente (Baraibar et al., 2018; Hayden et al., 2012; Liebman & Dyck, 1993). Asimismo, los mecanismos de supresión no afectan a todas las malezas por igual y se han informado casos donde la germinación de malezas ha sido estimulada por los CC (Teasdale & Mohler, 1993). En este punto, los sistemas de manejo con baja eficiencia de control y/o alto nivel de infestación en el banco de semillas del suelo, pueden reducir la competitividad relativa de los CC frente a las malezas (Baraibar et al., 2018). Es por esto que los efectos que tienen sobre la dinámica y composición de la comunidad malezas aún resultan difíciles de comprender (Nichols et al., 2020).

En la actualidad no se dispone de suficiente información sobre los patrones de emergencia de malezas O-I-P en CC de la región del centro-sur bonaerense. Existen solo unos pocos estudios a nivel nacional e internacional que han explorado los procesos de emergencia durante el ciclo de los CC (Buratovich & Acciaresi, 2019, 2017; Cordeau et al., 2015; Davis & Liebman, 2003). La mayoría se han orientado al estudio de los efectos supresores del residuo que generan sobre la

emergencia de malezas (Fonseca et al., 2016; Kruidhof et al., 2009; Mohler & Teasdale, 1993; Moore et al., 1994). Sin embargo, los CC en pie suprimirían malezas más consistentemente y en forma más completa durante el ciclo de vida que los residuos vegetales (Brennan & Smith, 2005; Teasdale & Draughtry, 1993; Teasdale et al., 2007). El impacto supresor de malezas durante el ciclo de los cultivos se relaciona con la disminución en la producción de semillas, menores niveles de infestación y por ende menores costos de producción (Baraibar et al., 2017; Brennan & Smith, 2005; Nichols et al., 2020)

Es por esto que los estudios demográficos de especies malezas son un importante punto de partida para identificar las características del sistema de cultivo con potencial de suprimirlas (Davis & Liebman, 2003) y así poder desarrollar soluciones para los desafíos actuales, tal es el caso de la resistencia a herbicidas (Liebman et al., 2021).

De lo anterior, resulta necesario llevar adelante estudios locales que permitan comprender el efecto de los CC sobre el proceso de emergencia de malezas durante su ciclo. Por lo que se propone para este capítulo la siguiente hipótesis y objetivos:

2. Hipótesis

1.1 Las mezclas simples y complejas estudiadas como CC interfieren en la dinámica de emergencia de las malezas O-I-P: dicotiledóneas y gramíneas.

1.2 La dinámica de la emergencia de las especies malezas O-I-P dependerá de la acumulación de tiempo hidrotermal.

1.3 Los requerimientos hidrotermales para la emergencia de las especies malezas O-I-P dependerán de las condiciones ambientales y del sistema de labranza implementado.

3. Objetivos

3.1 Evaluar el efecto de diferentes mezclas de CC sobre la dinámica de emergencia de malezas O-I-P: dicotiledóneas y gramíneas.

3.2 Caracterizar los patrones de emergencia de las principales malezas O-I-P en función de la acumulación de tiempo hidrotermal.

3.3 Comparar los requerimientos hidrotermales para la emergencia de las malezas O-I-P en dos periodos consecutivos (2019 y 2020).

4. Resultados y discusión

4.1 Caracterización de la comunidad de malezas

La comunidad de malezas O-I-P relevada durante 2019 (labranza convencional) y 2020 (siembra directa) se conformó predominantemente por especies dicotiledóneas anuales. Aquellas que presentaron mayor abundancia relativa y frecuencia promedio de aparición en función del año (indistintamente de la mezcla evaluada) se muestran en la Tabla 3.

Bajo labranza convencional (2019), *A. arvensis* presentó la mayor abundancia relativa y frecuencia de aparición promedio en todos los CC y fechas de muestreo, seguido de *C. sumatrensis* y *P. aviculare*. Mientras que *G. spicata*, *Cyclosporum leptophyllum* y *Lolium spp.* mostraron menores valores de ambos parámetros. Por su parte, bajo siembra directa (2020), la mayor abundancia relativa fue para *P. aviculare* seguido por *C. sumatrensis*. A su vez estas presentaron la mayor frecuencia promedio de aparición. Mientras que, *A. arvensis*, *G. spicata*, *Cirsium vulgare* y *Lolium spp.* exhibieron los menores valores (Tabla 3).

P. aviculare y *C. sumatrensis* se encontraron dentro de las malezas más abundantes indistintamente del periodo considerado. La variación encontrada en la abundancia relativa de las especies que componen la comunidad de malezas entre años de estudio podría deberse a las diferencias entre sistemas de labranza y/o al régimen de precipitación contrastante entre años.

Se analizaron los perfiles de emergencia de cinco malezas (*A. arvensis*, *C. sumatrensis*, *P. aviculare*, *G. spicata* y *Lolium spp.*) tomando como criterio la elección de aquellas especies con mayor abundancia y frecuencia de aparición en ambos años de estudio o que tengan gran relevancia como maleza a nivel regional, tal es el caso de *Lolium spp.* (Fig 9).

Tabla 3. Frecuencia promedio de aparición (%) y abundancia (%) de las diferentes especies de malezas relevadas en todas las mezclas de CC y testigos para 2019 (labranza convencional) y 2020 (siembra directa).

Especie	Familia botánica	Ciclo de vida	Abundancia (%)		Frecuencia (%)	
			2019	2020	2019	2020
<i>A. arvensis</i>	Primulaceae	Anual (O-I)	19	5	45,5	14
<i>C. sumatrensis</i>	Asteraceae	Anual (O-I-P)	12	13	28	29
<i>P. aviculare</i>	Polygonaceae	Anual (O-I-P)	11	21	20	29
<i>G. spicata</i>	Asteraceae	Perenne	6	4	15,5	13
<i>Lolium spp.</i>	Poaceae	Anual (O-I-P)	5	1	14	6
<i>C. leptophyllum</i>	Umbeliferae	Anual (O-I)	7	-	15	-
<i>C. vulgare</i>	Asteraceae	Anual (O-I-P)	-	6,5	-	12,5

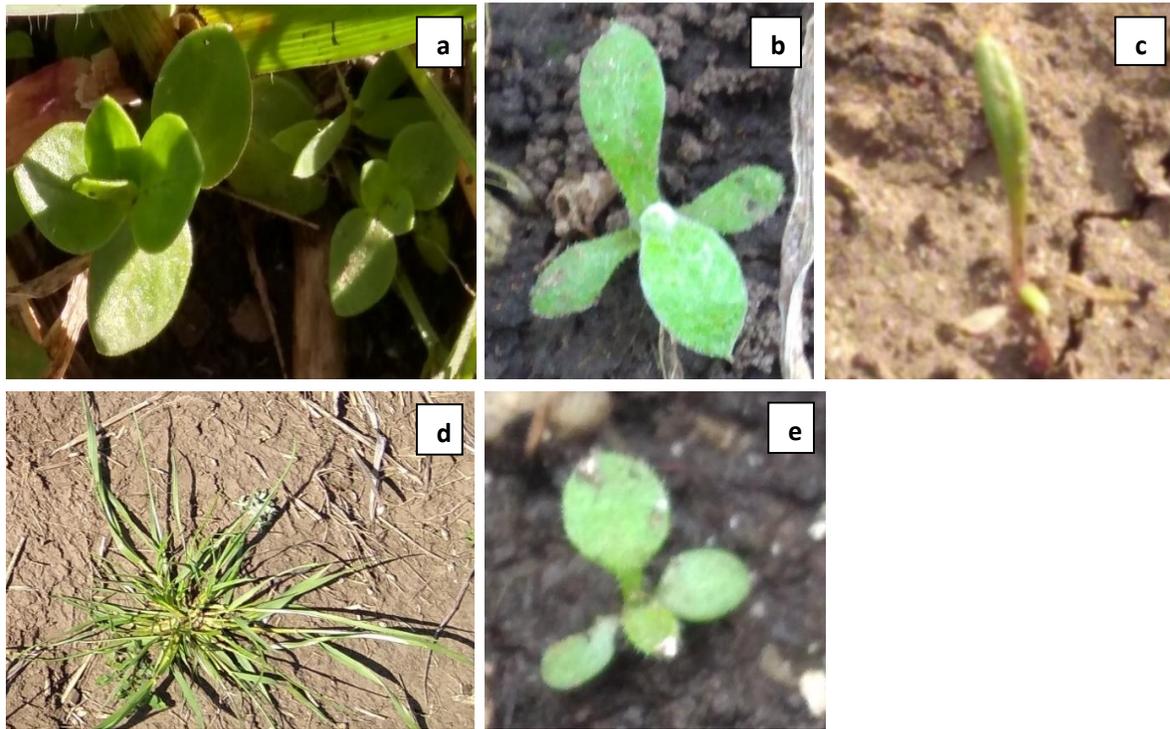


Figura 9. Especies de malezas con mayor abundancia (%) y frecuencia de aparición (%) en los CC: *Anagallis arvensis* (a), *Gamochaeta spicata* (b), *Polygonum aviculare* (c), *Lolium spp.* (d) y *Conyza sumatrensis* (e).

4.2 Abundancia

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos en el análisis de la abundancia de las especies evaluadas a lo largo de los diferentes momentos del ciclo de los CC, para cada año de estudio. Una descripción más detallada de este parámetro se presenta en el Anexo II.

A. arvensis fue la especie más abundante a principios de ciclo de 2019. Mientras que, en los restantes momentos de evaluación, su abundancia y la cantidad de mezclas donde se registró disminuyó. Los mayores valores se registraron en la MS Avena + *V. villosa* tanto a principios, mediados como al fin de ciclo (Fig. 10A, 11A y 12A). Por tanto, en 2020, fue menor en todos los momentos de estudio en relación al 2019 (Fig. 10B, 11B y 12B). Sin embargo, se destacó la MC Centeno + *V. sativa* por presentar los mayores valores a principios de ciclo para ambos años de estudio (Fig. 10).

Junto con la especie anteriormente mencionada, *P. aviculare* fue de las malezas más abundantes a principios de ciclo durante 2019 (Fig. 10A). Su abundancia disminuyó a mediados de ciclo y se incrementó hacia el final (Fig. 11A y 12A). Similarmente ocurrió en 2020, con la salvedad que no se presentó altos niveles a principios de ciclo y que fue la única especie de las evaluadas con abundancias mayores al 10% al final (Fig. 10B, 11B y 12B). En ambos años se destacó la MC de Avena + *V. villosa* por presentar menores valores del parámetro para *P. aviculare* en todos los momentos evaluados, a excepción de principios de 2019 (Fig. 10, 11 y 12). Contrariamente, fue mayor en la MS Avena + *V. sativa* a fin de ciclo para ambos años (Fig. 12).

A diferencia de lo arriba mencionado, a principios de 2020, *C. sumatrensis* fue la especie más abundante (Fig. 10B). Las diferencias en los niveles de abundancia entre años podrían deberse a las condiciones hídricas no limitantes y al uso de siembra directa, impuestas en 2020, que favorecen la presencia de esta maleza (Zambrano-Navea et al., 2013). Si bien en esta situación se redujo la cantidad presente desde principios hacia mediados y fin de ciclo, mientras que en 2019 se incrementó a mediados de ciclo, se destaca que para este momento en ambos años de estudio la MC Avena + *V. sativa* y MS Centeno + *V. villosa* presentaron los menores y mayores valores del parámetro (Fig. 11).

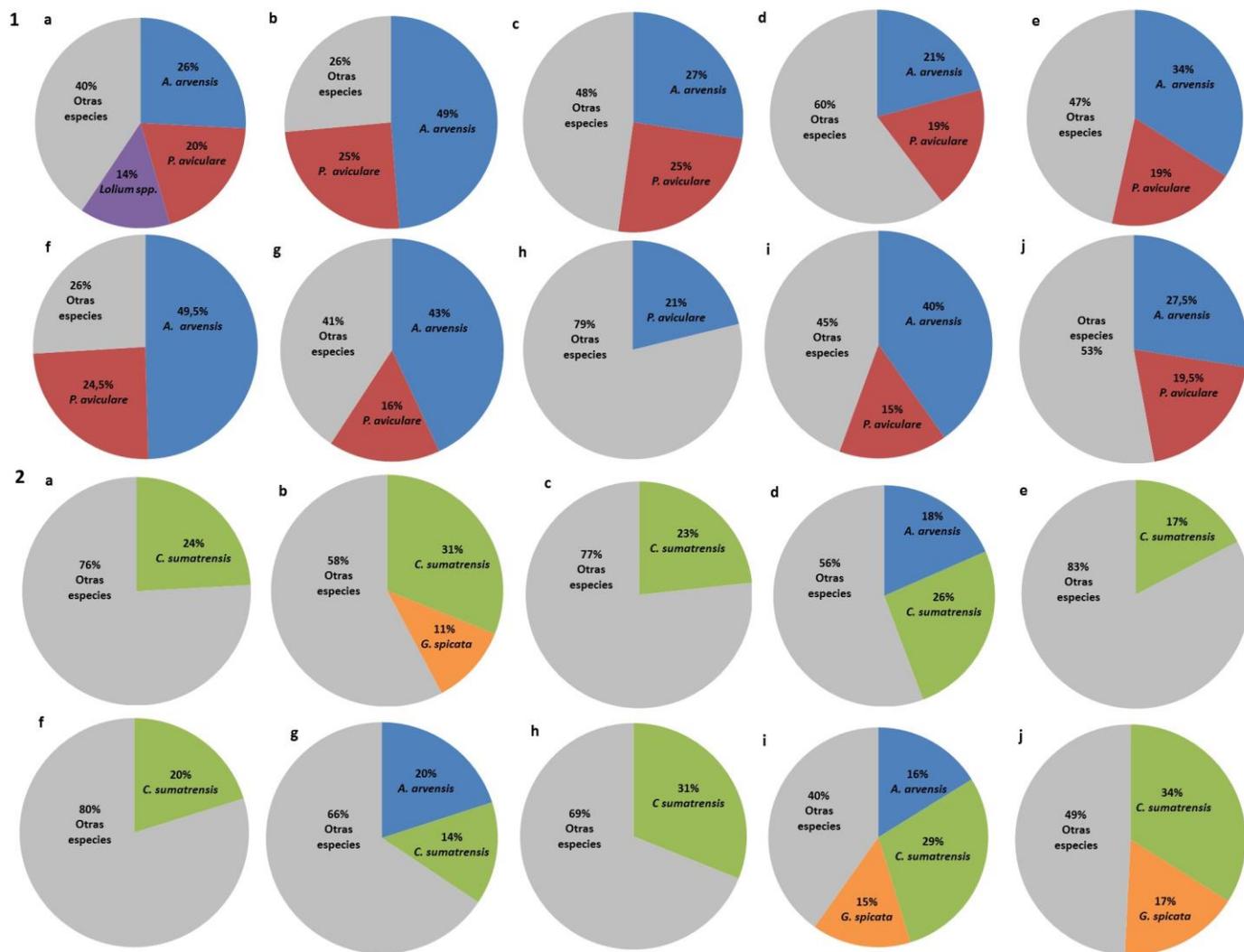


Figura 10. Abundancia (%) de especies de malezas a principios del ciclo para el año 2019 (1) y 2020 (2) en las diferentes mezclas de CC: MC1 (a), MS1 (b), MC2 (c), MS2 (d), MC3 (e), MS3 (f), MC4 (g), MS4 (h) y, testigos: TE (i) y TL (j).

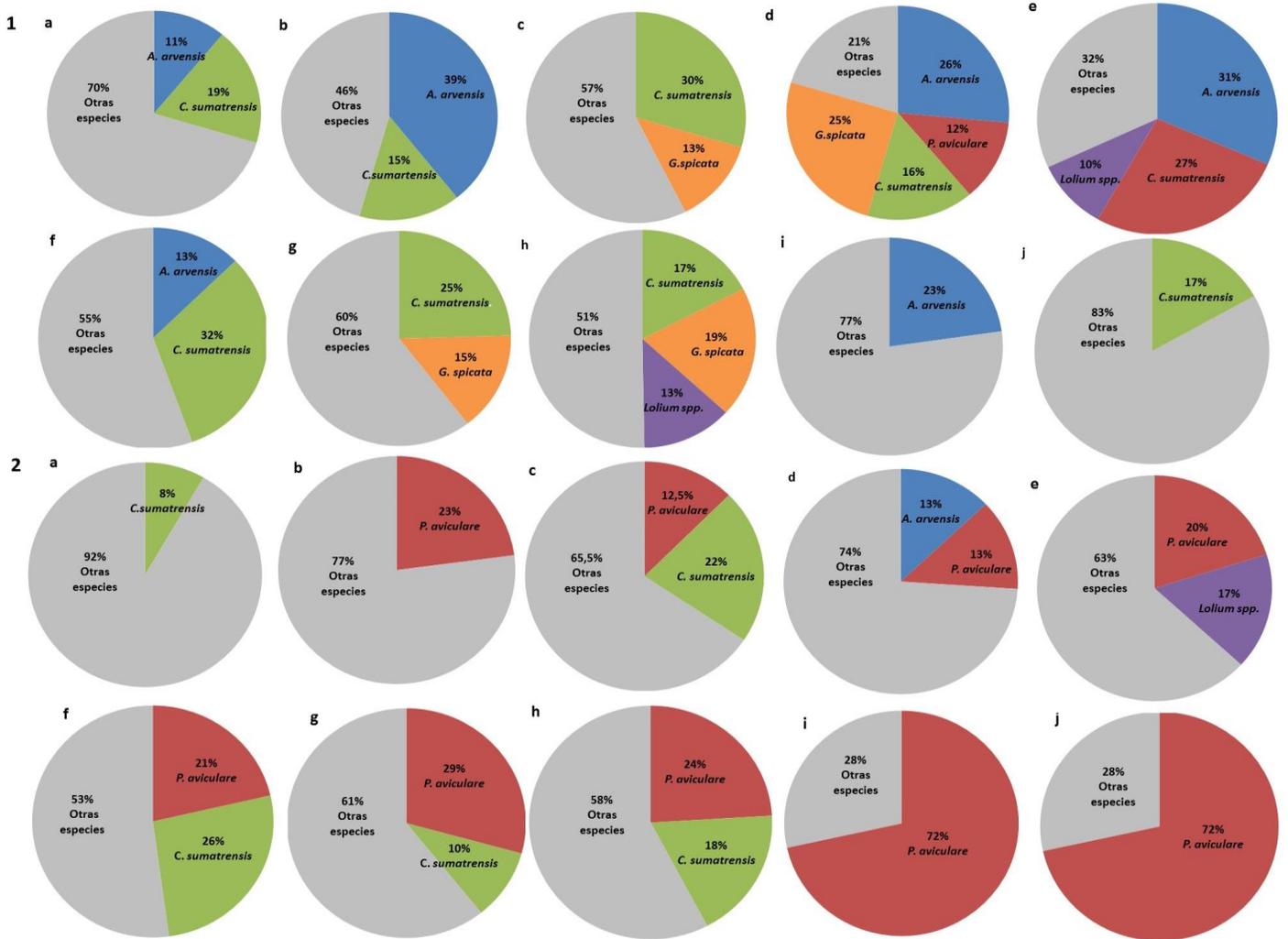


Figura 11. Abundancia (%) de especies de malezas a mediados del ciclo para el año 2019 (1) y 2020 (2) en las diferentes mezclas de CC: MC1 (a), MS1 (b), MC2 (c), MS2 (d), MC3 (e), MS3 (f), MC4 (g), MS4 (h) y, testigos: TE (i) y TL (j).

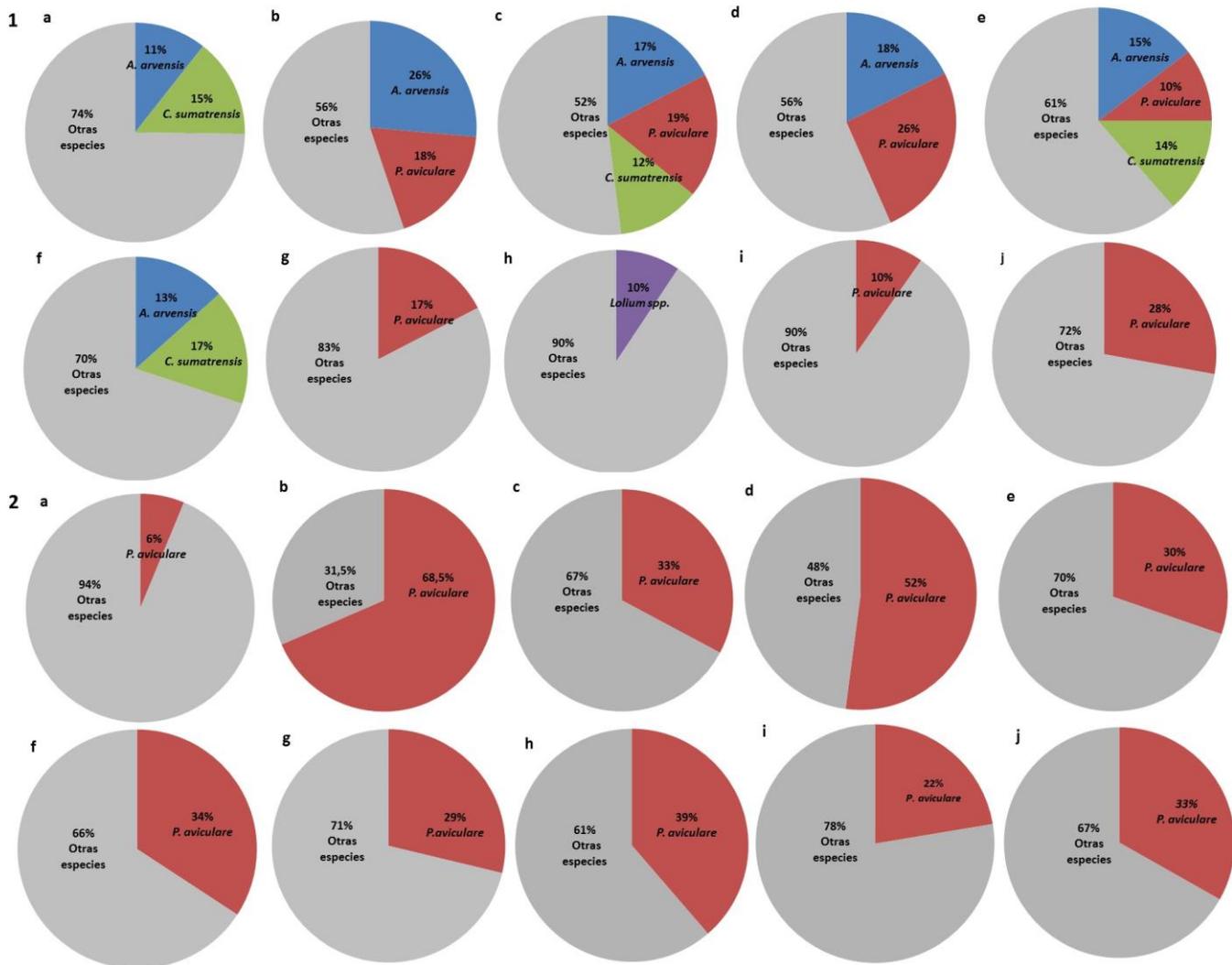


Figura 12. Abundancia (%) de especies de malezas a fin del ciclo para el año 2019 (1) y 2020 (2) en las diferentes mezclas de CC: MC1 (a), MS1 (b), MC2 (c), MS2 (d), MC3 (e), MS3 (f), MC4 (g), MS4 (h) y, testigos: TE (i) y TL (j).

4.3 Periodicidad de emergencia de malezas O-I-P

En 2019, la periodicidad de emergencia de malezas dicotiledóneas O-I-P evidenció un pico a principios de ciclo en TL y los CC, a los 85 y 69 DDS, respectivamente. Mientras que, en TE se presentaron tres cohortes de similar magnitud donde se registró la mayor emergencia. Seguido de esto, el ritmo de aparición disminuyó progresivamente (Fig. 13).

De similar manera sucedió con malezas gramíneas O-I-P, las cuales registraron un pico a principios de ciclo, 15 y 30 días más temprano en TE respecto de CC y TL, correspondientemente. Luego, no se registró emergencia en ambos testigos, mientras que en CC fueron disminuyendo gradualmente a lo largo del período de estudio (Fig. 13).

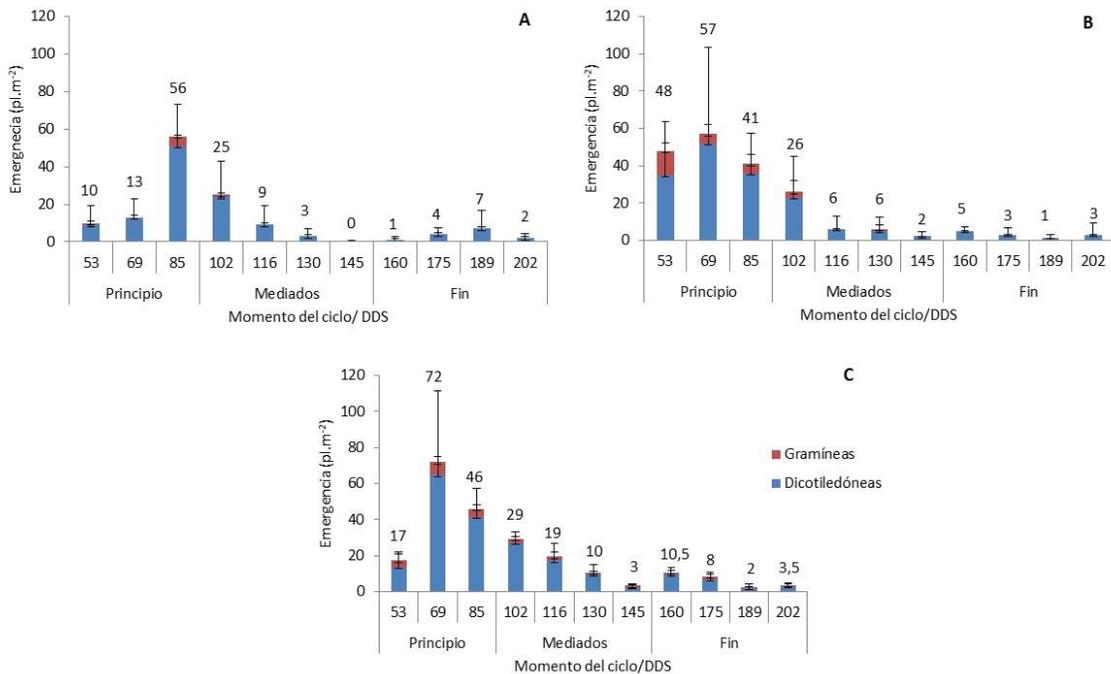


Figura 13. Periodicidad de emergencia de malezas O-I-P en diferentes momentos del ciclo en 2019 (principio, mediados y fin) para los testigos TL (A), TE (B) y CC (C). En las barras se presentan los valores promedios de densidad de plantas de malezas O-I-P: dicotiledóneas (en azul) y gramíneas (en rojo). Las barras de dispersión indican el desvío estándar de los valores promedios de cada grupo de malezas

En el año 2020 a mediados de ciclo se evidenció en los testigos un aumento en la emergencia de malezas dicotiledóneas O-I-P. En TL fue marcado en dos cohortes, mientras que en TE se observó un mayor número de cohortes de gran y similar magnitud. En este sentido, el ritmo de aparición aumentó y disminuyó de manera progresiva, de manera similar a lo registrado en 2019.

Por otro lado, los CC presentaron dos cohortes de mayor emergencia a principios y mediados de ciclo (Fig.14).

Las gramíneas O-I-P no registraron emergencia en TE, la cual fue baja en la mayoría de los relevamientos a principios de ciclo en TL. De manera similar sucedió para los CC, donde se registró una emergencia de baja magnitud desde principios a mediados de ciclo, la cual fue disminuyendo hacia los momentos finales de estudio (Fig. 14).

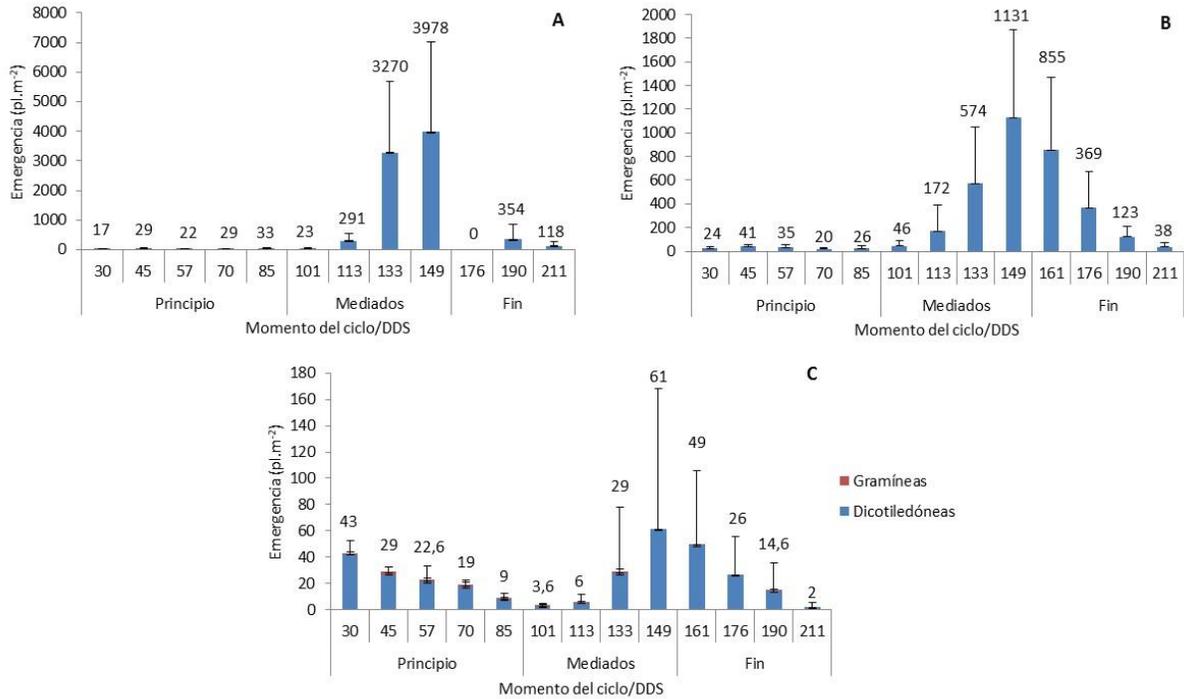


Figura 14. Periodicidad de emergencia de malezas O-I-P en diferentes momentos del ciclo en 2020 (principio, mediados y fin) para los testigos TL (A), TE (B) y CC (C). En las barras se presentan los valores promedios de densidad de emergencia de malezas O-I-P: dicotiledóneas (en azul) y gramíneas (en rojo). Las barras de dispersión indican el desvío estándar de los valores promedios de cada grupo de malezas

En 2019, la emergencia de malezas dicotiledóneas O-I-P se diferenció en el número de cohortes de gran magnitud entre mezclas de CC. Al igual que TL, la mayoría de las MC (Avena + *V. sativa* + *Colza*, Centeno + *V. villosa* ó *sativa* + *Colza*) junto con la MS Centeno + *V. sativa*, la concentraron en una cohorte a principios de ciclo (Fig. 15). Mientras que, la MS Centeno + *V. villosa* junto con la MC Avena + *V. villosa* y las MS a base de Avena presentaron dos, tres y cinco cohortes con similar magnitud ocurridas a principios/mediados de ciclo (Fig. 15). Se destacó la

Avena + *V. villosa* por extender más la emergencia a lo largo del ciclo de los CC, respecto de las otras mezclas y los testigos.

Posteriormente del registro de las cohortes mencionadas, en la mitad de las MC (Avena ó Centeno + *V. villosa*) y MS (Avena ó Centeno + *V. sativa*), el ritmo de aparición disminuyó progresivamente. Mientras que, en los CC restantes, se registró un leve aumento a los 160 DDS (Fig. 15).

Análogamente, la emergencia de malezas gramíneas O-I-P se concentró en una cohorte a principios de ciclo para la MC Avena + *V. villosa* y la MS Centeno + *V. villosa* al igual que los testigos. La MS Avena + *V. villosa* se destacó por extenderla en cuatro cohortes ocurridas a principio y mediados de ciclo. Mientras que, los restantes tipos lo hicieron en dos o tres cohortes (Fig. 15).

En 2020, la periodicidad de emergencia de malezas dicotiledóneas O-I-P en las distintas mezclas de CC se diferenció en los momentos del ciclo donde se registraron picos y, en el número de cohortes con mayor ME. Las MC a base de Avena junto con la MS Avena + *V. sativa* registraron a principios de ciclo una o dos cohortes con mayor magnitud que, en el caso de las MC disminuyeron a lo largo del ciclo. Mientras que la MS presentó un leve incremento en las cohortes ocurridas a mediados y fin de ciclo. Del mismo modo, las MS Avena + *V. villosa*, Centeno + *V. sativa* y la MC Centeno + *V. villosa* presentaron cohortes con similar magnitud a principios y fin de ciclo, registrándose un menor ritmo de aparición a mediados de ciclo. En el caso de esta última mezcla, se registró un pico a fin de ciclo. Por último, la MS Centeno + *V. villosa* y la MC Centeno + *V. sativa* presentaron un incremento del parámetro a mediados de ciclo, el cual fue más marcado en la MS. Mientras que, la MC Avena + *V. villosa* no presentó emergencia en la mayoría de los muestreos a fin de ciclo (Fig. 16).

En el caso de malezas gramíneas O-I-P, la periodicidad de emergencia a lo largo del ciclo fue más marcada en determinados momentos dependiendo del tipo de CC. A principios, la MC Avena + *V. villosa* y las MS a base de esta misma especie gramínea, concentraron la aparición en tres y dos cohortes, respectivamente, de similar magnitud (Fig. 16). De manera similar ocurrió en las MS a base de Centeno junto con la MC Centeno + *V. sativa*, donde además se extendió hasta mediados de ciclo en dos o más cohortes (Fig. 16). Finalmente, las MC Avena + *V. sativa* y Centeno

+ *V. villosa* fueron las que más la extendieron en todos los momentos de estudio, presentando picos a principios de ciclo (Fig. 16).

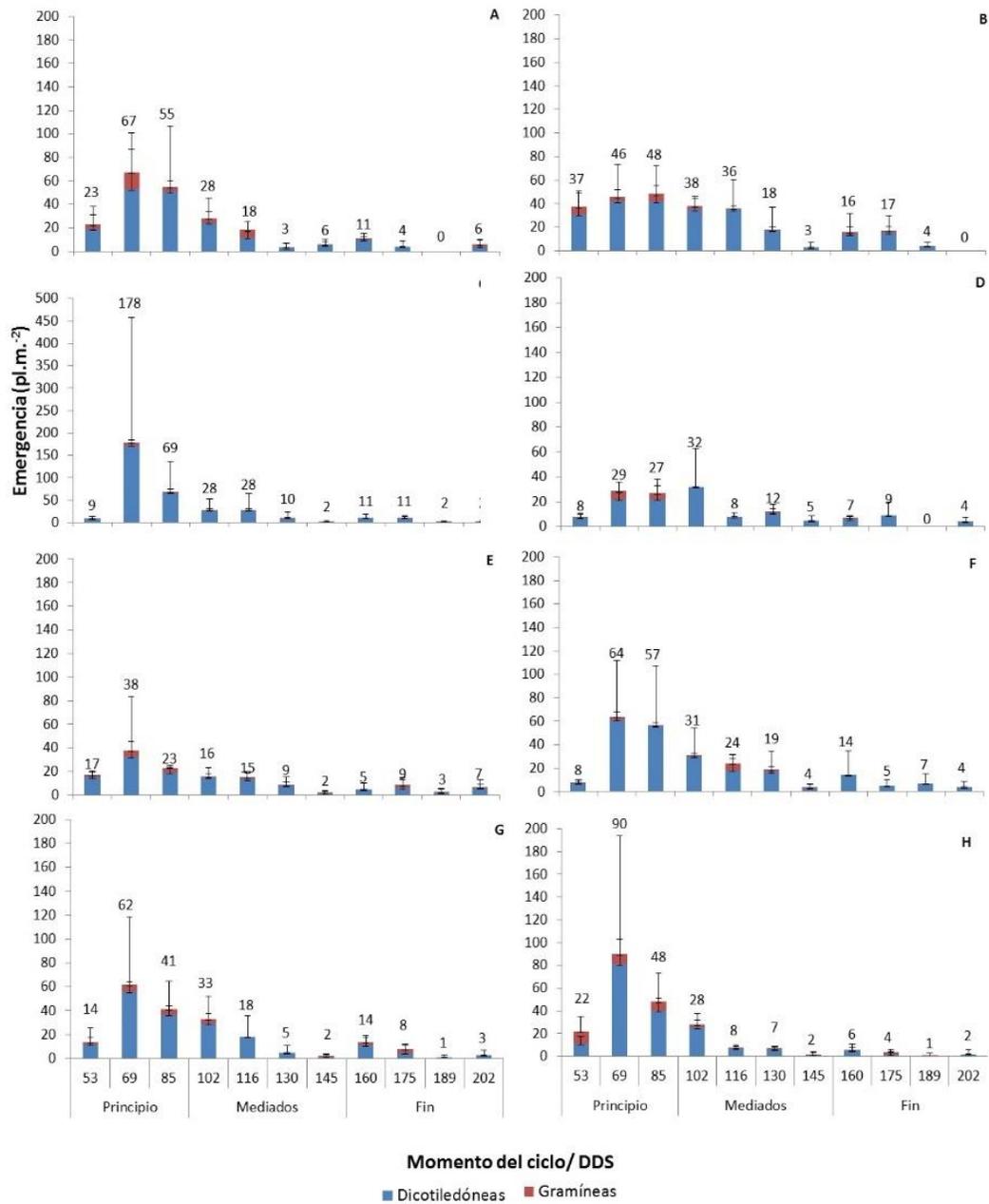


Figura 15. Periodicidad de emergencia de malezas O-I-P en los diferentes momentos del ciclo en 2019 (principio, mediados y fin) para las distintas mezclas de CC evaluadas: MC1 (A), MS1 (B), MC2 (C), MS2 (D), MC3 (E), MS3 (F), MC4 (G) y MS4 (H). En las barras se presentan los valores promedio de densidad de emergencia de malezas O-I-P: dicotiledóneas (en azul) y gramíneas (en rojo). Las barras de dispersión indican el desvío estándar de los valores promedio de cada grupo de malezas.

Capítulo III. Dinámica de emergencia de malezas O-I-P bajo diferentes mezclas de CC

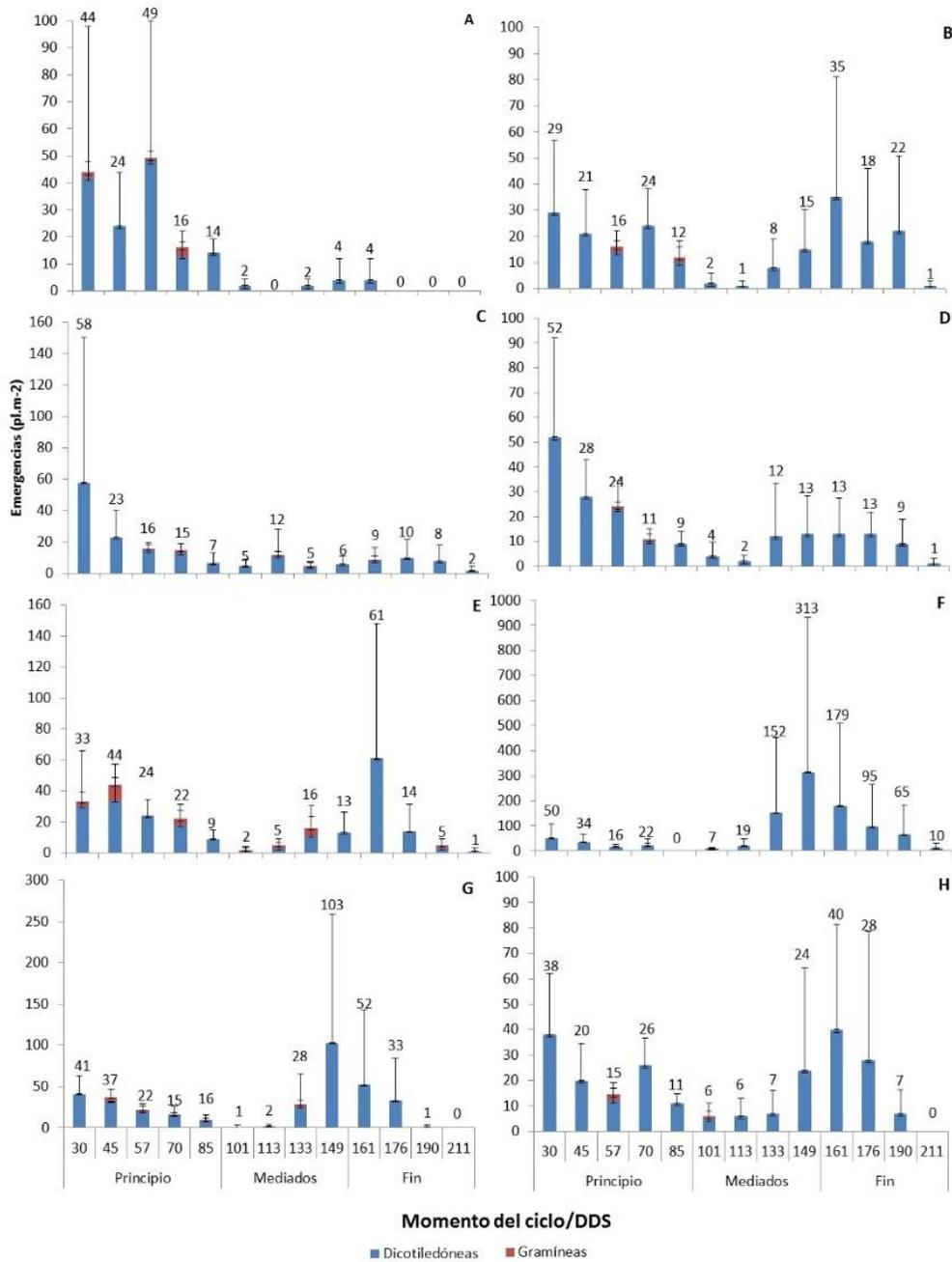


Figura 16. Periodicidad de emergencia de malezas O-I-P en diferentes momentos del ciclo en 2020 (principio, mediados y fin) para las distintas mezclas de CC: MC1 (A), MS1 (B), MC2 (C), MS2 (D), MC3 (E), MS3 (F), MC4 (G) y MS4 (H). En las barras se presentan los valores promedio de densidad de plantas de malezas O-I-P: dicotiledóneas (en azul) y gramíneas (en rojo). Las barras de dispersión indican el desvío estándar de los valores promedio de cada grupo de malezas.

Para ambos años de estudio en los CC se observó que, a diferencia de TL, la emergencia de malezas dicotiledóneas O-I-P ocurrió en un mayor número de cohortes que presentaron una baja proporción. En TL se concentró gran parte en una o dos cohortes de gran proporción y fue baja o

nula en las restantes cohortes a lo largo del ciclo. Esta mayor fluctuación de la emergencia de malezas en TL respecto de distintos CC también se observó en Buratovich & Acciaresi (2017). Asimismo, los CC presentaron en ambos años una aparición temprana de malezas y una disminución progresiva de la misma a lo largo del tiempo. Mientras que el TL presentó mayor proporción a principios de ciclo en 2019, aunque durante el 2020 se concentró a mediados de ciclo. Es decir que, el filtrado de los CC en la comunidad de malezas, a diferencia de los herbicidas, generaría una emergencia temprana durante un período de tiempo más largo (Ryan et al., 2010). La MS a base de Avena + *V. villosa* se destacó por presentar en ambos años de estudio un gran número de cohortes tempranas, ocurridas en el primer momento y prolongadas en el tiempo.

4.4 Magnitud de emergencia de malezas O-I-P

En 2019 no se encontraron diferencias significativas entre CC y testigos (TL y TE), para la ME de malezas O-I-P, tanto dicotiledóneas como gramíneas. Tampoco se hallaron diferencias significativas entre los distintos tipos de mezcla (Fig. 17A). En coincidencia con los resultados obtenidos, Nichols et al. (2020) encontraron que los CC no redujeron la densidad de emergencia de malezas. En parte, esto podría estar dado porque la interferencia en el desarrollo de malezas generada no sería tan eficaz en la reducción de la densidad, en relación a aquellas prácticas de manejo que interrumpen el ciclo de las especies como la diversificación de rotación de cultivos (Weisberger et al., 2019)

En 2020 la ME de malezas O-I-P y, en particular de especies dicotiledóneas, fue mayor ($p < 0,0001$) en TL y TE respecto de los CC (Fig. 17B). Es decir que, las mezclas suprimieron la emergencia de malezas O-I-P y dicotiledóneas entre un 88-98% y un 72-95%, en comparación con el TL y TE respectivamente. Estos valores de supresión son lo suficientemente altos como para que los CC eviten un aumento del banco de semillas (Liebman & Nichols, 2020) y coinciden con los resultados reportados en Buratovich & Acciaresi (2017), Cornelius & Bradley (2017) y Daita et al. (2018). Contrariamente, algunas investigaciones han encontrado un mayor grado de enmalezamiento en CC en relación a TL (Cornelius & Bradley, 2017). La ME de malezas gramíneas no presentó diferencias significativas entre CC, TL y TE. Tampoco se encontraron diferencias significativas entre tipos de mezclas para la ME de malezas O-I-P, tanto gramíneas como dicotiledóneas (Fig. 17).

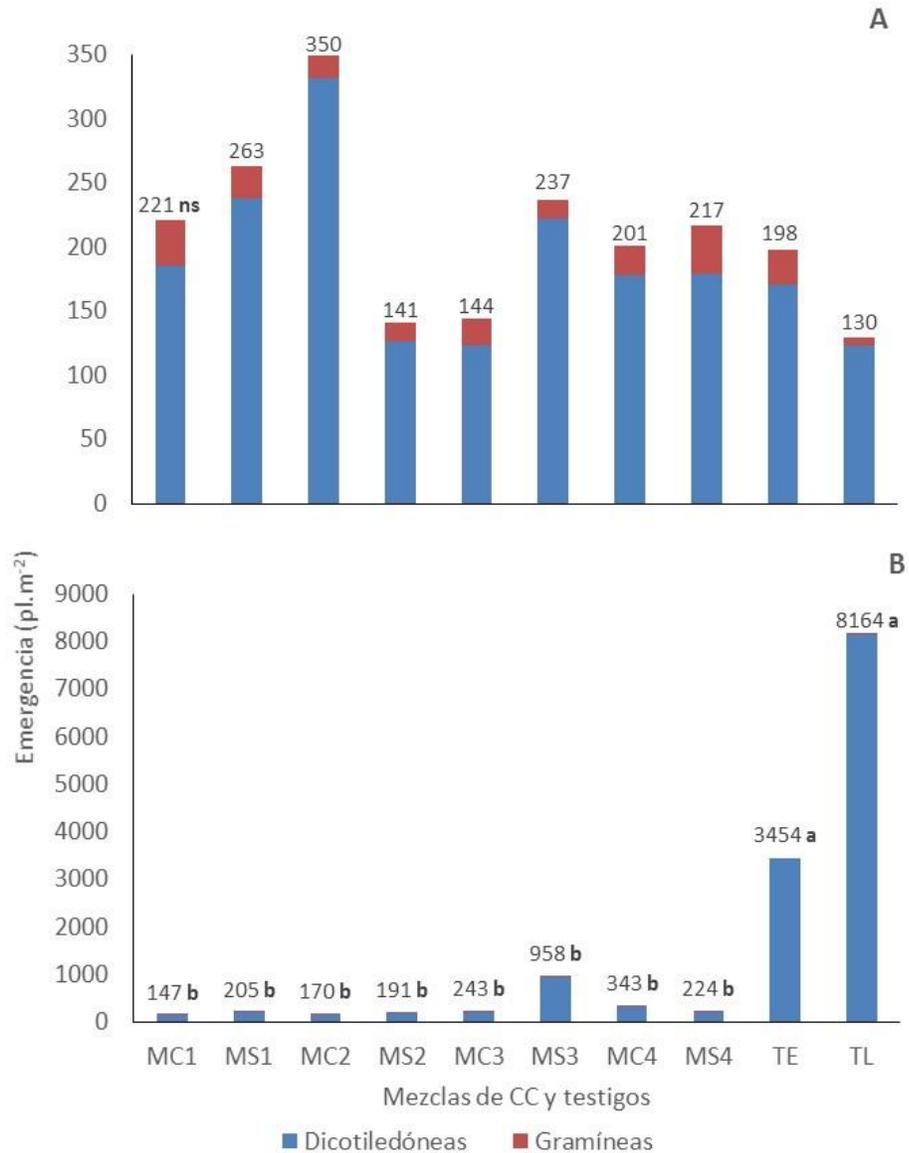


Figura 17. Magnitud de emergencia (pl.m⁻²) de malezas O-I-P: dicotiledóneas (en azul) y gramíneas (en rojo) en testigos y las diferentes mezclas para los años 2019 (A) y 2020 (B). Los datos de malezas O-I-P y dicotiledóneas se transformaron en log(x) y raíz cuadrada (x+1). En las barras se muestran los valores promedios de datos no transformados, diferencias significativas en la ME entre CC y testigos (indicadas por letras minúsculas diferentes) se determinaron a partir del análisis de datos transformados mediante el test de LSD de Fisher (p<0,05).

4.5 Magnitud de emergencia por especie de maleza

En 2019, no se encontraron diferencias significativas en la ME de *A. arvensis*, *P. aviculare*, *C. sumatrensis*, *G. spicata* y *Lolium spp.* entre CC y testigos. De igual manera sucedió para el análisis en los diferentes tipos de mezclas (Fig. 18A).

En 2020, la ME de *P. aviculare* fue mayor ($p < 0,0001$) en TL y TE respecto de CC. Esto corresponde a una supresión de más del 90% en la emergencia de la especie y, fue el principal determinante en la reducción de la ME de malezas O-I-P, enunciada anteriormente. En cuanto a las mezclas, Centeno + *V. sativa* presentó mayor ME de *P. aviculare* ($p = 0,0003$) que la MC Avena + *V. villosa* (Fig. 18C). Esto se corresponde con la menor abundancia de la maleza reportada anteriormente en la MC Avena + *V. villosa* para la mayoría de los momentos del ciclo.

En resumen, los puntos 4.4 y 4.5 indicarían para ambos años de estudio el potencial de las mezclas evaluadas en la supresión de la emergencia de malezas O-I-P y, en particular de las especies dicotiledóneas, sin diferencias marcadas entre estas. El nivel de supresión ejercido por los CC fue comparable o mayor al reportado en TL, con una disminución de la emergencia de *P. aviculare* bajo condiciones hídricas no limitantes y SD, impuestas en 2020.

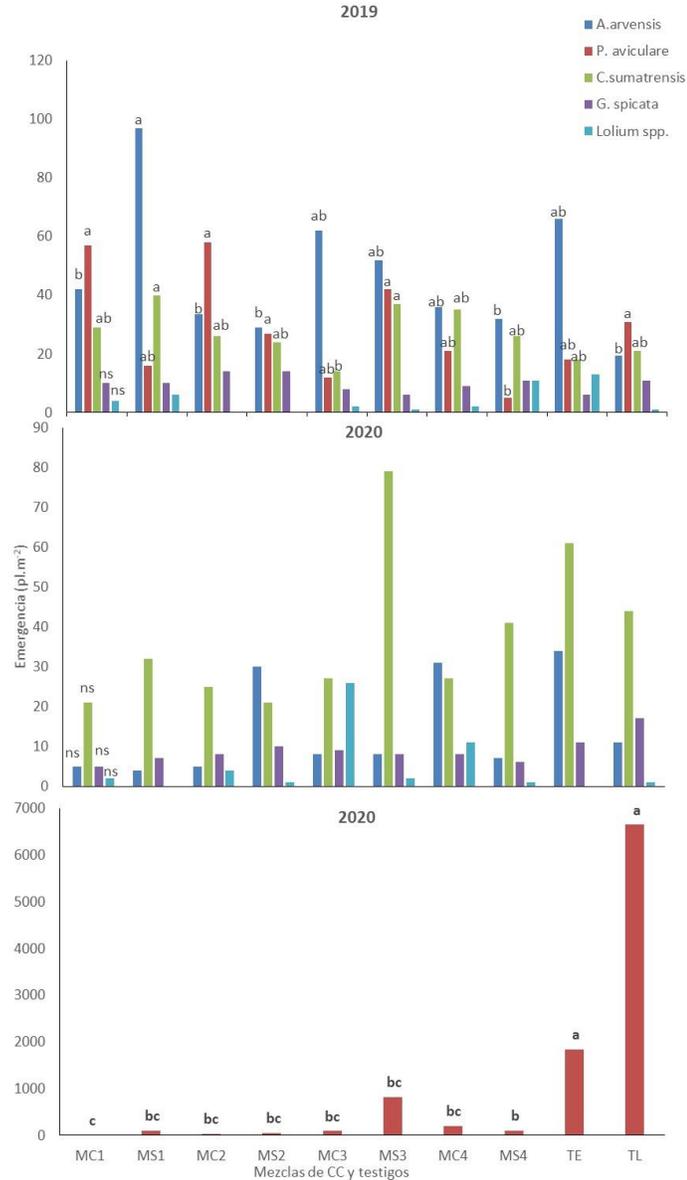


Figura 18. Magnitud de emergencia (pl.m^{-2}) de: *A. arvensis* (en azul), *P. aviculare* (en rojo), *C. sumatrensis* (en verde), *G. spicata* (en violeta) y *Lolium spp.* (en celeste) en las diferentes mezclas y testigos para el año 2019 (A) y 2020 (B y C). En 2019 los datos de *P. aviculare* se transformaron en $\log(x+1)$ y, los de *A. arvensis* junto con *G. spicata* en raíz $(x+1)$. En 2020 los datos de *C. sumatrensis* y *P. aviculare* se transformaron en $\log(x+1)$. En las barras se muestran los valores promedios de datos no transformados, diferencias significativas en la ME de cada especie entre CC y testigos (indicadas por letras minúsculas diferentes) se determinaron a partir del análisis de datos transformados mediante el test de LSD de Fisher ($p < 0,05$).

4.6 Tiempo medio de emergencia (TME) de malezas O-I-P

En la figura 19A se presentan los TME registrados en el año 2019 para las mezclas y los testigos en los diferentes grupos de malezas evaluados. El TME de malezas O-I-P y, en particular de las

gramíneas O-I-P, fue mayor ($p=0,04$ y $p=0,01$) en TL y CC (sin diferencias significativas entre estos) respecto del TE. Estos resultados indicarían que la emergencia fue más extendida en el tiempo con el uso de herbicidas y CC, mientras que en TE se concentró en la etapa inicial del ciclo, principalmente para especies gramíneas. Posiblemente esto se deba a que la disminución en la temperatura del suelo bajo los CC podría no ser lo suficiente para evitar la germinación de semillas de malezas, pero si permitiría ralentizar o retrasar este proceso (Teasdale & Draughtry, 1993; Williams et al.,1998).

En cuanto a diferencias en este parámetro entre tipos de cultivo, las MS Avena + *V. sativa* ó *V. villosa* y Centeno + *V. villosa* junto con la MC de esta última presentaron mayor TME de malezas O-I-P ($p=0,03$) que la MS Centeno + *V. sativa* (Fig. 19A). Estos resultados son coincidentes con el mayor número de cohortes de emergencia reportado anteriormente para la mayoría de las mezclas que presentaron superior TME. Por último, no se encontraron diferencias significativas en el TME de malezas dicotiledóneas y gramíneas entre tipos de CC (Fig. 19A).

Contrariamente a lo observado en el primer año de estudio, en 2020 el TME de malezas O-I-P y, en particular de especies dicotiledóneas, fue mayor ($p=0,0001$) en TE y TL respecto de los CC (Fig. 19B). En las mezclas, el registro de la mitad de la emergencia en días calendario se corresponde a mediados de mayo y, para los testigos aproximadamente fines de junio-principios de julio. Este momento es coincidente con la ocurrencia de precipitaciones con registros mayores a los normales para la zona (ver capítulo II). Existen evidencias de que las precipitaciones modifican el tiempo de emergencia de malezas dentro de su temporada de crecimiento (Roberts, 1984), siendo un factor que estimula su aparición (Stoller & Wax, 1973), lo que podría explicar la concentración del 50% de la emergencia en momento como respuesta a una mayor humedad en el suelo. En el caso de malezas gramíneas, a diferencia del 2019, el TME fue mayor en CC respecto de TL ($p=0,04$). Mientras que no se encontraron diferencias significativas en el TME entre las distintas mezclas para los distintos grupos de malezas evaluados (Fig. 19B).

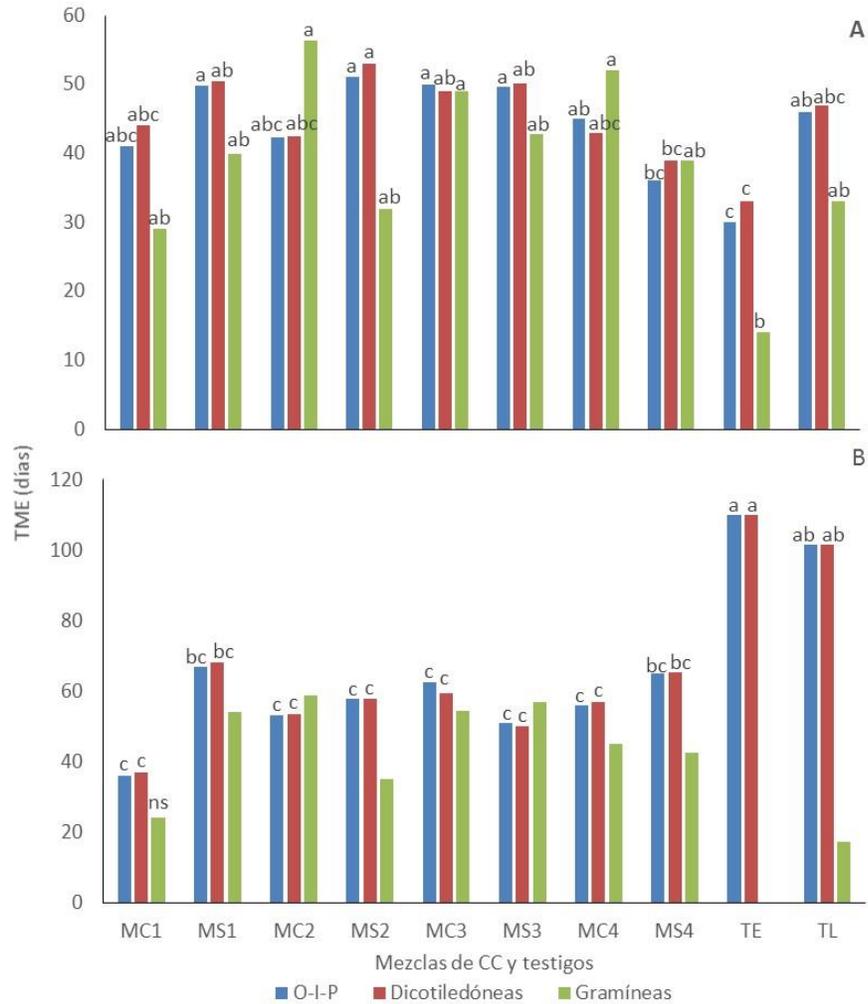


Figura 19. TME (días) promedio de las diferentes mezclas y testigos para malezas O-I-P (en azul), dicotiledóneas (en rojo) y gramíneas (en verde) en el año 2019 (A) y 2020 (B). Los datos de malezas gramíneas en 2020 se transformaron en raíz cuadrada (x). En la figura se muestran los valores promedios de datos sin transformar, diferencias significativas en el TME entre CC y testigos (indicadas por letras minúsculas diferentes) se determinaron a partir del análisis de datos transformados mediante el test de LSD de Fisher ($p < 0,05$).

4.7 Tiempo medio de emergencia (TME) de especies de malezas

En 2019 el TME de *C. sumatrensis*, *Lolium spp* fue mayor ($p=0,001$) en CC respecto de TL y TE. De similar manera sucedió con *G. spicata* ($p=0,02$), aunque no presentó diferencias entre mezclas y TL. Asimismo, las MC Centeno + *V. villosa* y Avena + *V. sativa* presentaron mayor ($p=0,004$) TME de *C. sumatrensis* que la MS y MC a base de Centeno + *V. sativa* (Fig. 20A). Mientras que las restantes especies evaluadas no presentaron diferencias significativas en el TME entre las diferentes mezclas (Fig. 20A).

En 2020 se encontró que *P. aviculare* presentó un TME mayor ($p=0,04$) en la MC a base de Avena + *V. sativa* y la MS Centeno + *V. sativa* en relación a la MC conformada por Avena + *V. villosa*, sin diferencias significativas con los testigos (Fig. 20B). La ventana de emergencia más extendida en el tiempo en la MS Centeno + *V. sativa* podría explicar la mayor ME enunciada anteriormente para esta mezcla en relación a la MC Avena + *V. villosa*. Las restantes especies evaluadas no presentaron diferencias significativas para los distintos CC y los testigos (Fig. 20B).

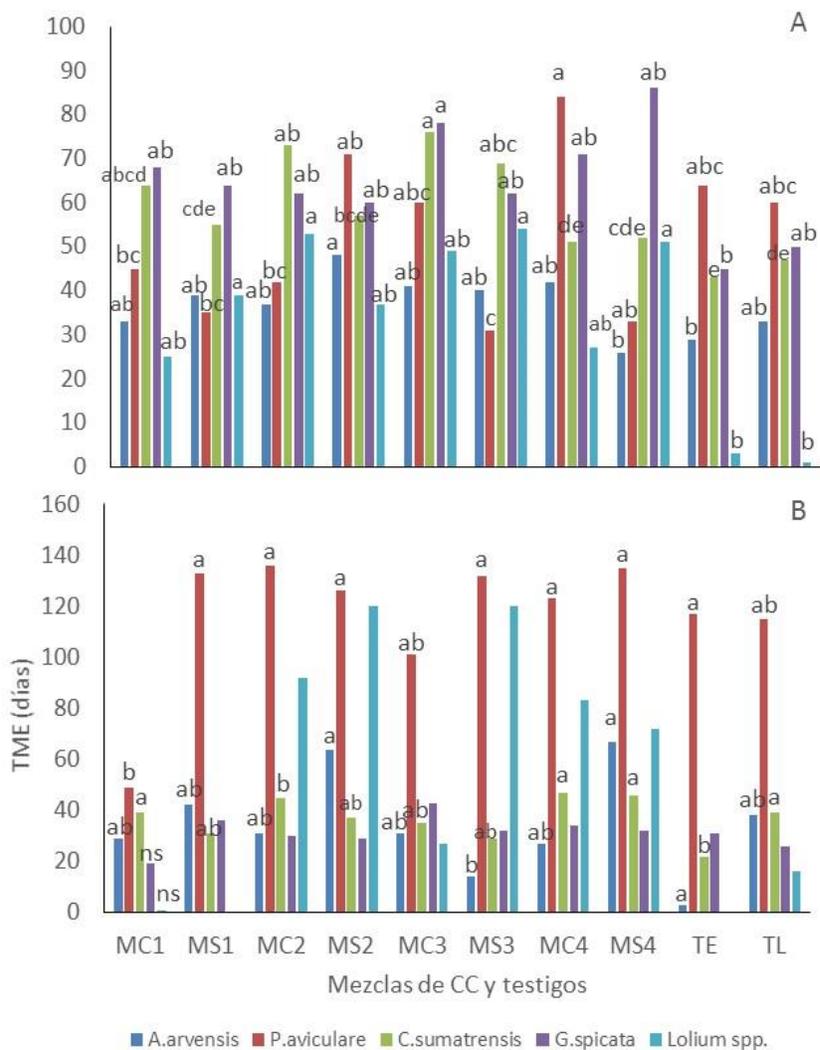


Figura 20. TME (días) promedio de *A. arvensis* (en azul), *P. aviculare* (en rojo), *C. sumatrensis* (en verde), *G. spicata* (en violeta) y *Lolium spp.* (en celeste) en las diferentes mezclas y testigos para el año 2019 (A) y 2020 (B). En 2019 los datos de *G. spicata* y *Lolium spp.* se transformaron en $\log(x)$ y raíz $(x+1)$ y, en 2020 los datos de *P. aviculare* se transformaron en potencia cúbica (x) , los de *C. sumatrensis* en $\log(x)$ y *A. arvensis* en raíz (x) . En la figura se muestran los valores sin transformar, diferencias significativas en el TME de cada especie entre CC y testigos (indicadas por letras minúsculas diferentes) se determinaron a partir del análisis de datos transformados mediante el test de LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Los resultados enunciados en 4.6 y 4.7 determinan que los CC modificaron el TME de malezas respecto de lo observado en condiciones de barbecho químico y no control. Sin embargo, las diferencias encontradas entre años podrían indicar los efectos del sistema de labranza y de las precipitaciones en este parámetro.

El TME permitió evidenciar bajo las condiciones hídricas limitantes impuestas en 2019, que en las mezclas de CC y en barbecho químico, la emergencia de malezas O-I-P y de la mayoría de las especies evaluadas fue más extendida en el tiempo en relación a la situación sin control de malezas. Se destacó la MC Centeno + *V. villosa* por presentar mayor TME de malezas O-I-P y de *C. sumatrensis* que la MS Centeno + *V. sativa*. Una emergencia más extendida de malezas podría repercutir principalmente en aquellas cohortes de malezas que emergen más tarde con una menor producción de semillas, respecto de aquellas que emergen más temprano (Gallandt, 2006; Liebman et al., 2021), lo que reduciría la entrada de semillas al banco.

Por el contrario, bajo condiciones hídricas no limitantes impuestas en 2020 la emergencia malezas O-I-P fue más extendida a lo largo del ciclo en TL y TE, mientras que se concentró en la etapa inicial del ciclo para CC. Esto último también fue reportado por Pinto & Piñeiro (2018) y podría repercutir en un menor desarrollo y habilidad competitiva de malezas frente al CC en desarrollo (Hock et al., 2006).

4.8 Emergencia de malezas O-I-P en diferentes momentos del ciclo de CC

A lo largo de todo el relevamiento de la emergencia, en determinados momentos del ciclo se encontraron diferencias en la ME registrada entre los testigos y tipos de CC. A continuación, se describen los principales resultados encontrados.

En el año 2019 a principios del ciclo (53DDS) se encontró mayor emergencia de malezas O-I-P ($p=0,009$) en TE respecto de CC y TL, sin diferencias significativas entre estos últimos (Fig. 21A). Asimismo, la MS Avena + *V. villosa* presentó mayor emergencia ($p=0,01$) que las MC a base de: Centeno + *V. villosa* ó *sativa*, Avena + *V. villosa* y las MS Avena + *V. sativa* y Centeno + *V. villosa*. Para este mismo momento, también se registró una mayor emergencia de malezas dicotiledóneas ($p=0,02$) en TE a razón de la mayoría de las mezclas evaluadas (MC y MS a base de: Centeno + *V. sativa*, la MC Avena + *V. sativa*, la MS Centeno + *V. villosa* y Avena + *V. sativa*) (Fig. 21A).

A mitad de ciclo (116 DDS) fue mayor la emergencia de malezas O-I-P ($p=0,002$) y, entre ellas principalmente de las especies dicotiledóneas ($p=0,001$), en las distintas mezclas que en los testigos TL y TE (Fig. 21B). Esto podría estar dado por el mantenimiento de la humedad del suelo proporcionado por los CC, lo que aumentaría la emergencia de malezas (Teasdale & Mohler, 1993). Desde el enfoque del manejo del banco de semillas podría ser visto como un beneficio, ya que la germinación es un mecanismo de pérdida de semillas (Gallandt, 2006), teniendo en cuenta las condiciones restrictivas para el establecimiento de las plántulas que germinaron dentro de los CC. La MS Avena + *V. villosa* presentó mayor ($p=0,005$) emergencia de ambos grupos de malezas respecto de las MS a base de *V. sativa* independientemente de la gramínea a utilizar, Centeno ó Avena (Fig. 21B).

A fin de ciclo no se encontraron diferencias significativas en la emergencia de malezas O-I-P (dicotiledóneas y gramíneas) entre los testigos y las distintas mezclas evaluadas. La emergencia de malezas gramíneas en general fue baja para los diferentes momentos del ciclo y no presentó diferencias significativas entre los testigos y las distintas mezclas evaluadas.

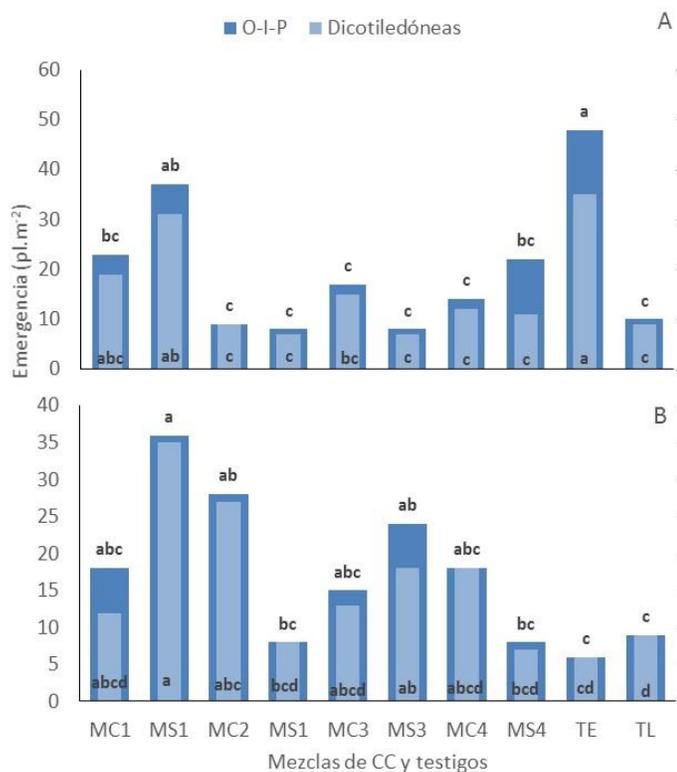


Figura 21. Emergencia de malezas (pl.m⁻²) O-I-P (en azul) y dicotiledóneas (en celeste) a principios (A) y mediados de ciclo (B) en 2019 para las distintas mezclas y los testigos. Los datos de mediados de ciclo se transformaron en raíz (x) y log (x+1), respectivamente para cada momento evaluado. En las barras se presentan los valores promedios de datos no transformados, diferencias significativas en la emergencia de malezas entre CC y testigos (indicadas por letras minúsculas diferentes) se determinaron a partir del análisis de datos transformados mediante el test de LSD de Fisher ($p < 0,05$).

En el año 2020 a partir de los 85 DDS los testigos TL y TE presentaron mayor emergencia de malezas O-I-P, las cuales fueron principalmente dicotiledóneas, que los CC en la mayoría de los relevamientos realizados, a excepción del muestreo a los 176 DDS donde no se encontraron diferencias significativas (Tabla 4). La emergencia de malezas gramíneas fue en la mayoría de los casos baja o nula para los testigos y mezclas evaluadas, sin diferencias significativas entre estos.

Tabla 4. Emergencia de malezas O-I-P (pl.m^{-2}) en CC y testigos en los diferentes momentos de muestreo a partir de mediados de ciclo. Los datos a los: 85, 101, 149 y 190 DDS fueron transformados a log (x+1) y, los restantes datos fueron analizados con MLGM. En la tabla se presentan los valores promedios de datos no transformados, pero diferencias entre CC o testigos ($p < 0,05$) dentro de un mismo momento del ciclo (indicadas por letras minúsculas diferentes) se determinaron a partir del análisis de datos transformados.

Muestreo (DDS)	Emergencia (pl.m^{-2})			
	CC	TE	TL	p-valor
85	9b	26a	33a	0,0007
101	4b	46a	23ab	0,0015
113	5b	172a	291a	<0,0001
133	29b	574a	3270a	<0,0001
149	61b	1138a	3978a	<0,0001
161	49b	855a	sd	<0,0001
176	26a	369a	0a	0,9976
190	15b	123a	354a	0,0001
211	2b	38a	118a	0,0001

Acerca de las diferencias halladas entre mezclas, a principios de ciclo (85 DDS) se encontró que la MS Centeno + *V. villosa* presentó la menor emergencia ($p=0,04$) de malezas O-I-P, las cuales fueron principalmente dicotiledóneas, a comparación de todos los CC evaluados (Fig. 22A). A mediados (149 DDS), la MC Centeno + *V. sativa* presentó mayor emergencia ($p < 0,0001$) que la MC Avena + *V. villosa* (Fig. 22B). Mientras que a los 190 DDS, fin de ciclo, las MS Avena + *V. sativa* ó villosa, Centeno + *V. villosa* y la MC Centeno + *V. sativa* presentaron mayor ($p=0,0007$) emergencia respecto de la MC a base de Avena + *V. villosa* (Fig. 22C).

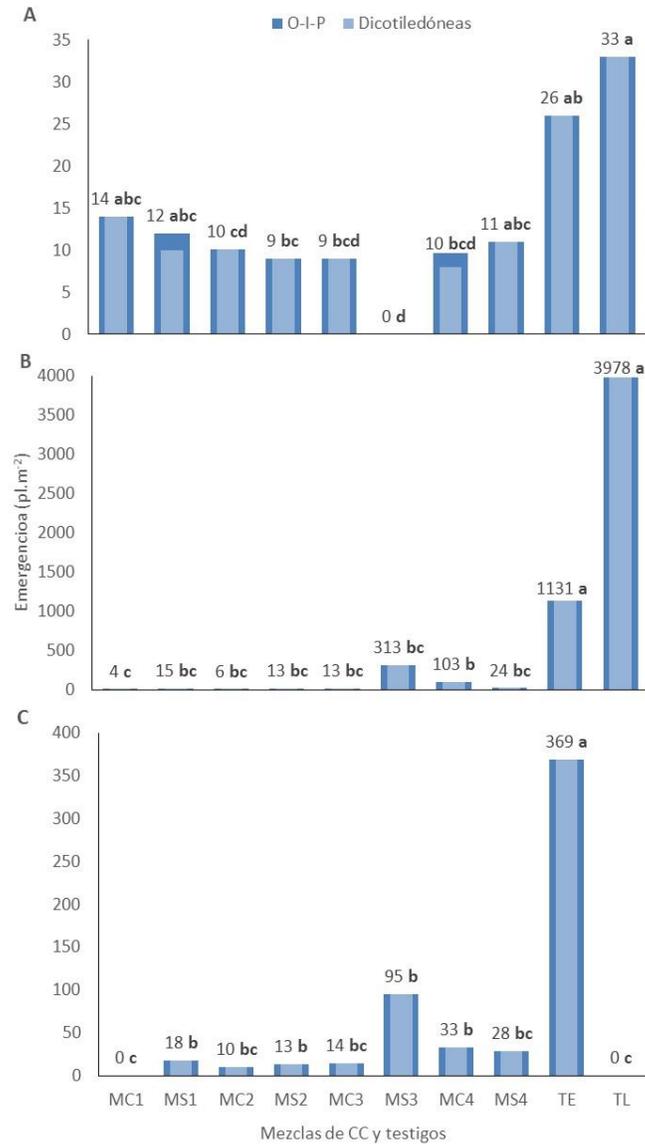


Figura 22. Emergencia de malezas (pl.m²) O-I-P (en azul) y dicotiledóneas (en celeste) a principios (A), mediados (B) y fin (C) de ciclo, para las distintas mezclas de CC y testigos. Los datos de cada momento se transformaron en raíz cuadrada (x+1) y log (x+1). En las barras se presentan los valores promedios de datos no transformados, diferencias significativas en la emergencia de malezas entre CC y testigos dentro de un mismo momento del ciclo (indicadas por letras minúsculas diferentes) se determinaron a partir del análisis de datos transformados mediante el test de LSD de Fisher (p<0,05).

4.9 Emergencia por especie de maleza en diferentes momentos del ciclo de CC

En 2019 se encontraron diferencias significativas en la emergencia de *A. arvensis* y *P. aviculare* entre los testigos y los distintos CC en diferentes momentos del ciclo. De similar manera sucedió para esta última especie a mediados de ciclo de 2020. Los resultados se detallan en el Anexo IV.

En este punto se destaca que la MS Avena + *V. villosa* presentó mayor emergencia de *A. arvensis* a principio y mediados de ciclo de 2019, lo que coincide con los mayores valores de abundancia de la especie encontrados anteriormente para todos los momentos del ciclo en esta misma mezcla.

A partir de lo expuesto en el punto 4.8 y 4.9 se concluye que para ambos años de estudio los CC generaron una reducción de la emergencia de malezas O-I-P a principios de ciclo en comparación con las condiciones de no control, lo cual es muy importante para el manejo ya que minimiza el consumo de recursos por parte de las malezas (Jordan, 1993). En este momento se destacó en ambos años de estudio, la MS Centeno + *V. villosa* por presentar bajos valores de emergencia de malezas O-I-P, las cuales correspondían en su mayoría a dicotiledóneas. Asimismo, la emergencia fue similar o menor a la reportada en TL, para cada año de estudio.

En la mayoría de los relevamientos realizados bajo condiciones hídricas no limitantes impuestas en 2020, la emergencia de malezas O-I-P fue menor en los CC respecto de los testigos. Mientras que, en condiciones hídricas limitantes, la MS Avena + *V. villosa* se encontró entre las mezclas con mayor emergencia de malezas O-I-P, dicotiledóneas y de la especie *A. arvensis* en la mayor parte de los momentos del ciclo.

4.10 Diversidad

Los resultados del análisis de diversidad se detallan en el Anexo V. En general, para ambos años de estudio no se encontraron diferencias significativas en el índice de diversidad promedio entre los tipos de CC y los testigos. Sin embargo, teniendo en cuenta los valores de la escala de Simpson (Krebs, 1985), en el primer año la mayoría de las mezclas junto con TL presentaron niveles de diversidad medios. Mientras que, por lo contrario, en 2020 fueron bajos.

Al igual que lo mencionado anteriormente, el análisis por momentos no determinó diferencias significativas entre los casos evaluados, a principios y mediados de ciclo, para ambos años. En este punto, en su mayoría la diversidad presentó valores medios a principios de ciclo en ambos años y mediados del 2019. En tanto, a mediados del 2020 la diversidad fue baja. A fin de ciclo, para ambos años, un mayor número de mezclas junto con los testigos presentaron bajos índices. Es decir que, los niveles de diversidad fueron disminuyendo a medida que se avanzó en el tiempo durante el ciclo de los CC para ambos años de estudio.

4.11 Riqueza específica

Los resultados del análisis se detallan en el Anexo VI. En relación a esto, se resume que en 2019 no se encontraron diferencias significativas en la riqueza específica promedio entre todos los casos evaluados. Por lo contrario, en 2020 los testigos presentaron mayor ($p < 0,0001$) número promedio de especies que los CC, lo que podría explicarse por la mayor supresión de malezas registrada anteriormente respecto de los testigos.

Asimismo, para ambos años de estudio no se encontraron diferencias significativas en la riqueza a principios de ciclo. Mientras que, a mediados de ciclo en 2019 el número promedio de especies hallado en TE fue menor a la de los CC, sin diferencias con TL. A diferencia de lo anteriormente mencionado, en 2020, TE presentó un mayor valor de este parámetro que las mezclas, sin diferencias entre tipos (complejas o simples). De similar manera sucedió a fin de ciclo para el último año de estudio, donde la riqueza en ambos testigos fue mayor a los CC, lo que podría estar dado por la baja emergencia de malezas reportada en estos últimos. Mientras que, en 2019, no se encontraron diferencias significativas.

Resulta importante destacar que, en todos los casos evaluados, a lo largo de los momentos del ciclo evaluados la riqueza fue disminuyendo, un 50% aproximadamente. Esto es coincidente con lo reportado antes para el análisis de diversidad.

4.12 Dinámica de la emergencia por especie de maleza

En 2019 la emergencia de *Lolium spp.* en las diferentes mezclas de CC fue sincrónica ($b=15,97$) y el 50% de la misma ocurrió en promedio a los 1245 MPa°Cd (Fig. 23). Sin embargo, la MC Centeno + *V. villosa* presentó un mayor requerimiento hidrotermal medio respecto de la MS Centeno + *V. sativa* (1315 vs 1185 MPa°Cd) (Fig. 23).

Al comparar años de estudio, en la MC Centeno + *V. villosa* se evidenció que el 50% de la emergencia ocurrió con menor requerimiento hidrotermal en 2020 que en 2019 (1126 vs 1308 MPa°Cd). Asimismo, la tasa de emergencia fue menor ($b= 6,6$ vs 14,15), es decir, más extendida en el tiempo (Fig. 24). Estos resultados podrían estar dados por el marcado incremento de las precipitaciones en 2020, lo que determina los pulsos de emergencia de la especie (Gigón et al., 2014; Gigón et al. 2017). Asimismo, la labranza realizada en 2019 podría haber aumentado la

profundidad en la se encontraban las semillas en el suelo, incrementado el HTT (Yannicari et al., 2015).

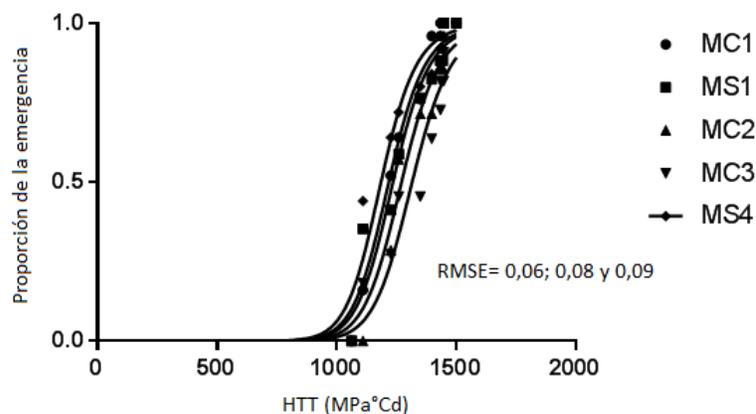


Figura 23. Dinámica de la emergencia de *Lolium spp.* representada por una función logística en función del tiempo hidrotérmico acumulado (HTT) en la MC y MS Avena + *V. villosa*, MC Avena + *V. sativa* y Centeno + *V. villosa* y la MS Centeno + *V. sativa* para 2019.

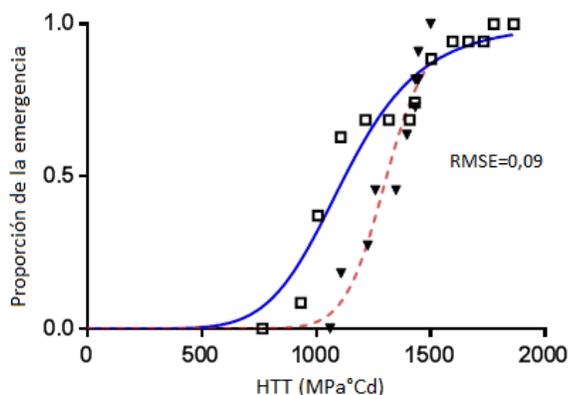


Figura 24. Dinámica de la emergencia de *Lolium spp.* representada por una función logística en función del tiempo hidrotérmico acumulado (HTT) en la MC Centeno + *V. villosa* para 2019 (en rojo) y 2020 (en azul).

P. aviculare no presentó diferencias en el flujo de emergencia observado entre mezclas de CC y años de estudio (Fig. 25). Es decir que la emergencia fue independiente del manejo implementado y de las condiciones meteorológicas imperantes. El patrón de emergencia fue muy sincrónico con un requerimiento de tiempo hidrotérmico medio (HTT50) de 630 MPa°Cd. Sin embargo, es de destacar lo expresado anteriormente, respecto de que la especie presentó mayor ME bajo condiciones hídricas no limitantes y SD impuestas en el año 2020.

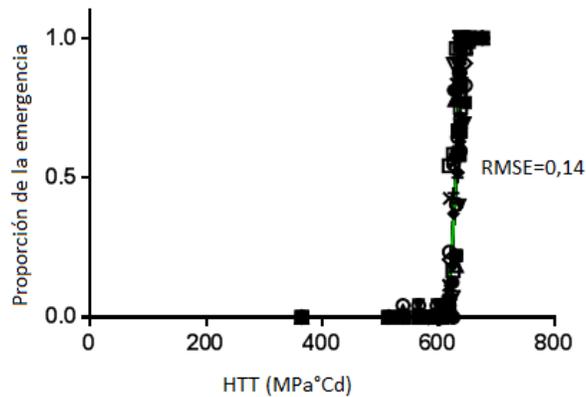


Figura 25. Dinámica de la emergencia de *P. aviculare* representada por una función logística en función del tiempo hidrotérmico acumulado (HTT) para 2019 y 2020 incluyendo todas las mezclas de CC y testigos evaluados.

La emergencia de *G. spicata* no registró diferencias estadísticas entre TL, la MC y MS a base de Avena + *V. sativa*, para cada año de estudio (Fig. 26). La misma fue bien representada mediante la función matemática y el HTT_{50} fue de 1859 y 1422 $MPa^{\circ}Cd$, con una tasa de emergencia de 21,3 y 12,21 para 2019 y 2020 respectivamente.

Al comparar años de estudio en las mezclas de CC se determinó que, al igual que los casos analizados anteriormente, el requerimiento hidrotérmico medio fue menor en 2020 que en 2019 (en $MPa^{\circ}Cd$: 1440 vs 1883). Asimismo, la ventana de emergencia fue similar en ambos años, a excepción de la MS Avena + *V. sativa* en donde la emergencia fue más extendida en 2020 respecto de 2019 (en tasa de emergencia: 5 vs 13) (Fig. 27). Esta especie ha sido comúnmente encontrada en relevamientos junto con *C. sumatrensis*, lo que sugiere que podrían presentar un comportamiento similar frente al manejo, y se encuentra adaptada a sistemas de siembra directa (Papa et al., 2010; Szare et al., 2015). En parte, esto podría explicar los resultados encontrados.

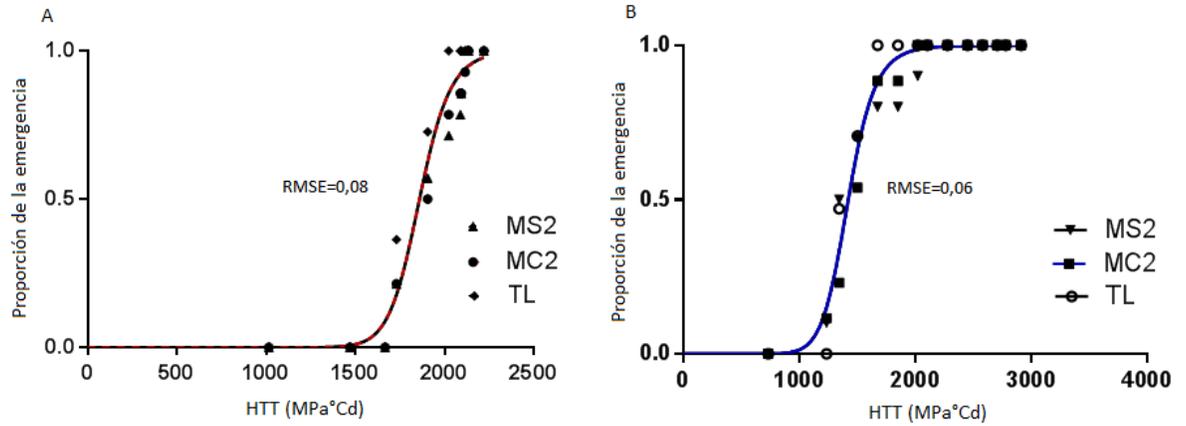


Figura 26. Dinámica de la emergencia de *G. spicata* representada por una función logística en función del tiempo hidrotermal acumulado (HTT) en la MS y MC Avena + *V. sativa* para 2019 (A) y 2020 (B).

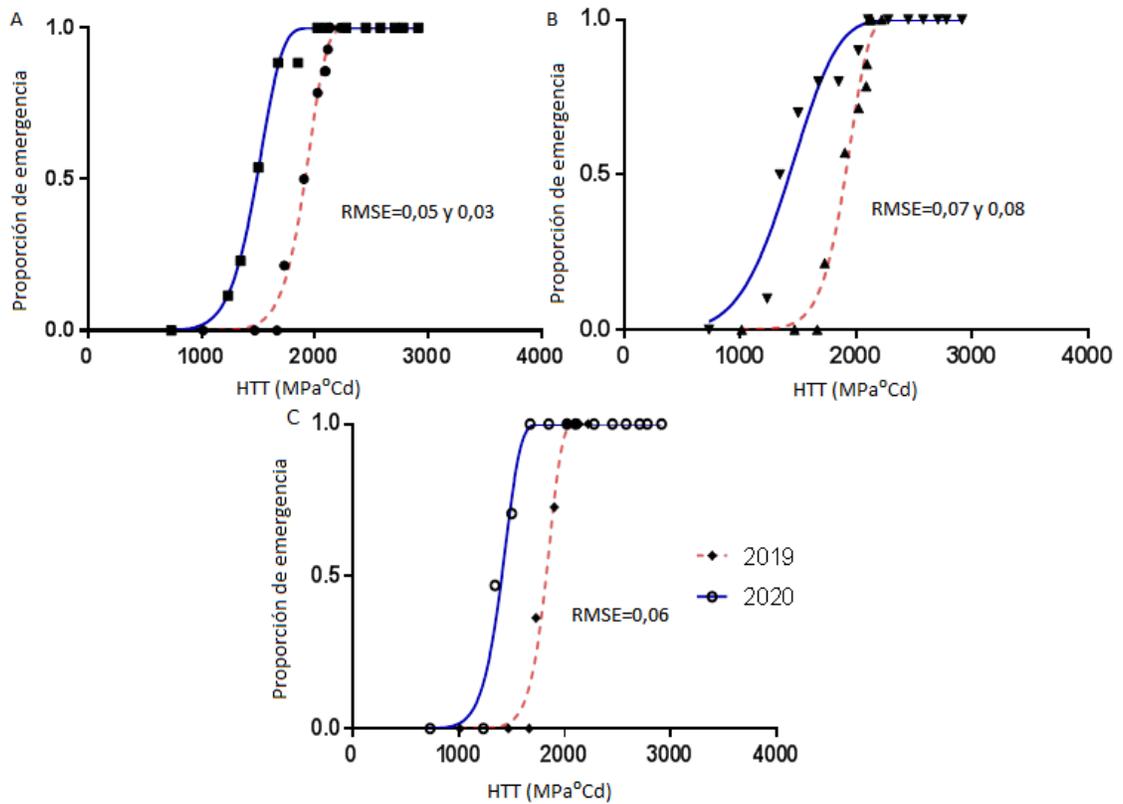


Figura 27. Dinámica de la emergencia de *G. spicata* representada por una función logística en función del tiempo hidrotermal acumulado (HTT) en la MC ó MS Avena + *V. sativa* (A y B) y TL (C) para 2019 (en rojo) y 2020 (en azul).

A. arvensis presentó en 2019 diferencias en el flujo de emergencia entre tipos de CC y testigos. La MS Centeno + *V. sativa* y TE registraron la mitad de la emergencia de la especie a los 1630 MPa°Cd. Seguido por las MC y MS conformadas por Avena ó Centeno + *V. villosa*, las MC Centeno ó Avena + *V. sativa* y TL que presentaron un HTT50 de 1700 MPa°Cd. Sin embargo, TL presentó una mayor tasa de emergencia ($b=51,8$), es decir que la emergencia fue sincrónica, a comparación de los CC que extendieron mucho más el período de emergencia. Por último, la MS Avena + *V. sativa* presentó la mitad de la emergencia a los 1831 MPa°Cd con una tasa de emergencia baja ($b=6,56$) (al igual que las restantes mezclas evaluadas) comparada a la que se encontró en la MS con Centeno + *V. sativa* ($b=15,3$) (Fig. 28). Esto indicaría una emergencia más extendida en el tiempo y coincide con la baja ME encontrada a principios de ciclo (ver anexo III).

Al comparar años de estudio para la MS Avena + *V. villosa*, MC Centeno + *V. sativa* y ambos testigos, se determinó que en todos los casos la emergencia de la especie presentó un requerimiento hidrotermal menor y fue más extendida en el tiempo en 2020 (Fig. 29). En general, durante 2019 la emergencia en las mezclas de CC presentó un requerimiento hidrotermal mayor y además una menor pendiente de la curva, que indicaría una ventana de emergencia más corta (Fig. 29). Esto podría estar dado por las condiciones meteorológicas diferenciales entre años de estudio, ya que las lluvias en las primeras etapas del cultivo son favorables para la germinación y crecimiento de la especie (Duary *et al.*, 2000). Sin embargo, para el caso de los testigos, el HTT50 fue igual entre años (1638 MPa°Cd) debido a las tasas de emergencia diferenciales ($b= 1,83$ vs $0,54$), que indican una emergencia más sincrónica en 2019.

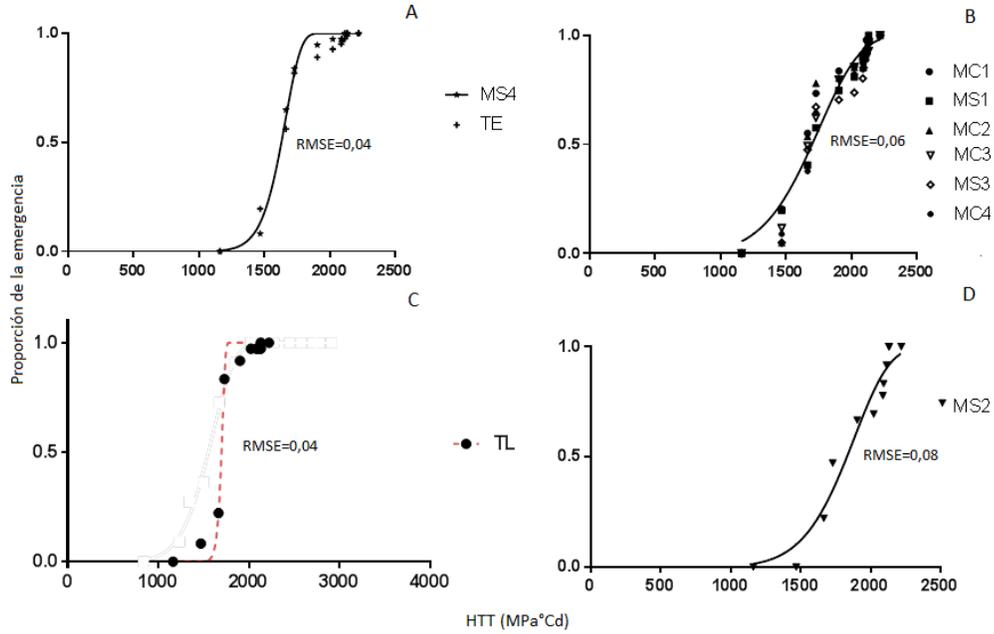


Figura 28. Dinámica de la emergencia de *A. arvensis* representada por una función logística en función del tiempo hidrotérmico acumulado (HTT) en: Centeno + *V. sativa* y TE (A), MC y MS de Avena ó Centeno + *V. villosa* y, las MC Centeno ó Avena + *V. sativa* (B), TL (C) y Avena + *V. villosa* (D) para 2019.

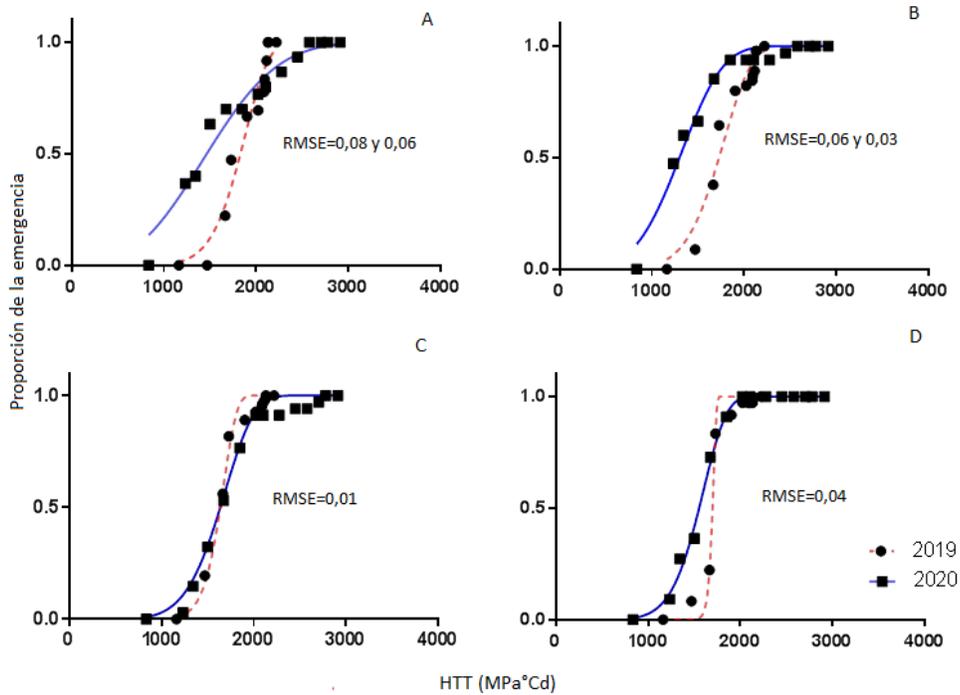


Figura 29. Dinámica de la emergencia de *A. arvensis* representada por una función logística en función del tiempo hidrotérmico acumulado (HTT) en la MS Avena + *V. sativa* (A), MC Centeno + *V. sativa* (B), TE (C) y TL (D) para 2019 (en rojo) y 2020 (en azul).

Para *C. sumatrensis* el flujo de emergencia no mostró diferencias significativas entre mezclas para cada año de estudio (Fig. 30). Sin embargo, al comparar años de estudio se evidenció que en 2020 la emergencia en todos los CC y testigos presentó un requerimiento hidrotermal menor (en MPa°Cd: 1150 vs 1410) y fue extendida en el tiempo (en tasa de emergencia: 10 vs 30) (Fig. 31). Al igual que en las especies anteriores, la dinámica de emergencia de *C. sumatrensis* se asocia directamente con el régimen de precipitaciones (Gianelli et al., 2017). Su magnitud y velocidad de emergencia disminuyen con la reducción de la disponibilidad de agua (Yamashita & Guimarães, 2010). Asimismo, la labranza entierra la semilla a mayor profundidad, reduciendo altamente su emergencia (Metzler et al., 2013). Todas estas cuestiones de manejo y las condiciones climáticas contrastantes de los años de estudio podrían explicar el retraso en la emergencia y su mayor velocidad en 2019.

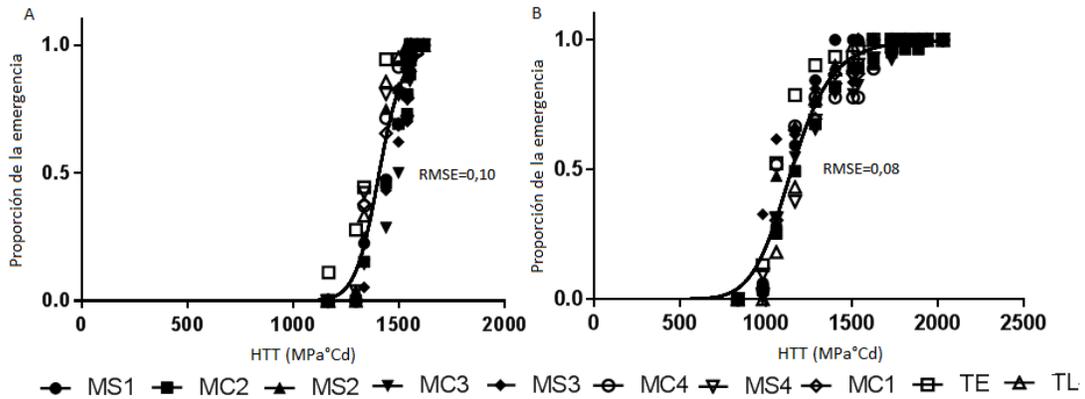


Figura 30. Dinámica de la emergencia de *C. sumatrensis* representada por una función logística en función del tiempo hidrotermal acumulado (HTT) para 2019 (A) y 2020 (B) incluyendo todas las mezclas de CC y testigos evaluados.

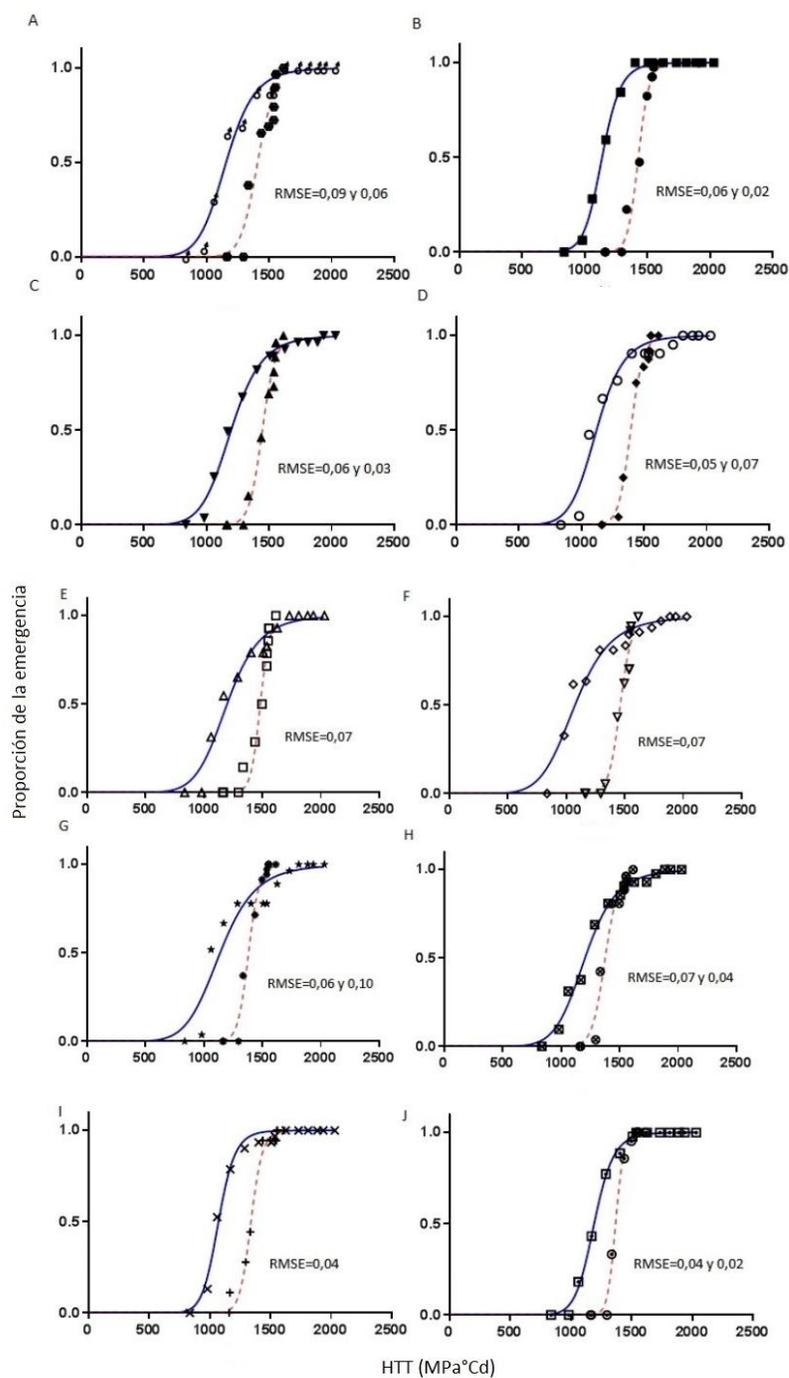


Figura 31. Dinámica de la emergencia de *C. sumatrensis* representada por una función logística en función del tiempo hidrotérmico acumulado (HTT) en MC y MS conformadas por: Avena + *V. villosa* (A y B) ó *V. sativa* (C y D), Centeno + *V. villosa* (E y F) ó *V. sativa* (G y H), testigo enmalezado (I) y, testigo limpio (J) para 2019 (en rojo) y 2020 (en azul).

5. Conclusiones

De los resultados alcanzados en los dos años de experimentación que dieron soporte al presente capítulo de esta tesis, cuya finalidad fue: evaluar el efecto de diferentes mezclas de CC sobre la dinámica de emergencia de malezas O-I-P, caracterizar los patrones de emergencia de las principales especies y comparar los requerimientos hidrotermales en dos períodos consecutivos, se resuelve:

Aceptar la hipótesis 2.1, ya que se encontraron evidencias de la interferencia de las distintas mezclas en la dinámica de emergencia de las malezas O-I-P. En este punto, el filtrado de los CC generó una supresión temprana de la emergencia y afectó el período de tiempo en el que acontecieron, lo que dependió de las condiciones ambientales y el sistema de labranza implementado. En general, bajo condiciones hídricas limitantes y de labranza convencional, impuestas en 2019 la emergencia fue más extendida a lo largo del ciclo de los CC. Mientras que, bajo condiciones hídricas no limitantes y de SD, la emergencia concentró en etapas tempranas. Sin embargo, esto resultó para ambos años de estudio, en una similar o mayor supresión de la magnitud de emergencia en los CC respecto del uso de herbicidas.

Aceptar las hipótesis 2.2 y 2.3 ya que se demostró que la dinámica de emergencia de las malezas O-I-P evaluadas dependió de la acumulación de tiempo hidrotermal, el cual se vio fuertemente influenciado por las condiciones ambientales y sistema de labranza implementado. En este punto, la emergencia de la mayoría de las especies evaluadas presentó un requerimiento hidrotermal menor y fue más extendida en el tiempo bajo condiciones hídricas no limitantes y de SD impuestas en el año 2020, tanto para las distintas mezclas como ambos testigos

Capítulo IV.

SUPRESIÓN DE MALEZAS: INFLUENCIA DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y COBERTURA VEGETAL

1. Introducción

La producción de biomasa de los CC es frecuentemente utilizada como indicador de supresión de malezas (Akemo et al., 2000; Brennan & Smith, 2005; Lawson et al., 2015; Wayman et al., 2015) debido a la competencia por los recursos (Brennan & Smith, 2005; Finney et al., 2016). Es por esto que muchas investigaciones indican que el potencial de un CC para el control de malezas está fuertemente relacionado con este parámetro (Finney et al., 2016; Florence et al., 2019; MaClaren et al., 2019).

La complementariedad espacial y temporal de la producción de biomasa entre los componentes del CC puede ser una herramienta útil para aumentar la eficiencia en el uso de recursos en detrimento de las malezas (Döring et al., 2012; Finn et al., 2013). Las gramíneas y crucíferas tienden a suprimir de manera eficaz a través de un rápido crecimiento y alta producción de biomasa (Brainard et al., 2011; Brennan & Smith 2005; Dorn et al., 2015; Finney et al., 2016; Hayden et al., 2012), mientras que las leguminosas crecen más lentamente y son menos competitivas (Hayden et al., 2012; Lawson et al., 2015). En este sentido, las mezclas compuestas en su mayor parte por gramíneas, han registrado altos valores de supresión de malezas (Holmes et al., 2017; MaClaren et al., 2019).

La información sobre la biomasa producida por una combinación de especies, específicamente con respecto a la contribución de cada una a la biomasa total, es escasa (Davis et al., 2016). Principalmente, porque muchas especies han sido evaluadas en monocultivos (Holmes et al., 2017), pero poco se sabe de su rendimiento en mezclas. Tampoco está claro si la alta productividad en CC de gramíneas y leguminosas se puede mejorar aún más incluyendo grupos funcionales adicionales (Cong et al., 2018). Similarmente ocurre con los estudios sobre las interacciones entre especies, los cuales pueden resultar de utilidad para una mejor comprensión del proceso y consecuentemente mejorar la producción de biomasa (Wendling et al., 2017).

Dorn et al. (2015) determinaron que, en lugar de la biomasa producida, la capacidad de supresión de malezas por gramíneas estaría determinada por la velocidad inicial del establecimiento, la tasa de crecimiento y la cobertura del suelo al comienzo de los CC. Además de dichos factores, de deben tener en cuenta los efectos por alelopatía, ya que podrían ser mejores predictores de la biomasa producida por las malezas (Baraibar et al., 2018; Björkman et al., 2015; Nichols et al., 2020; Schappert et al., 2019). Esto es particularmente importante en aquellos sistemas que presentan especies de emergencia tardía en la comunidad de malezas (Nichols, et al., 2020).

Además, la fecha de siembra y terminación de los CC puede intervenir en el grado de supresión ya que, asociados a las condiciones climáticas, definen la longitud de la temporada de crecimiento de cultivos y malezas (Baraibar et al., 2018; Lawson et al., 2015; Nord et al., 2012). Esto podría afectar el manejo a largo plazo de la comunidad de malezas, debido a que la producción de semillas y su contribución al banco está positivamente relacionado con la biomasa de malezas (Holst et al., 2007; Liebman et al., 1996).

CC exitosos frente a malezas y de alta productividad, necesitan un rápido desarrollo de la cobertura del suelo para interceptar tanto como sea posible la radiación solar (Elhakeem et al., 2021). Es por esto que la cobertura generada también es utilizada como un parámetro preciso para evaluar la supresión de malezas, ya que se correlaciona negativamente con el peso seco de las malezas (Kruidhof et al., 2008; Uchino et al., 2011). En este punto, la interceptación temprana de luz por el cultivo (aproximadamente cuatro semanas después de la siembra) es relativamente más importante que la intercepción tardía para la competencia frente a malezas, principalmente en aquellas comunidades dominadas por especies que pueden desarrollar gran altura (Kruidhof et al., 2008; Uchino et al., 2011)

Gramíneas y crucíferas cubren el suelo más rápidamente que las leguminosas (Elhakeem et al., 2021; Ramírez-García et al., 2011). Además, presentan diferente orientación de sus hojas, lo que afecta la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa (RFA). Las gramíneas presentan una orientación erecta que permite la penetración de la radiación a las capas inferiores del dosel. Mientras que, la orientación horizontal de las hojas de crucíferas conduce a una alta captura de radiación en las capas superiores del dosel y un mayor sombreado de las capas inferiores, cubriendo el suelo más rápidamente (Elhakeem et al., 2021). Esto no solo tiene

implicancias en el establecimiento y crecimiento de malezas, sino también se asocia con la eficiencia de uso de la radiación y producción de biomasa, la cual es más alta en gramíneas que en crucíferas (Zhu et al., 2020).

En mezclas de CC se esperaría que la diversidad en la forma de crecimiento permita crear una cubierta de dosel más completa para restringir la disponibilidad de luz para las malezas: gramíneas y crucíferas crecen de forma erguida, mientras que las leguminosas lo hacen postradas o extendidas (MacLaren et al. 2019). Al mismo tiempo, la combinación de especies podría alterar tanto la interceptación, como así también la eficiencia de uso de la RFA por parte de los componentes (van Oort et al., 2020).

Por todo lo expuesto, resulta inminente la necesidad de mayor información que permita apoyar la elección de las mejores especies para el manejo de malezas y conocer sus comportamientos en mezclas. Al mismo tiempo que permita la comprensión de los efectos de las características de los CC sobre la supresión de malezas. De este modo se propone para este capítulo la siguiente hipótesis y objetivos:

2. Hipótesis

2.1 La composición específica de las mezclas de CC afecta la productividad y cobertura vegetal generada.

2.2 El nivel de supresión de malezas por las mezclas de CC se ve influenciado por el nivel de producción de biomasa y cobertura vegetal generada.

3. Objetivos

3.1 Determinar el desempeño de mezclas de CC y sus componentes (productividad y cobertura vegetal) en la región del centro-sur bonaerense.

3.2 Evaluar el efecto de la producción de materia seca aérea (MSA) y la cobertura vegetal (%) generada por los distintos CC y sus componentes (conformados por mezclas simples ó complejas) sobre el nivel de supresión de malezas.

4. Resultados y discusión

4.1 Producción de biomasa aérea

En 2019 la biomasa aérea fue un 54% mayor en las MC formadas por Avena ó Centeno + *V. villosa* que en las MS Centeno ó Avena + *V. sativa* ($p=0,0006$) (Fig. 32).

Se observó un efecto altamente significativo ($p=0,01$) de la familia botánica leguminosa sobre la producción de biomasa aérea del CC, donde *V. villosa* presentó una mayor productividad en comparación con *V. sativa* (Fig. 32). Las condiciones climáticas frías y secas imperantes este año podrían haber afectado diferencialmente a los tipos de vicias y explicar las diferencias de rendimiento halladas entre estas. Si bien ambas especies crecen en ambientes con lluvias anuales de 300 mm, la mayor plasticidad fenotípica y desarrollo del sistema radical respecto al aéreo de *V. villosa*, le confiere tolerancia a períodos prolongados de déficit hídrico (Renzi, 2013). Asimismo, *V. villosa* muestra elevada tolerancia al frío (Renzi, 2013). En la figura 33 se observan los daños por heladas registrados en las hojas de *V. sativa* a principios de agosto de 2019. Una mayor productividad de *V. villosa* respecto de *V. sativa* también fueron determinadas por Baigorria et al. (2009) y Piñeiro et al. (2019) en diferentes sitios del país.

La incorporación de colza en MC mostró tendencia a aumentar la productividad ($p=0,05$) de MS (Fig. 32). Además, afectó la producción de biomasa de las gramíneas (Avena ó Centeno) más que de las leguminosas (*V. villosa* ó *V. sativa*). Esto se corresponde con las correlaciones negativas ($p<0,0001$) encontradas entre el porcentaje de gramínea y leguminosa ($r= -0,71$) y, entre el de crucífera y gramínea de la mezcla ($p=0,005$, $r= -0,48$). Es decir, una mayor ($p=0,005$) proporción de gramíneas en la mezcla de CC, disminuye la proporción de leguminosa o crucífera (Fig. 34 a y b). Sin embargo, en el balance conjunto de materia seca, los aportes de biomasa aérea de la Colza superaron la reducción en la producción de Centeno ó Avena.

En cuanto a la composición de las mezclas, es decir la proporción de la biomasa total aportada por cada especie, aquellas que presentaron *V. villosa* tendieron a un mayor equilibrio entre cada componente (aunque la mayor proporción fue de gramíneas) en comparación de aquellas formadas por *V. sativa*. Esto podría estar dado por las diferencias de productividad mencionadas anteriormente entre ambos tipos de vicias.

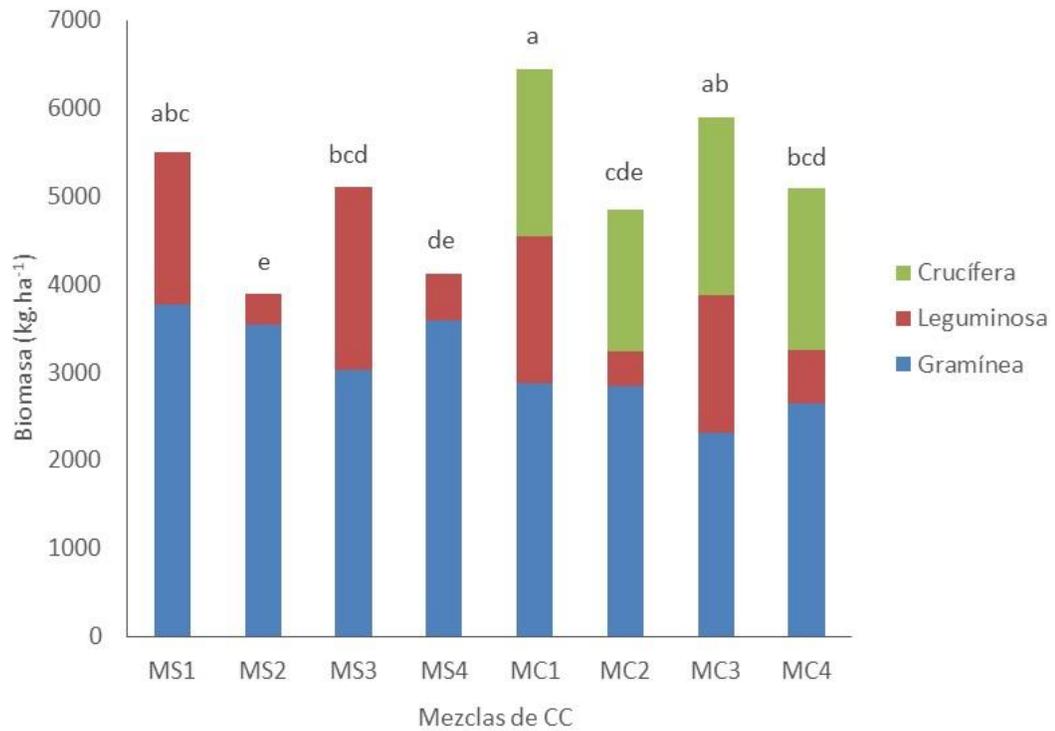


Figura 32. Producción de biomasa aérea total (kg de MS. ha^{-1}) de las diferentes mezclas y de cada componente. Las barras representan los valores promedio y letras iguales señalan diferencias no significativas en la productividad entre CC, determinadas mediante el test de LSD de Fisher ($p < 0,05$).



Figura 33. Daños por heladas observados en hojas de *V. sativa* con escaso crecimiento a principios de agosto de 2019.

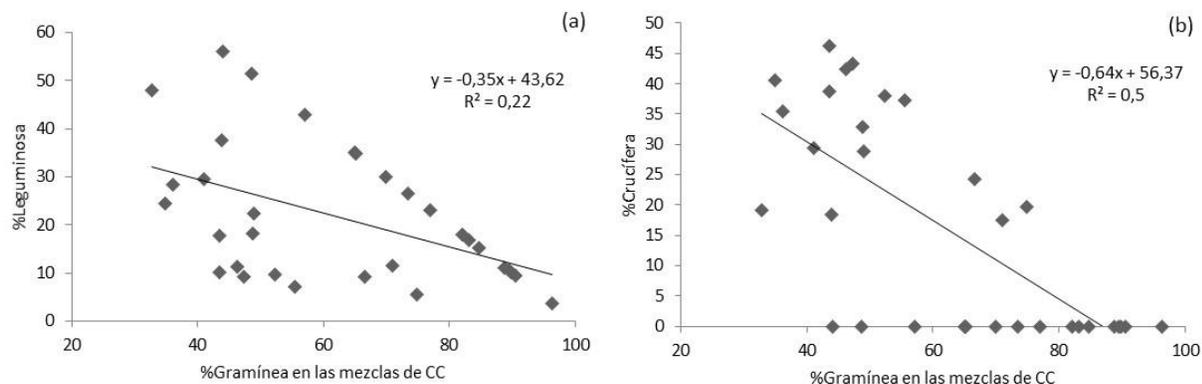


Figura 34. Porcentaje (%) de gramínea y leguminosa (a) ó crucifera (b) registrado en las mezclas de CC. Los puntos indican la producción de biomasa de los grupos de familias botánicas para los diferentes CC evaluadas. La línea marca la tendencia de la relación entre los parámetros.

En 2020 no se encontraron diferencias en la producción de biomasa entre los CC, la cual fue en promedio de 9360 kg de materia seca. ha^{-1} , con un rango entre 8155,5 y 10585 (Fig. 35). Tampoco se encontraron efectos simples e interacciones entre familias botánicas.

La incorporación de colza en las MS no produjo aumentos significativos en la biomasa, lo que podría estar dado por el reducido stand de plantas generado por daños de liebres. Asimismo, en la mayoría de las mezclas con Centeno, mostró una tendencia a disminuir levemente la producción de biomasa de gramíneas y leguminosas. Mientras que, con Avena la biomasa de leguminosas aumentó en MC respecto de las MS. Daños por liebres en especies crucíferas dentro de mezclas han sido documentados (Madias et al., 2020), lo que podría haber favorecido el crecimiento de las leguminosas (Davis et al., 2016), junto con las condiciones hídricas no limitantes imperantes este año. Las vicias aportaron más de la mitad de la biomasa total en todos los casos, seguido por las gramíneas y por último la colza en MC.

Al igual que en el primer año de estudio, se encontró correlación negativa ($p < 0,0001$) entre el porcentaje de leguminosa y gramínea del CC ($r = -0,71$). Es decir, el aumento ($p < 0,0001$) en la proporción de gramíneas en la mezcla, redujo la proporción de leguminosas (Fig. 36).

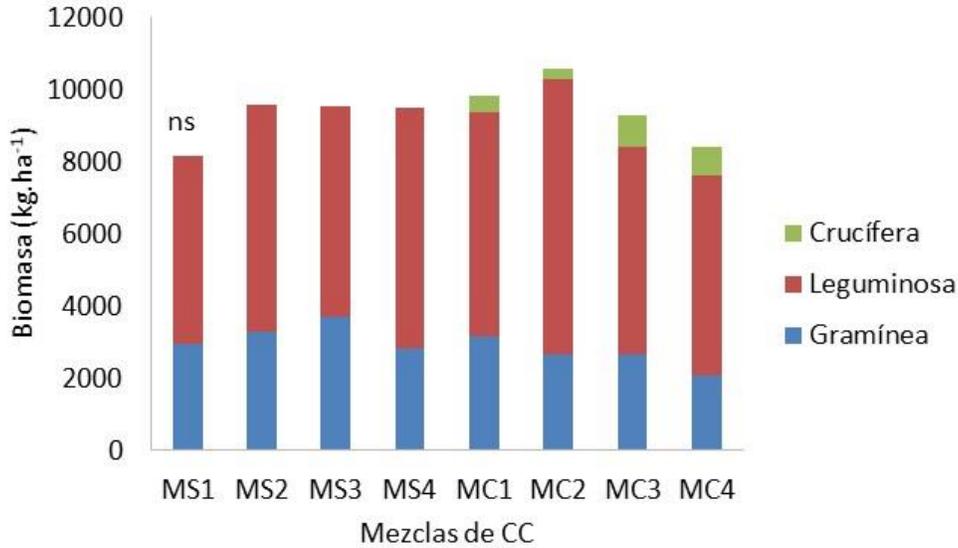


Figura 35. Producción de biomasa aérea total (kg de MS. ha^{-1}) y de cada componente de las diferentes mezclas. Las barras representan los valores promedio y letras iguales señalan diferencias no significativas en la productividad entre CC, determinadas mediante el test de LSD de Fisher ($p < 0,05$).

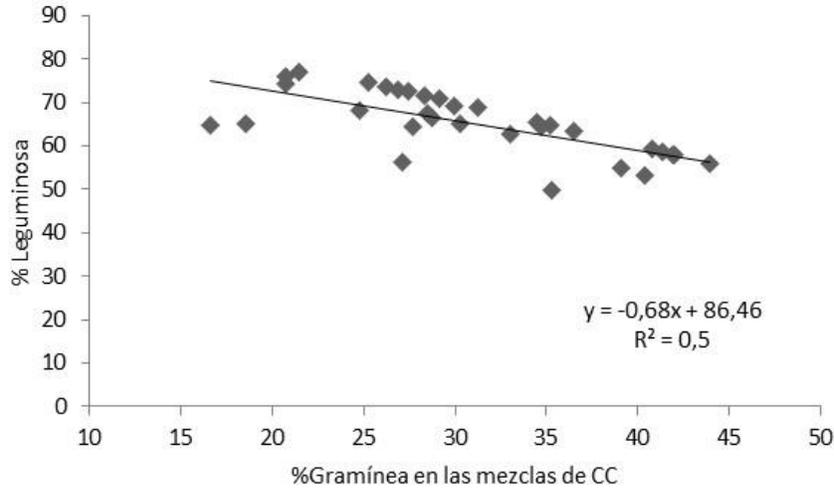


Figura 36. Porcentaje (%) de gramínea y leguminosa registrado en las mezclas de CC. Los puntos indican la producción de biomasa de ambos grupos de familias botánicas para los diferentes CC evaluados. La línea marca la tendencia de la relación entre los parámetros.

Al comparar ambos años de estudio se observa que la producción de biomasa promedio de los CC fue un 39% mayor en 2020 respecto del 2019 ($9360 \text{ vs } 5678 \text{ kg. ha}^{-1}$). Esto podría estar dado por las mayores precipitaciones registradas en el último año, las cuales se correlacionan directamente con la productividad de los CC (Piñeiro et al., 2019). Resulta importante destacar que

las MC Centeno ó Avena + *V. villosa* se encontraron entre las mezclas con mayor producción de biomasa en ambos años de estudio, con valores promedios de 6168 y 9551 kg. ha⁻¹, los cuales superan a la productividad de la MC Avena + *V. villosa* reportada por Piñeiro et al. (2019) en Necochea.

Los resultados encontrados indicarían que la composición de los CC presentaría una mayor influencia en la producción total de biomasa en años con condiciones hídricas limitantes, donde se observaron mayores diferencias entre mezclas para este parámetro. En estos casos, el agregado de colza manifestó una tendencia de aumento en la productividad, mientras que la *V. villosa* mostraría una mayor estabilidad del parámetro que *V. sativa*.

La producción de biomasa de leguminosas disminuyó a medida que aumentó la productividad de gramíneas, para ambos años de estudio. Esto revela la fuerte capacidad competitiva de especies gramíneas (Caballero et al., 1995; Murrell et al., 2017), lo cual debe tenerse en cuenta al diseñar mezclas de CC si el objetivo es lograr una buena diversidad de sus componentes. Las densidades de siembra de gramíneas deben reducirse entre la mitad y un cuarto en una mezcla (respecto de monocultivos) para lograr una proporción equilibrada con leguminosas, las que tienden a ser competidores débiles, y deben sembrarse a iguales densidades que monocultivos para asegurar su establecimiento (White et al., 2016).

4.2 Cobertura vegetal a los 60 DDS

En el año 2019 la MS Avena + *V. villosa* junto con las MC de Centeno, independientemente del tipo de vicia utilizada, presentaron considerablemente mayor CV ($p < 0,0001$) que la MC Avena + *V. villosa*, la MC Centeno + *V. sativa* y la MS Avena + *V. villosa* (Fig. 37 y 39).

Se encontró efecto altamente significativo de leguminosa donde *V. villosa* presentó mayor CV que *V. sativa* e interacción de las tres familias botánicas estudiadas ($p < 0,0001$). En este punto, Avena con *V. villosa* presentó mayor CV en MS que MC, mientras que con *V. sativa* se halló lo contrario. Mientras que, Centeno, con *V. sativa* presentó mayor CV en MS que en MC, sin diferencias en la CV entre MS y MC cuando se combinó con *V. villosa*. Al comparar gramíneas en MS con *V. villosa*, Avena genero mayor CV que Centeno. No obstante, en MC, Centeno generó mayor CV respecto de Avena. De igual manera sucedió en MS con *V. sativa* y, contrariamente pasó en MC, donde la CV fue mayor con Avena respecto de Centeno (Fig. 37).

Este parámetro presentó correlación positiva ($r=0,37$) con la producción de biomasa de los CC ($p=0,03$). Es decir, la productividad se incrementó ($p=0,03$) a mayores valores de CV registrados a los 60 DDS (Fig. 38).

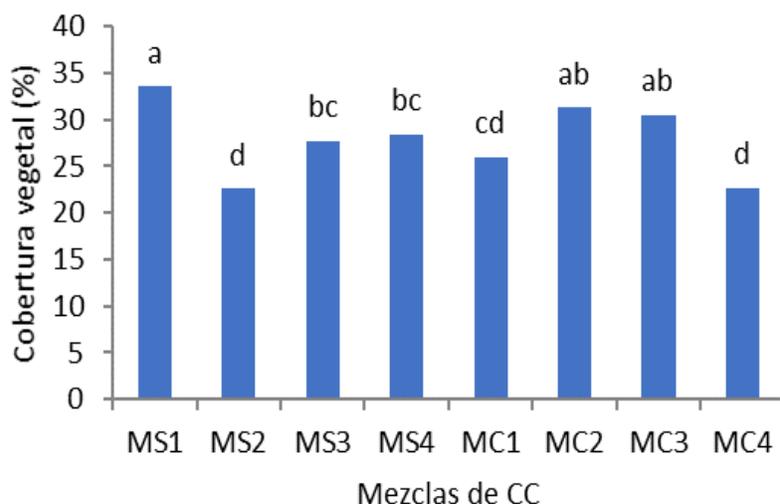


Figura 37. Cobertura vegetal (%) a los 60 DDS de las diferentes mezclas. Las barras representan los valores promedio y letras iguales señalan diferencias no significativas entre la CV de cada CC, determinadas mediante el test de LSD de Fisher ($p<0,05$).

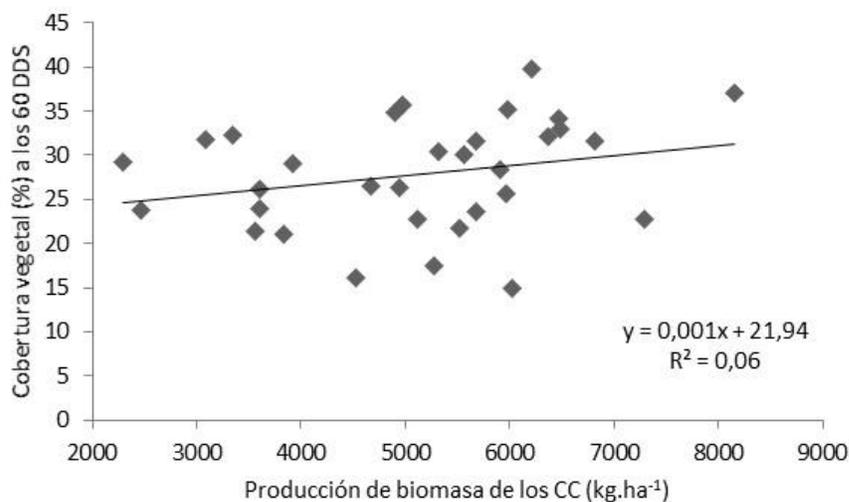


Figura 38. Cobertura vegetal (%) a los 60 DDS y producción de biomasa (kg MS. ha⁻¹) de las distintas mezclas. Los puntos indican la producción de biomasa y cobertura vegetal para los diferentes CC evaluados. La línea marca la tendencia de la relación entre los parámetros.

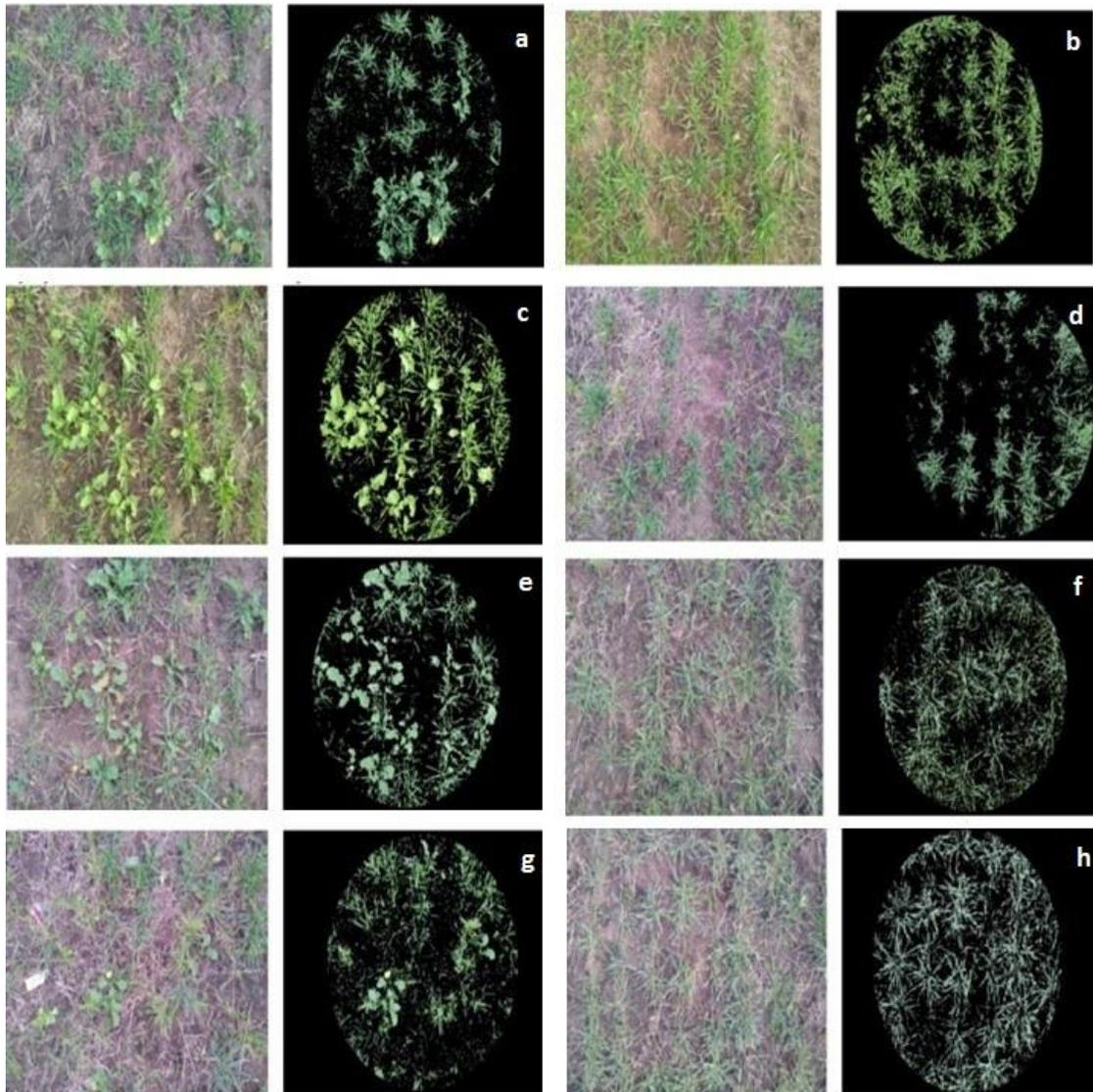


Figura 39. Fotografías de las distintas mezclas de CC: MC1 (a), MS1 (b), MC2 (c), MS2 (d), MC3 (e), MS3 (f), MC4 (g) y MS4 (h) a los 60 DDS de 2019 y, estimación de la CV (%) mediante el procesamiento con el software CobCal v 2.1 (círculos a la derecha de cada foto).

En 2020, la MC y MS a base de Avena + *V. villosa* fueron las mezclas con mayor CV ($p < 0,0001$), seguido por la MC Centeno + *V. villosa*. Mientras que, las MS de *V. sativa*, independientemente de la gramínea utilizada, presentaron la menor CV (Fig. 40 y 42).

Se encontró efecto simple de las tres familias botánicas evaluadas, donde la CV fue mayor en: Avena respecto de Centeno ($p = 0,0005$), *V. villosa* en relación a *V. sativa* ($p < 0,0001$) y, en MC que MS ($p = 0,01$). Asimismo, se halló interacción gramínea-leguminosa, donde al igual que en el primer año Avena presentó mayor ($p = 0,0004$) CV con *V. villosa* en comparación de *V. sativa*. Mientras que, para Centeno no se encontraron diferencias en la CV generada al combinarse con

los diferentes tipos de vicias. Finalmente, al comparar gramíneas entre sí junto con *V. villosa*, Avena presentó mayor CV que Centeno (Fig. 40).

También, este parámetro mostró correlación positiva ($P=0,38$) con el % de gramínea ($p=0,0324$) y negativa ($P=-0,52$) con el % de leguminosa de la mezcla ($p=0,0025$). Es decir, a medida que aumenta ($p=0,0324$) la proporción de gramínea y disminuye ($p=0,0025$) la de leguminosa en una mezcla de CC, la CV a los 60 DDS es mayor (Fig. 41). Esto evidencia la importancia de la mayor proporción de biomasa de gramíneas en comparación con las de leguminosa para lograr una cobertura inicial más rápida (Madias et al., 2020).

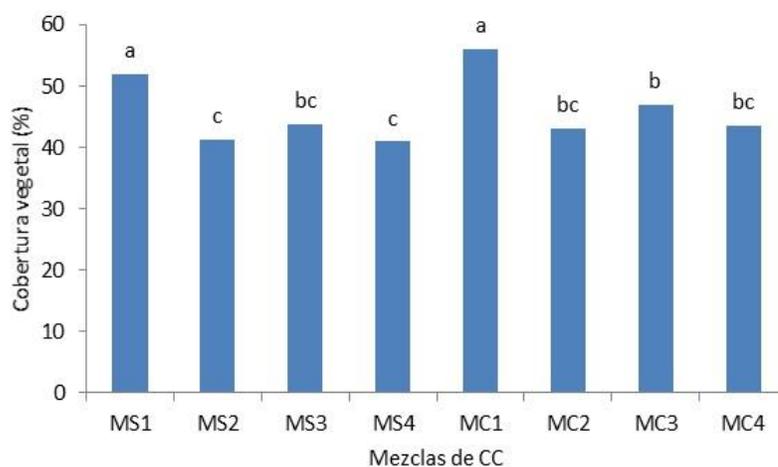


Figura 40. Cobertura vegetal (%) a los 60 DDS de las diferentes mezclas. Las barras representan los valores promedio y letras iguales señalan diferencias no significativas entre la CV de los CC, determinadas mediante el test de LSD de Fisher ($p<0,05$).

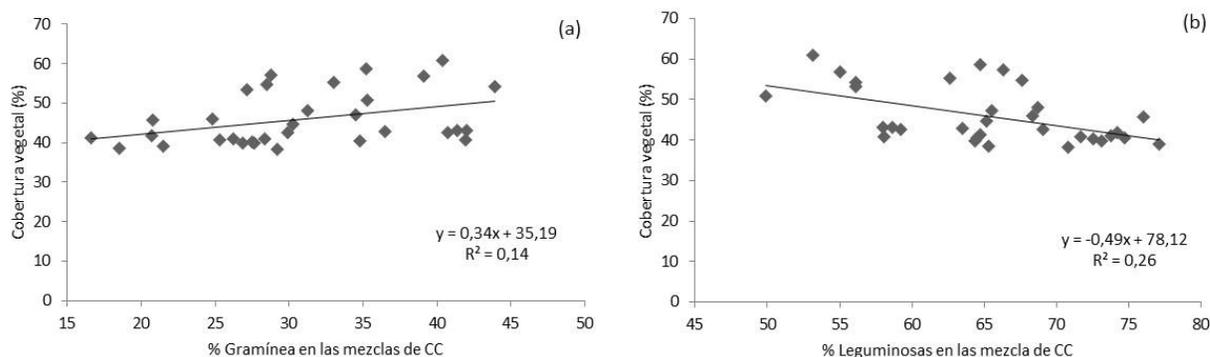


Figura 41. Cobertura vegetal (%) a los 60 DDS en función del porcentaje (%) de gramínea (a) y leguminosa (b) en las mezclas. Los puntos indican la cobertura vegetal generada para los diferentes % de gramínea o leguminosa en las mezclas de CC evaluadas. La línea marca la tendencia de la relación entre ambos parámetros.

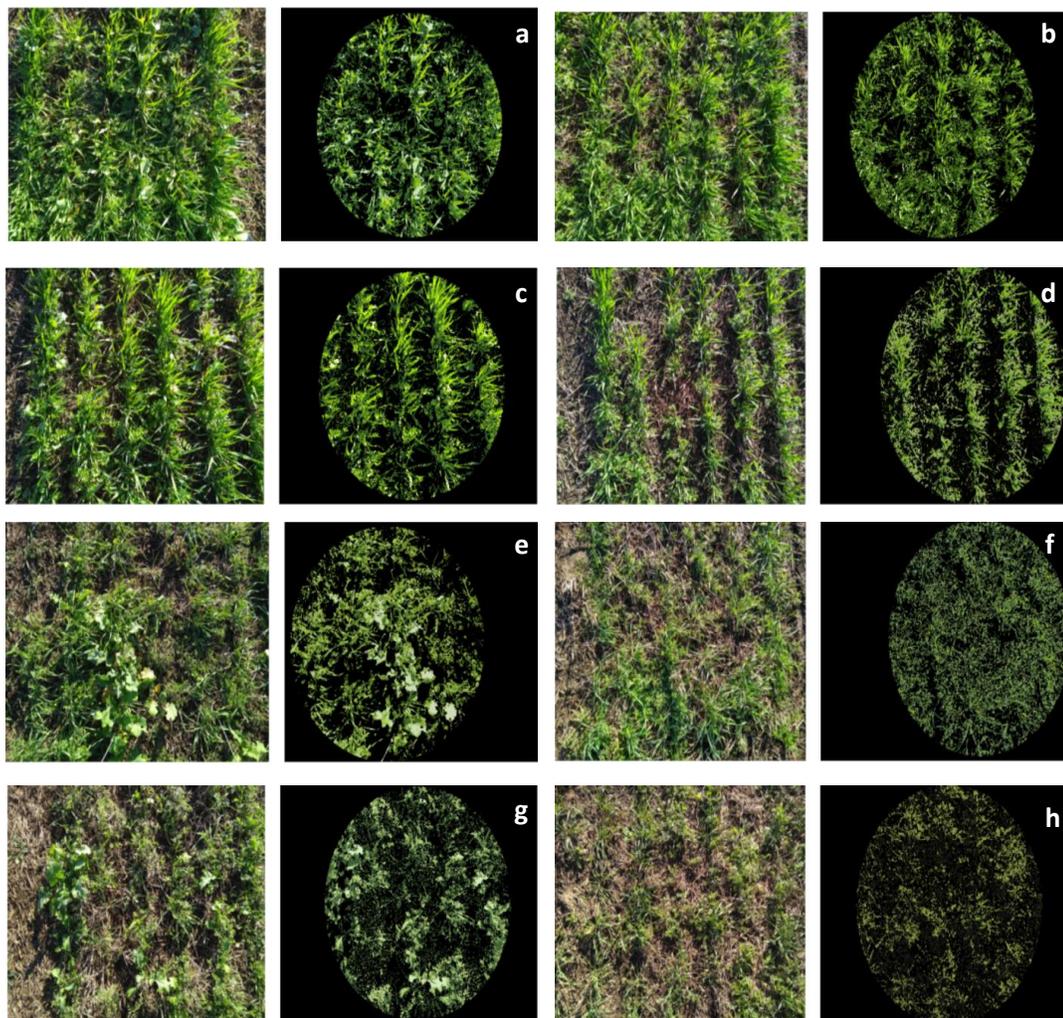


Figura 42. Fotografías de las distintas mezclas de CC: MC1 (a), MS1 (b), MC2 (c), MS2 (d), MC3 (e), MS3 (f), MC4 (g) y MS4 (h) a los 60 DDS del 2020 y, estimación de la CV (%) mediante el procesamiento con el software CobCal v 2.1 (círculos a la derecha de cada foto).

4.3 Cobertura vegetal a fin del ciclo

En 2019, la MC a base de Centeno + *V. villosa* presentó mayor ($p < 0,0001$) CV, seguido por las MS Avena ó Centeno + *V. villosa* y las MC Avena + *V. sativa* ó villosa. Mientras que, las MS conformadas por *V. sativa* fueron las que presentaron el menor porcentaje de CV, con mayores valores para la mezcla a base de Centeno (Fig. 43 y 45). Resultados con una tendencia similar fueron registrados a los 60 DDS para las distintas mezclas. Lo que podría explicarse con la correlación positiva ($r = 0,51$) hallada entre la CV final y a los 60 DDS ($p = 0,003$). Es decir, las mezclas con mayor o menor CV a los 60 DDS también presentaron altos o bajos valores del parámetro a fin

de ciclo (Fig. 44). Esto podría deberse a que las condiciones hídricas limitantes no permitieron que los CC logren sobreponer los valores de cobertura inicial, con su crecimiento a lo largo del ciclo. Al mismo tiempo, la menor CV en la MS Avena + *V. sativa* en ambos momentos del ciclo, podría generar condiciones favorables para la emergencia de *A. arvensis* durante un mayor período de tiempo, explicando así la menor tasa de emergencia hallada en el capítulo III. Mientras que, la baja CV reportada en Centeno + *V. sativa* podría haber disminuido el requerimiento hidrotermal para la emergencia de la especie y explicar las diferencias encontradas en el parámetro entre MS de *V. sativa* (ver capítulo III).

Al igual que a los 60 DDS, *V. villosa* presentó mayor ($p < 0,0001$) CV que *V. sativa*. También se encontró efecto de Colza ($p = 0,0001$), donde las MC presentaron mayor CV que las MS. Sin embargo, resulta importante aclarar que las MS 1 y 3 no presentaron diferencias significativas con las MC 1 y 2 y, de igual manera sucedió para la MC4 y las MS 2 y 4. Asimismo, se encontró interacción gramínea-leguminosa ($p < 0,0001$) y de las tres familias botánicas estudiadas ($p < 0,0001$). Esta última determinó mayor CV de Centeno + *V. villosa* y Avena + *V. sativa* en MC respecto de MS. Al comparar gramíneas con *V. villosa* en MC, Centeno presentó mayor CV que Avena, y lo contrario sucedió al compararlas en MC con *V. sativa*: Avena generó mayor CV que Centeno. En MS a base de *V. villosa* no se encontraron diferencias entre la CV generada por ambas gramíneas, mientras que con base de *V. sativa* Centeno presentó mayor CV que Avena (Fig. 43).

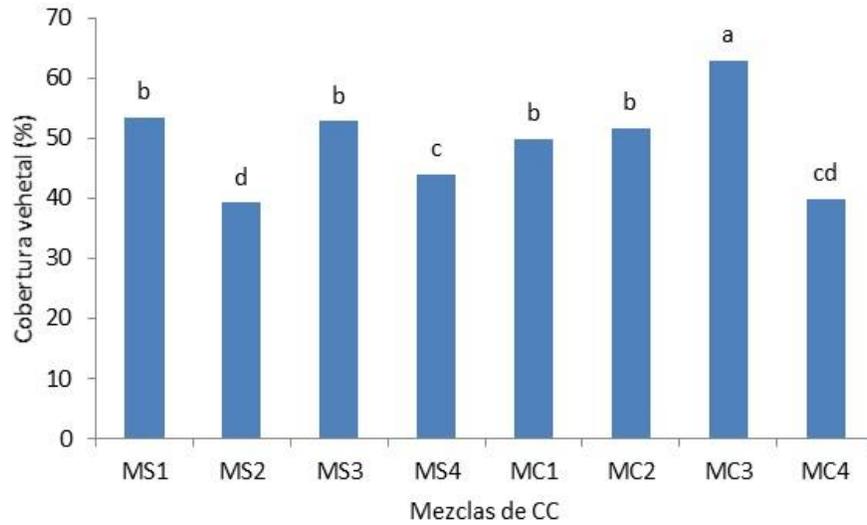


Figura 43. Cobertura vegetal (%) al final del ciclo de las diferentes mezclas de CC. Las barras representan los valores promedio y letras iguales señalan diferencias no significativas entre la CV de cada CC, determinadas mediante el test de LSD de Fisher ($p < 0,05$).

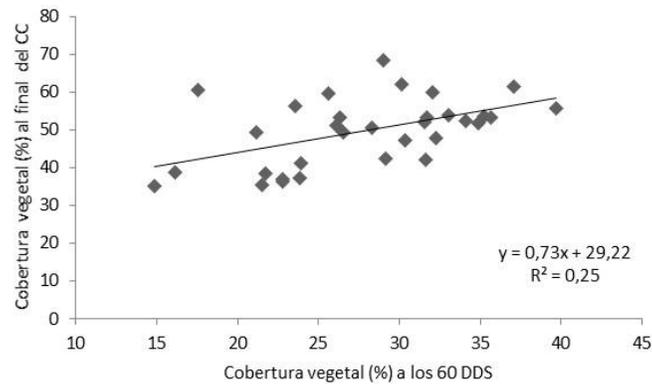


Figura 44. Cobertura vegetal (%) al final del ciclo en función de la cobertura vegetal registrada a los 60 días después de la siembra (DDS) de las distintas mezclas. Los puntos indican la cobertura vegetal generada para los diferentes CC evaluados en los diferentes momentos. La línea marca la tendencia de la relación entre ambos parámetros.

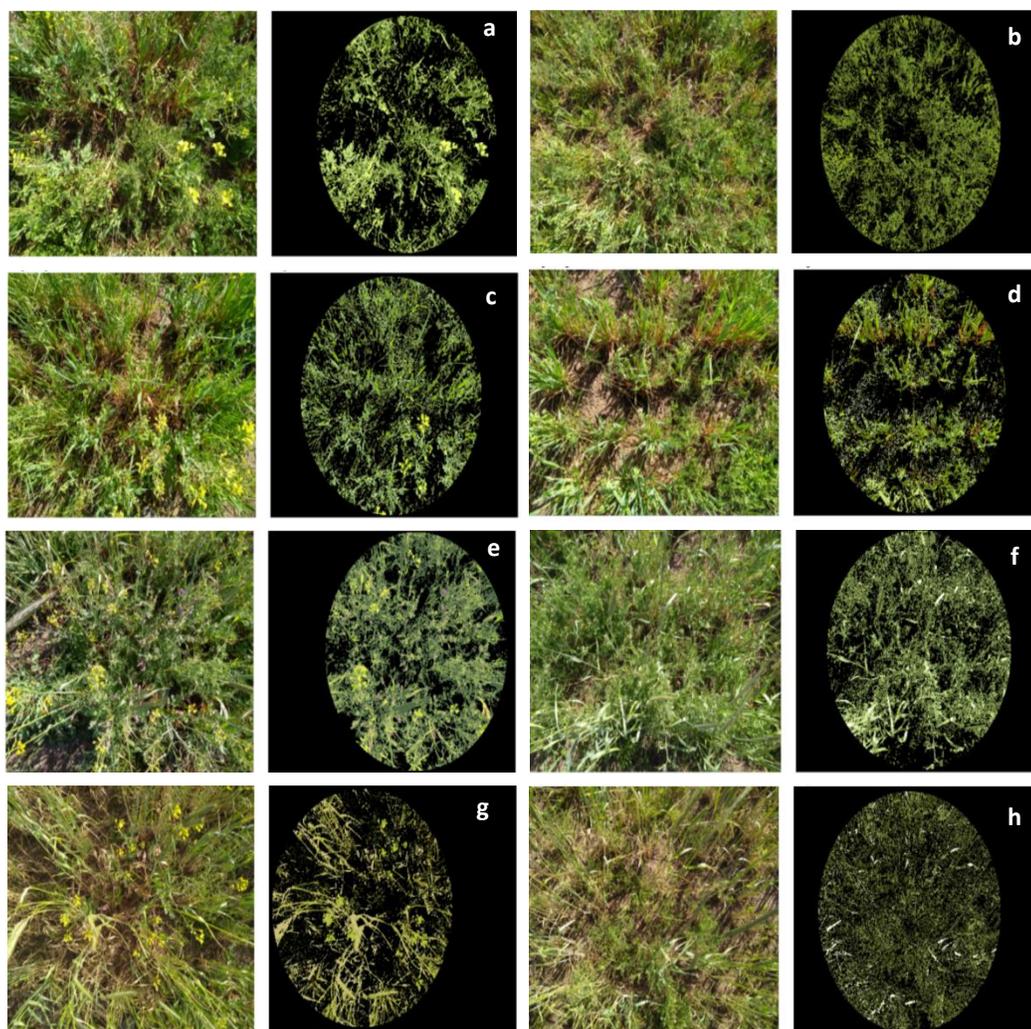


Figura 45. Fotografías de las distintas mezclas de CC: MC1 (a), MS1 (b), MC2 (c), MS2 (d), MC3 (e), MS3 (f), MC4 (g) y MS4 (h) a fin de ciclo de 2019 y estimación de la CV (%) mediante el procesamiento con el software CobCal v 2.1 (círculos a la derecha de cada foto).

En 2020, las MC formadas por Centeno + *V. sativa* ó *V. villosa* presentaron mayor CV ($p=0,0006$) respecto de todas las mezclas evaluadas, a excepción de la MS Centeno + *V. sativa* que no presentó diferencias significativas (Fig. 46 y 48). También se encontró efecto de gramínea ($p=0,0001$) y del agregado de Colza en MS ($p=0,01$), donde Centeno generó mayor CV que Avena y, MC presentaron mayor CV que MS (Fig. 46).

Para ambos años de estudio ($p=0,01$; $0,04$) se encontró correlación negativa ($r=-0,44$ y $-0,36$) entre la CV a fin de ciclo y la proporción de gramíneas en las mezclas de CC. Es decir, la CV disminuyó ($p=0,01$; $0,04$) al aumentar el % de gramíneas (Fig. 47 a y b). Esto podría estar dado por la orientación vertical de las hojas de gramíneas, que permitiría el paso de luz por los estratos

superiores (Elhakeem et al., 2021). También se encontró correlación positiva entre este parámetro y la proporción de leguminosas ($r=0,45$) y Colza ($r=0,62$), para el año 2019 ($p=0,01$) y 2020 ($p=0,009$), respectivamente. Por tanto, el incremento en la proporción de leguminosas ($p=0,01$) y crucíferas ($p=0,009$) fueron importantes en las mezclas para aumentar la CV (Fig. 47 c y d). Principalmente porque estas especies presentan diferentes estrategias de utilización del espacio respecto de las gramíneas, dado por su arquitectura de canopeo postrada u horizontal (Elhakeem et al., 2021; MaClaren et al., 2019).

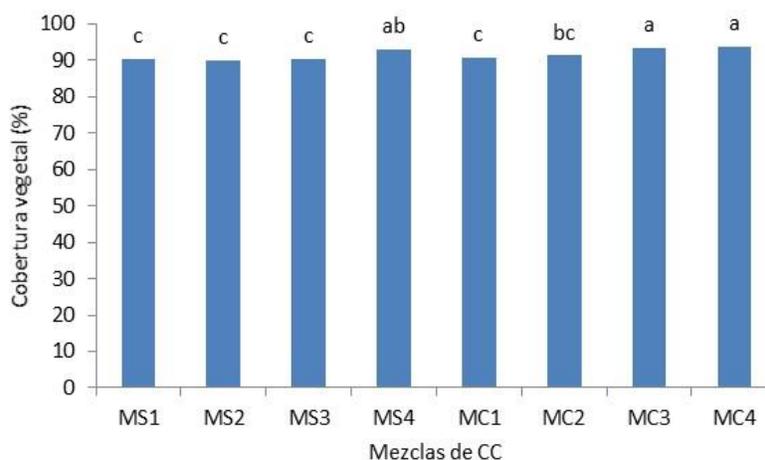


Figura 46. Cobertura vegetal (%) al final del ciclo de las diferentes mezclas. Las barras representan los valores promedio y letras iguales señalan diferencias no significativas entre la CV de cada CC, determinadas mediante el test de LSD de Fisher ($p<0,05$).

Capítulo IV. Supresión de malezas: influencia de la producción de biomasa y cobertura vegetal

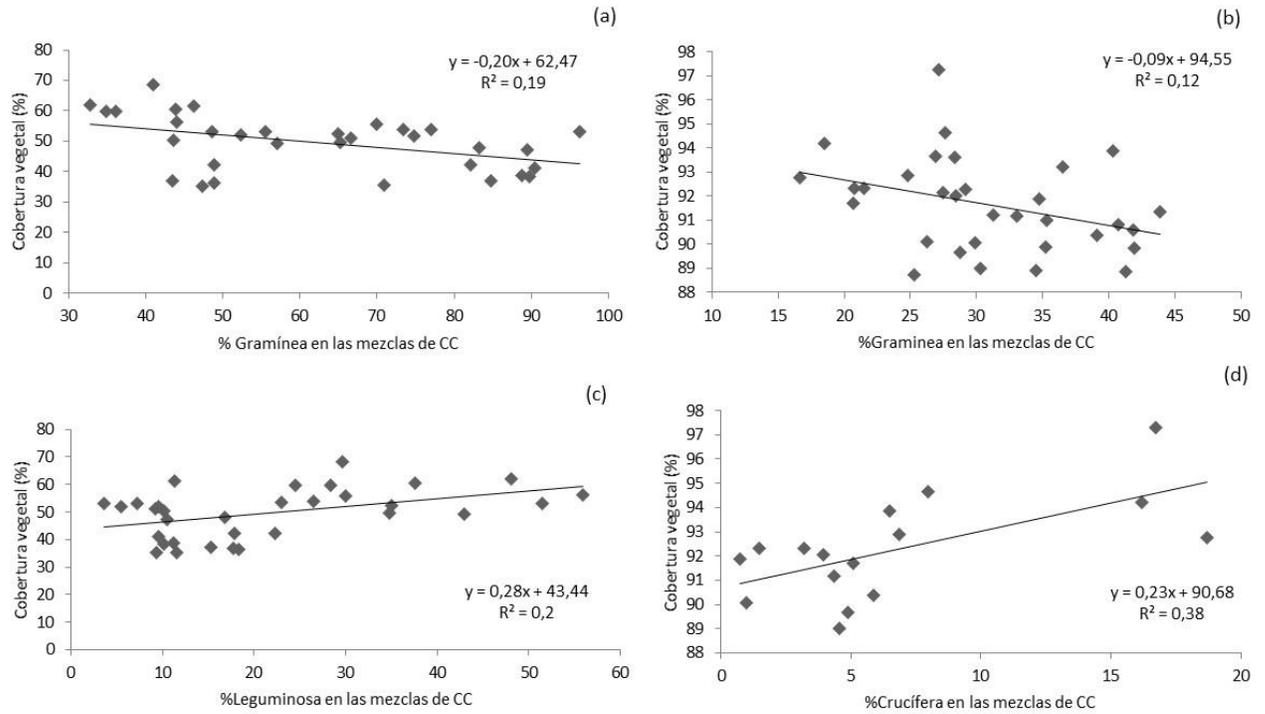


Figura 47. Cobertura vegetal (%) a fin de ciclo en función del porcentaje (%) de: gramínea para el año 2019 (a) y 2020 (b), leguminosa y crucifera para el año 2019 (c) y 2020 (d), en las diferentes mezclas. Los puntos indican la cobertura vegetal generada para el % de gramínea, leguminosa o crucifera en los diferentes CC evaluados. La línea marca la tendencia de la relación entre ambos parámetros.

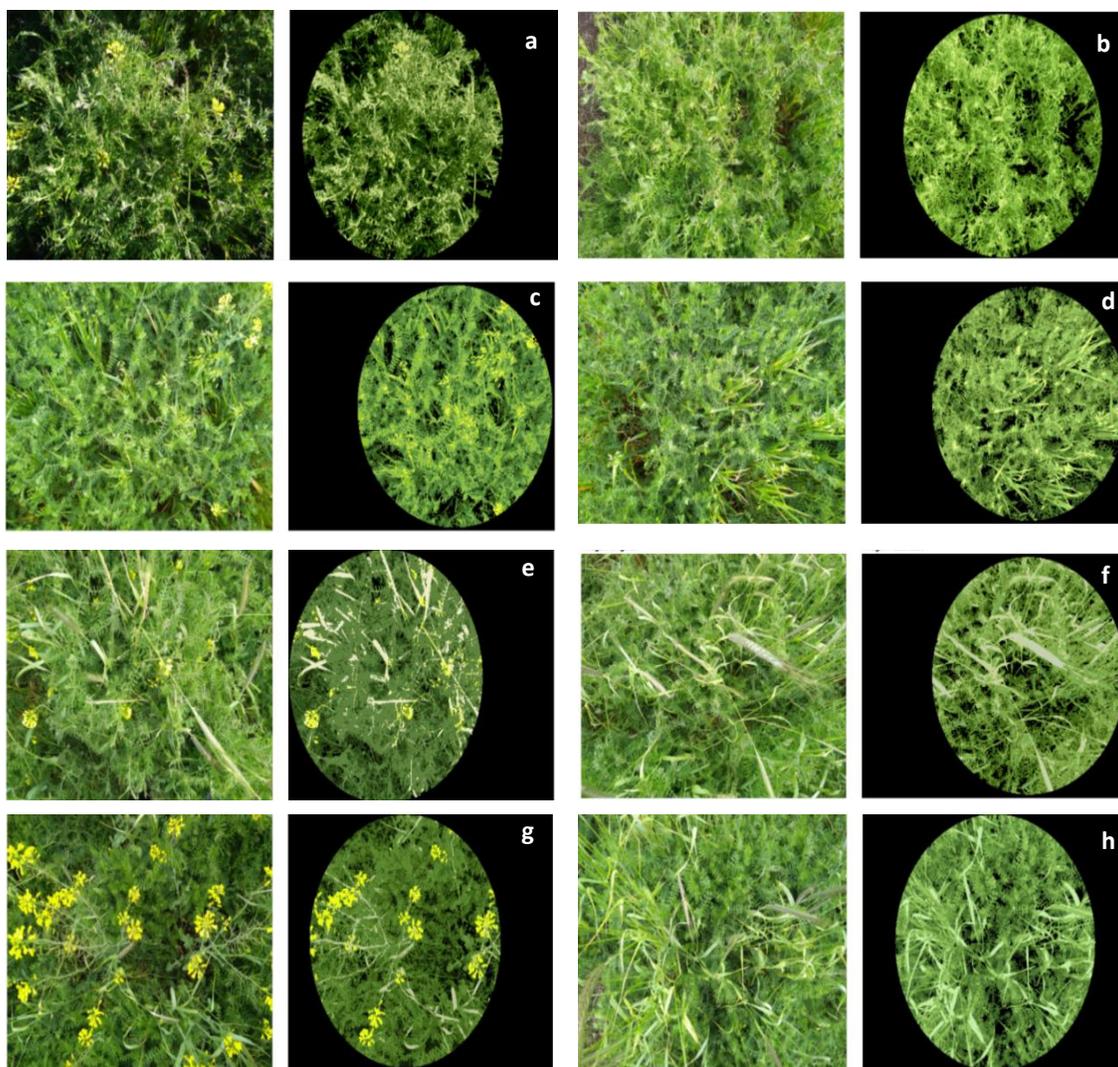


Figura 48. Fotografías de las distintas mezclas de CC: MC1 (a), MS1 (b), MC2 (c), MS2 (d), MC3 (e), MS3 (f), MC4 (g) y MS4 (h) a fin de ciclo de 2020 y, estimación de la CV (%) mediante el procesamiento con el software CobCal v 2.1 (círculos a la derecha de cada foto).

Los resultados encontrados evidencian una mayor CV a los 60 DDS de *V. villosa* respecto de *V. sativa*. De igual manera sucedió en la CV a fin de ciclo bajo condiciones hídricas limitantes, impuestas en 2019. Piñeiro et al. (2019) determinaron resultados semejantes para CC en distintos puntos del país. Esto, principalmente podría deberse a la alta capacidad de la especie para compensar espacios descubiertos debido a su abundante ramificación (Renzi, 2009; Teasdale et al., 2004) y porte rastro, a diferencia de *V. sativa* que posee porte erguido. Lo que le confiere una mayor capacidad de intercepción de radiación (Baigorria et al., 2009) y, por lo tanto, mayor competencia de luz frente a malezas.

El aumento de la proporción de gramíneas dentro de las mezclas de CC disminuyó la CV a fin de ciclo, la cual fue mayor en MC que MS, incluso en el segundo año de estudio donde el stand de plantas de Colza fue menor. Esto podría estar dado por la alta intercepción de la radiación y baja eficiencia en el uso de radiación que presentan las especies crucíferas, debido a la orientación horizontal de sus hojas (Elhakeem et al., 2021).

Se destaca la MC Centeno + *V. villosa* por encontrarse entre las mezclas con mayor CV para la mayoría de los momentos y años de estudio. Por contrario, la MS Avena + *V. sativa* se halló entre las de menor CV.

Al comparar ambos años de estudio la CV promedio fue mayor en 2020 que 2019, para los dos momentos de evaluación (46 vs 28 y 92 vs 49%). En el segundo año, resulta importante destacar que la mayoría de las mezclas alcanzaron valores cercanos al 50% de CV a los 60 DDS y todas lograron CV mayores del 90% al final de ciclo. Mientras que, en 2019, en el primer momento fue entre 20 y 30% y el máximo de CV alcanzado a fin de ciclo fue de 63%, sugiriendo que debido a las condiciones hídricas limitantes impuestas no se logró una buena implantación, crecimiento inicial y desarrollo en comparación con el segundo año.

En el caso de las interacciones entre especies para este parámetro, las diferencias encontradas entre años podrían estar dadas por el bajo número de plantas de Colza logradas en 2020 que no potenciaría a la interacción entre las tres familias botánicas evaluadas. Sin embargo, se destaca que, en ambos momentos de estudio, Avena presentó mayor cobertura con *V. villosa* que con *V. sativa* en MS. Mientras que, cuando se combinaron con Centeno no hay diferencias en la CV generada entre los tipos de vicias.

4.4 Biomasa de malezas O-I-P

En 2019, la biomasa de malezas O-I-P y, en particular de las dicotiledóneas, fue mayor ($p < 0,0001$) en TE que CC y TL, sin diferencias significativas entre estos últimos (Fig. 49A y 50A). Esto podría deberse, además de la condición de no manejo de malezas, por la emergencia temprana y concentrada en los primeros momentos del ciclo en TE respecto de los CC (ver capítulo III) y, por tanto, mayor período de desarrollo de plántulas. La MS Avena + *V. villosa* presentó mayor biomasa de malezas O-I-P ($p < 0,0001$) que la MC Centeno + *V. sativa*, la MS y MC a base de Centeno + *V. villosa* y la MC conformada Avena + *V. sativa* (Fig. 49A). Asimismo, esta MS reportó

una mayor emergencia de malezas O-I-P, las cuales fueron en su mayoría dicotiledóneas, a principios y mediados de ciclo (ver capítulo III). Por lo que, los mayores valores de biomasa reportados, podrían reflejar las ventajas de una emergencia temprana en el desarrollo de las malezas.

De igual manera que en el primer año de estudio, en 2020 la biomasa de malezas O-I-P, conformada principalmente por especies dicotiledóneas, fue mayor ($p < 0,0001$) en TE respecto de TL y CC, sin diferencias significativas entre estos últimos (Fig. 49B y 50B). En este punto, la emergencia de malezas fue más extendida a lo largo del ciclo en TE comparado con CC y, se concentró en un momento de altas precipitaciones (ver capítulo III). Esto podría explicar la mayor magnitud hallada (ver capítulo III) y haber facilitado el crecimiento de las plantas en un menor tiempo. Si bien la mayoría de las mezclas presentaron bajos y similares valores de biomasa, el valor hallado en la MC a base de Centeno + *V. villosa* y la MS de esta misma especie con *V. sativa* fue mayor ($p > 0,0001$) que en la MS Avena + *V. sativa* (Fig. 49B). En el caso de la biomasa de malezas gramíneas O-I-P, no se encontraron diferencias significativas entre testigos y CC para ambos años de estudio. De igual modo sucedió entre tipos de mezclas de CC, para la biomasa de malezas gramíneas en ambos años de estudio y dicotiledóneas en 2019.

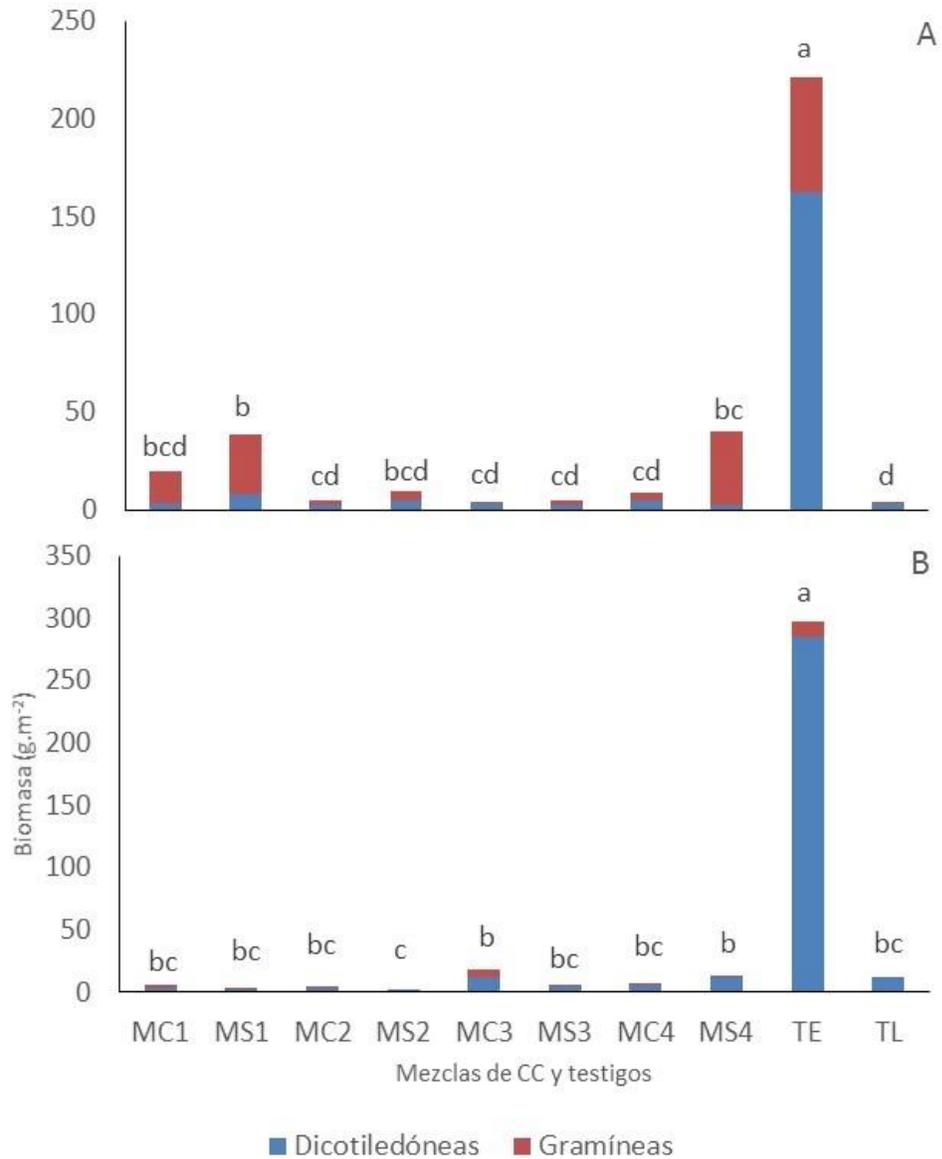


Figura 49. Biomasa promedio (g.m⁻²) de malezas O-I-P: dicotiledóneas (en azul) y gramíneas (en rojo) a fin del ciclo en los testigos y las diferentes mezclas evaluadas en el año 2019 (A) y 2020 (B). Los datos se transformaron en raíz (x) para mejorar la homocedasticidad previa al análisis. En las barras se presentan los valores promedio de datos no transformados, diferencias entre CC y/o testigos (indicadas por letras minúsculas diferentes) se determinaron a partir del análisis de datos transformados mediante el test de LSD de Fisher (p<0,05).



Figura 50. Presencia de malezas en TE (izquierda), TL (en el medio) y en el CC (izquierda) a fin de ciclo del 2019 (A) y 2020 (B).

En ambos años de estudio, los CC redujeron un 94,5% la biomasa promedio de malezas O-I-P respecto del TE. Asimismo, todas las mezclas presentaron bajos niveles de biomasa de malezas y semejantes a TL, a excepción de las MS a base de Avena + *V. villosa* y Centeno + *V. sativa* en 2019. Estos resultados son comparables y superiores a los reportados por Piñeiro et al (2019) para diferentes tipos de CC y sitios del país. No obstante, a diferencia de lo encontrado en este estudio, Buratovich & Acciaresi (2019) determinaron una mayor reducción de la biomasa de malezas en CC en comparación con el uso de herbicidas.

Los resultados obtenidos demuestran los beneficios de CC en el manejo de malezas a largo plazo, dada la relación directa entre la biomasa de las especies espontáneas y la producción de semillas (Liebman et al., 1996). También, considerando que la terminación de los CC habitualmente finaliza con el crecimiento de las malezas antes de que se produzcan semillas maduras (Gallandt, 2006) y que la menor biomasa podría aumentar la susceptibilidad a herbicidas (Wallace et al., 2019).

4.5 Biomasa por especie de maleza

En 2019, TE presentó mayor ($p < 0,001$) biomasa de *A. arvensis*, seguido por los CC y por último TL (Fig. 51 y 52). Asimismo, la MS Avena + *sativa* ó *V. villosa* presentaron mayor biomasa ($p < 0,0001$) respecto de la MS Centeno + *V. sativa* (Fig. 52). De manera similar a lo reportado para malezas O-I-P y dicotiledóneas, la MS Avena + *V. villosa* presentó mayor emergencia temprana de la especie (ver capítulo III) lo que, a partir de los valores de biomasa registrados, podría indicar ventajas en el desarrollo al igual que lo anunciado anteriormente para malezas O-I-P.



Figura 51. Presencia de *A. arvensis* (en círculos) en TE (a), CC (b) y TL a fin de ciclo del 2019.

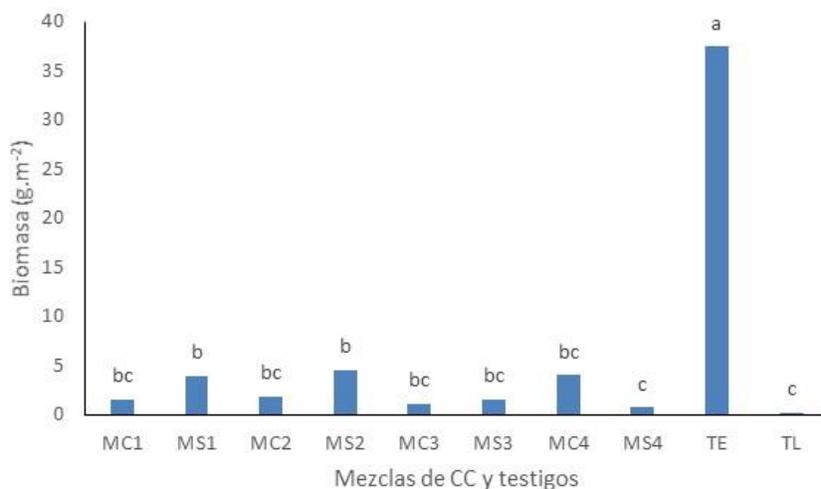


Figura 52. Biomasa de *A. arvensis* (g.m^{-2}) en las diferentes mezclas y testigos. Los datos se transformaron en $\log(x+1)$. En las barras se presentan los valores promedios de datos no transformados, diferencias entre CC y/ o testigos (indicadas por letras minúsculas diferentes) se determinaron a partir del análisis de datos transformados, mediante el test de LSD de Fisher ($p < 0,05$).

En 2020, se encontró mayor biomasa de *C. sumatrensis* ($p < 0,0001$) y *G. spicata* ($p = 0,007$) en TE en relación a las diferentes mezclas evaluadas y TL (sin diferencias entre estos) (12 vs 0 y 4 vs 0 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$). De similar manera sucedió para *A. arvensis* ($p = 0,04$), sin diferencias con el TL ($11,5$ vs 0 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$). Mientras que *P. aviculare* presentó mayor biomasa ($p < 0,0001$) en ambos testigos, TE y TL (sin diferencias entre estos) que en CC (22 y 12 vs 0 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) (Fig. 53).



Figura 53. Presencia de *P. aviculare* en TL (a), TE (b) y CC (c) a fin del ciclo del 2020.

El análisis individual de cada maleza arrojó para los dos años de estudio que las distintas mezclas suprimieron en mayor medida la biomasa de *A. arvensis* respecto de TE y, de igual o mayor grado que TL. En 2020 se registraron similares valores de supresión de biomasa por parte de TL y CC para *C. sumatrensis* y *G. spicata*. Por lo contrario, los CC ejercieron mayor supresión de la biomasa de *P. aviculare* que ambos tipos de barbechos. En este punto, se concluye que las distintas mezclas no solo disminuyeron la ME de la especie (ver capítulo III) sino también su crecimiento.

4.6 Relaciones entre los parámetros evaluados en las mezclas de CC y malezas

En general para ambos años de estudio, el análisis de correlaciones no mostró una única tendencia, sino que varió dependiendo de la especie o grupo de malezas evaluadas y de la variable medida en los CC. En el año 2019, TME fue la variable que presentó mayor número de correlaciones, principalmente con la CV. En este punto, se encontró correlación negativa ($r = -0,37$) entre la CV a los 60 DDS y TME de *P. aviculare* ($p = 0,04$), lo cual indicaría un menor TME de la especie ($p = 0,04$) a mayores valores de CV (Fig. 54). Mientras que el TME de malezas O-I-P ($r = 0,34$; $p = 0,05$), dicotiledóneas ($r = 0,37$; $p = 0,003$) y de *C. sumatrensis* ($r = 0,47$; $p = 0,006$) presentó correlación positiva con la CV, es decir que aumentó a mayor CV a fin de ciclo (Fig. 55). Esto explicaría los mayores valores de este parámetro, para las malezas anteriormente mencionadas,

en las MS de Avena ó Centeno + *V. villosa* junto con la MC de esta última (ver capítulo III), las cuales presentaron altos valores de CV (Fig. 43). Asimismo, *C. sumatrensis* presentó correlación negativa de este parámetro con el % de gramínea en la mezcla ($r=-0,45$, $p=0,009$) y, entre producción de biomasa y ME ($r=-0,36$; $p=0,04$). Esto denota, un menor TME ($p=0,009$) y ME ($p=0,04$) de la especie a mayor proporción de gramíneas en la mezcla (Fig. 56a) y producción de biomasa (Fig. 56b), respectivamente.

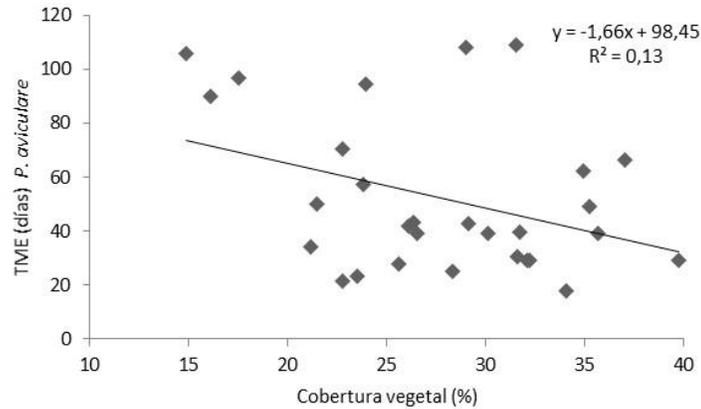


Figura 54. TME (días) de *P. aviculare* en función de la cobertura vegetal (%) a los 60 DDS. Los puntos indican el TME determinado para la CV generada por las diferentes mezclas de CC evaluadas. La línea marca la tendencia de la relación entre ambos parámetros.

Capítulo IV. Supresión de malezas: influencia de la producción de biomasa y cobertura vegetal

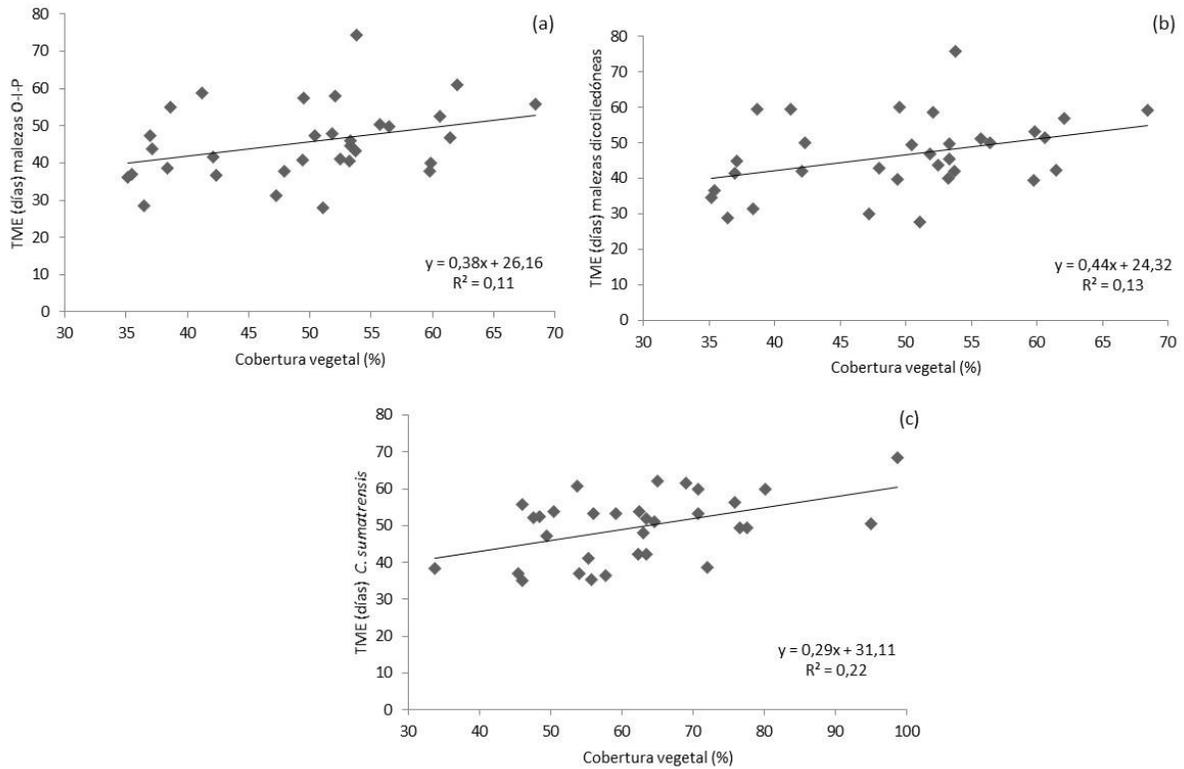


Figura 55. TME (días) de malezas O-I-P (a), dicotiledóneas (b) y la especie *C. sumatrensis* (c) en función de la cobertura vegetal (%) a fin de ciclo. Los puntos indican el TME determinado para la CV de las diferentes mezclas de CC evaluadas. La línea marca la tendencia de la relación entre ambos parámetros.

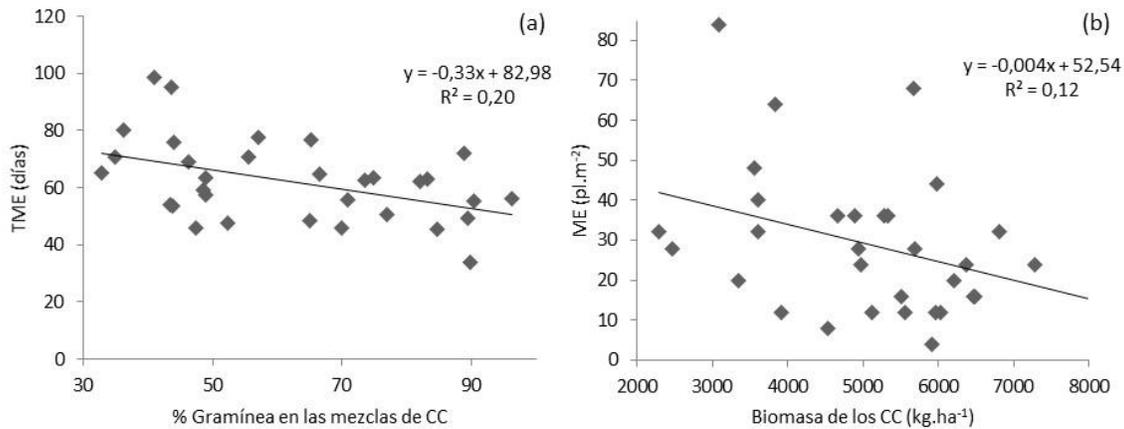


Figura 56. TME de *C. sumatrensis* en función del porcentaje (%) de gramínea en las mezclas (a) y ME de la especie en función de la producción de biomasa de los CC (b). Los puntos indican el TME ó la ME registrada para los diferentes valores de % de gramíneas y biomasa en las mezclas de CC. La línea marca la tendencia de la relación entre ambos parámetros.

Adicionalmente, el HTT50 de *C. sumatrensis* y *A. arvensis* aumentó ($p=0,001$) a mayores valores de TME (Fig. 57 a y b). Lo cual se encontró en el análisis de correlación para cada especie, respectivamente ($r=0,94$; $p=0,001$ y $r=0,86$; $p=0,001$). Este parámetro también presentó correlación positiva con la CV a fin de ciclo tanto para *C. sumatrensis* ($r=0,91$; $p=0,001$) como para *Lolium spp.* ($r=0,93$; $p=0,02$). Es decir, el HTT50 de estas especies se incrementó ($p=0,001$) a mayores porcentajes de CV (Fig. 57 c y d). Esto podría explicar el mayor requerimiento hidrotermal medio de *Lolium spp.* en la MC Centeno + *V. villosa* respecto de la MS Centeno + *V. sativa* (ver capítulo III), ya que la MC presentó un 30% más de CV a fin de ciclo (Fig. 43).

Finalmente, la biomasa de *A. arvensis* y *G. spicata* presentó correlación positiva con la tasa de emergencia ($r=0,71$; $p=0,04$) y el porcentaje de leguminosa de la mezcla ($r=0,41$; $p=0,01$), respectivamente. Mientras que, para *Lolium spp.*, el parámetro mostró correlación negativa con el HTT50 de la especie ($r=-0,88$; $p=0,04$). Asimismo, el requerimiento hidrotermal de *G. spicata* se correlacionó positivamente con la ME registrada ($r=1$; $p=0,02$). Todo esto indicaría un aumento en la biomasa de *A. arvensis*, *Lolium spp.* y *G. spicata* a mayor tasa de emergencia ($p=0,04$), menor HTT50 ($p=0,04$) y % de leguminosa en la mezcla ($p=0,01$), para cada especie correspondientemente (Fig. 58 a, b y c). Asimismo, la última especie maleza también incrementó la ME ($p=0,02$) a mayores valores de HTT50 de emergencia (Fig. 58d).

Capítulo IV. Supresión de malezas: influencia de la producción de biomasa y cobertura vegetal

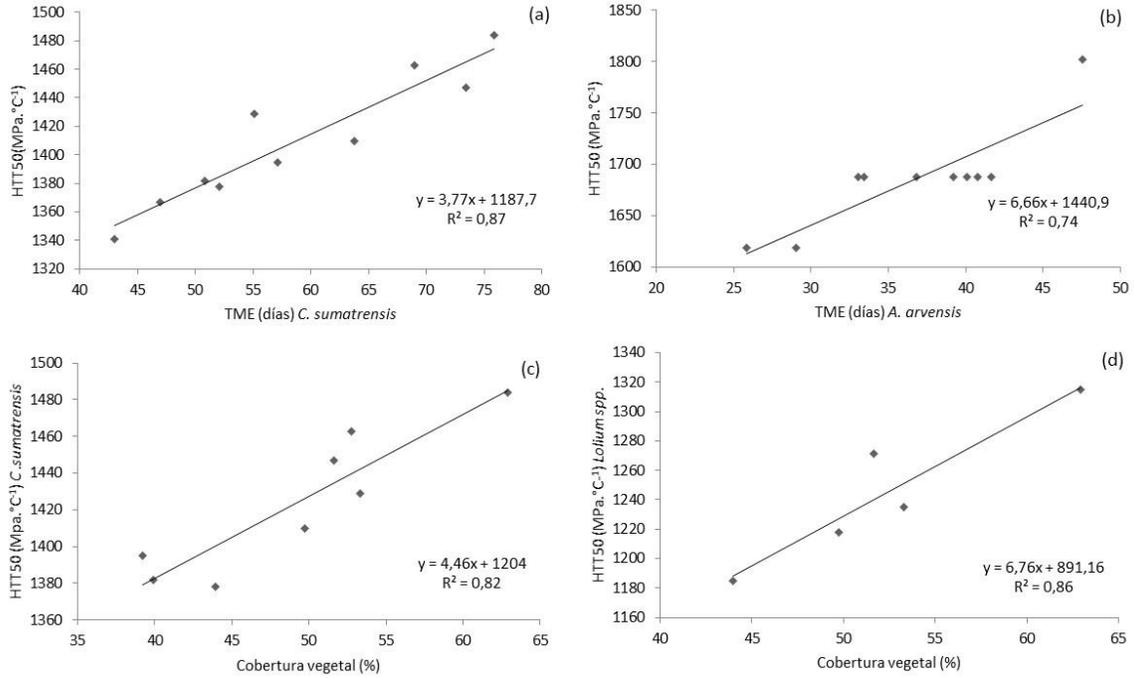


Figura 57. HTT50 (MPa°Cd) en función del TME (días) para *C. sumatrensis* (a) y *A. arvensis* (b) y, HTT50 de *C. sumatrensis* (c) y *Lolium spp.* (d) en función de la cobertura vegetal (%) de los CC. Los puntos indican el HTT50 de cada especie determinado para el TME o CV en las diferentes mezclas evaluadas. La línea marca la tendencia de la relación entre ambos parámetros.

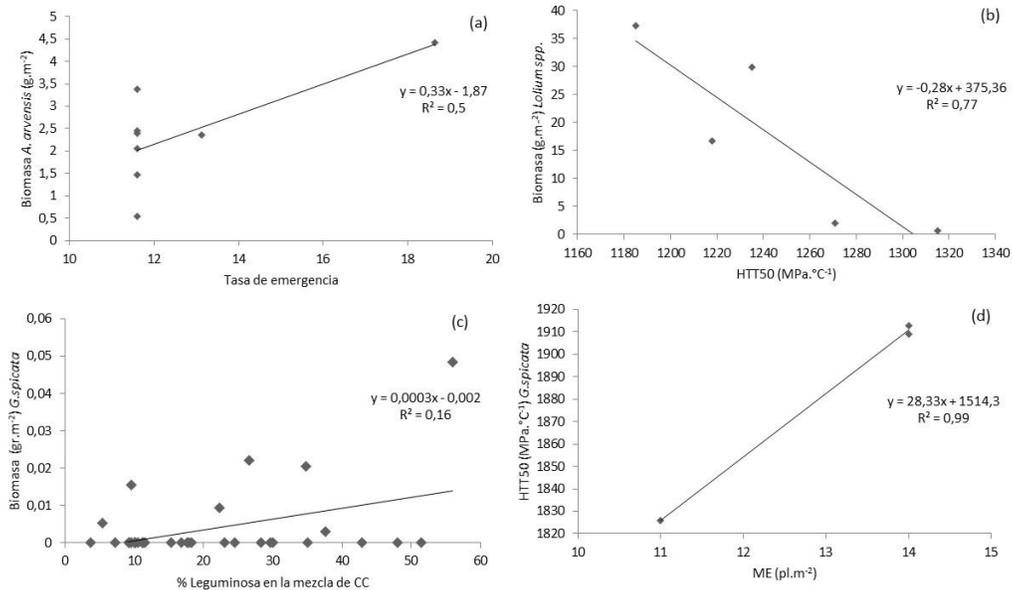


Figura 58. Biomasa (g.m⁻²) de *A. arvensis*, *Lolium spp.* y *G. spicata* en función de la tasa de emergencia (a), HTT50 (MPa°Cd) (b) y % de leguminosa de las mezclas (c), respectivamente para cada especie y, ME (pl.m⁻²) de *G. spicata* en función del HTT50 (d). Los puntos indican la biomasa y HTT50 para la tasa, HTT, ME o % de leguminosa en los CC evaluados. La línea marca la tendencia de la relación entre ambos parámetros.

En el año 2020, se encontraron mayor cantidad de correlaciones (positivas y negativas) que en 2019, lo que inferiría un mayor impacto de las mezclas de CC en diferentes variables medidas en la comunidad de malezas y de cada especie en particular. Esto podría deberse a la mayor producción de biomasa producto de las condiciones hídricas no limitantes impuestas en 2020.

De manera similar al primer año, TME fue el parámetro de la comunidad de malezas que mayor número de correlaciones presentó con las variables medidas en los CC, principalmente CV. En este punto, se encontró correlaciones negativas entre el % de CV a los 60 DDS y el TME de malezas O-I-P ($r = -0,36$; $p = 0,01$), dicotiledóneas ($r = -0,38$; $p = 0,03$) y, de las especies *P. aviculare* ($r = -0,46$; $p = 0,02$) y *C. sumatrensis* ($r = -0,37$; $p = 0,03$). Es decir, en la mayoría de los casos estudiados, el TME disminuyó ($p = 0,01$; $p = 0,03$; $p = 0,02$) a mayores valores de CV registrados a comienzos de ciclo del CC (Fig. 59). Estos resultados son coincidentes con lo reportado para *P. aviculare* en 2019 y, explicarían el menor TME registrado en la MC Avena + *V. villosa* (ver capítulo II), la cual presentó mayor CV a los 60DDS (Fig. 40). Al igual que el mayor TME de malezas O-I-P y dicotiledóneas mencionado en los testigos respecto de los CC (ver capítulo III).

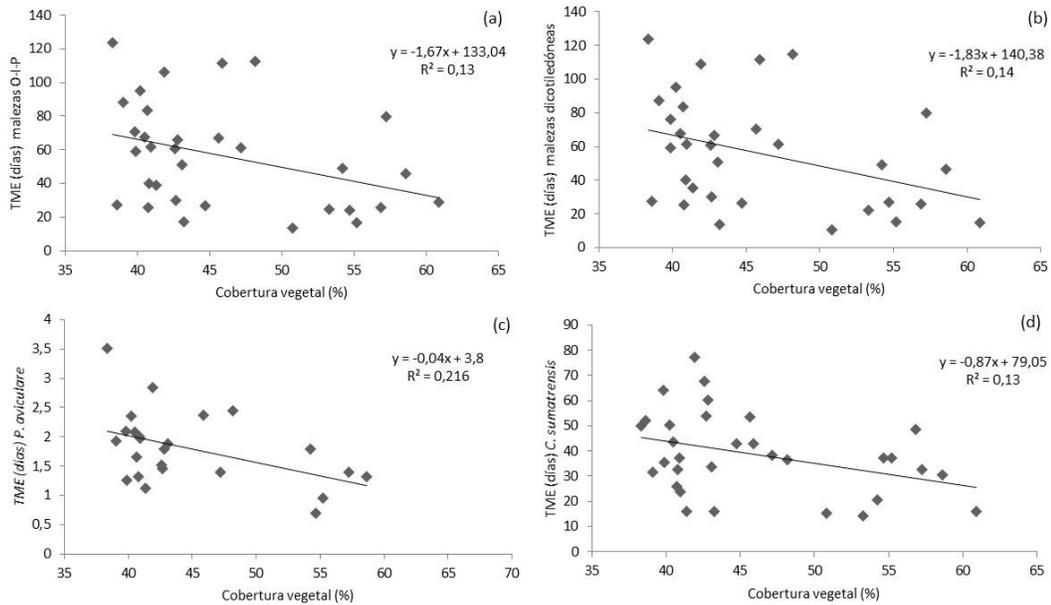


Figura 59. TME (días) de malezas O-I-P (a), dicotiledóneas (b), *P. aviculare* (c) y *C. sumatrensis* (d) en función de la cobertura vegetal (%) a los 60 DDS de los CC. Los puntos indican el TME de cada grupo de malezas (transformado a $\log(x+1)$ en *P. aviculare*) para la CV de las diferentes mezclas evaluadas. La línea marca la tendencia de la relación entre ambos parámetros.

También, se halló correlación positiva entre % de leguminosa en la mezcla y TME de malezas O-I-P ($r=0,62$; $p=0,0002$), dicotiledóneas ($r=0,64$; $p=0,0001$) y *C. sumatrensis* ($r=0,36$; $p=0,04$). Es decir, el TME aumentó ($p=0,0002$; $p=0,0001$; $p=0,04$) a mayor % de leguminosa en la mezcla (Fig. 60). Al igual que lo encontrado en 2019, el TME de *C. sumatrensis* presentó correlación positiva con el HTT50 ($r=0,73$ y $p=0,01$). Por lo que aumentos en el requerimiento hidrotermal para la emergencia de la especie incrementaron el valor de TME ($p=0,01$) (Fig. 60d). Al contrario de lo anterior, el TME de malezas O-I-P ($r=-0,34$; $p=0,05$) y dicotiledóneas ($r=-0,35$; $p=0,0001$) presentó correlación negativa con la proporción de gramínea. Esto indicaría una disminución del TME ($p=0,05$ y $p=0,0001$) a mayor proporción de gramíneas en la mezcla (Fig. 61), lo cual es coincidente con las relaciones anteriormente mencionadas, ya que implicaría una disminución del % de leguminosa.

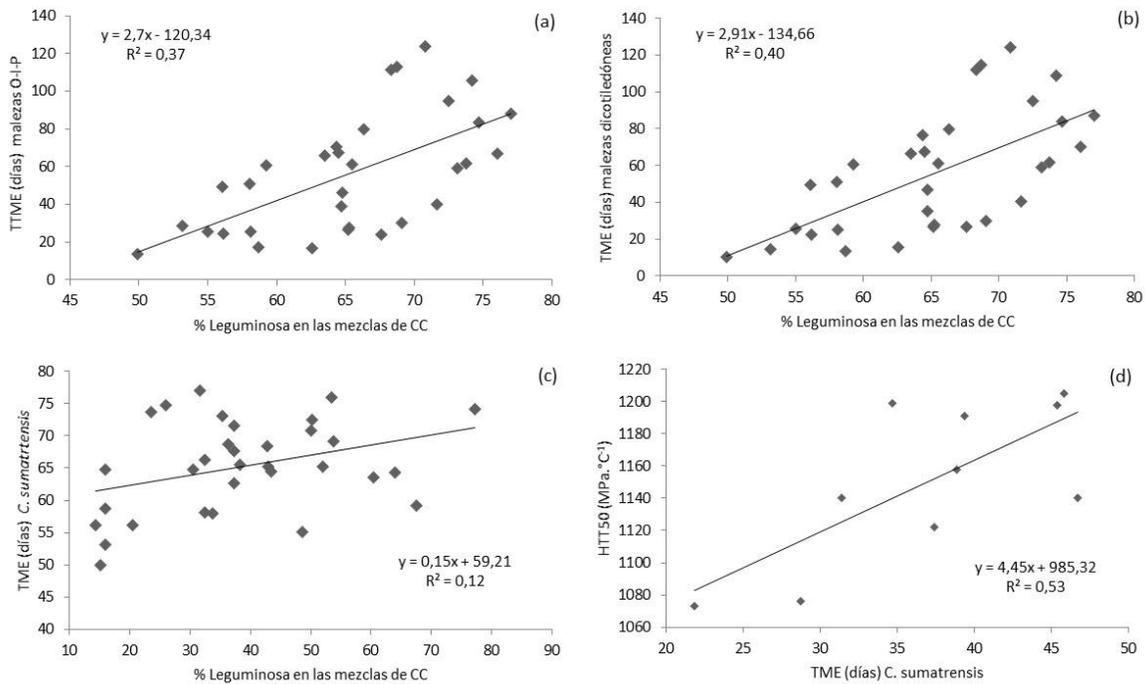


Figura 60. TME (días) de malezas O-I-P (a), dicotiledóneas (b) y *C. sumatrensis* (c) en función del porcentaje (%) de leguminosa en las mezclas y, HTT50 (MPa°Cd) de *C. sumatrensis* en función del TME registrado para la especie (d). Los puntos indican el TME determinado para los diferentes % de leguminosas y el HTT50 de *C. sumatrensis* en los CC evaluados. La línea marca la tendencia de la relación entre ambos parámetros.

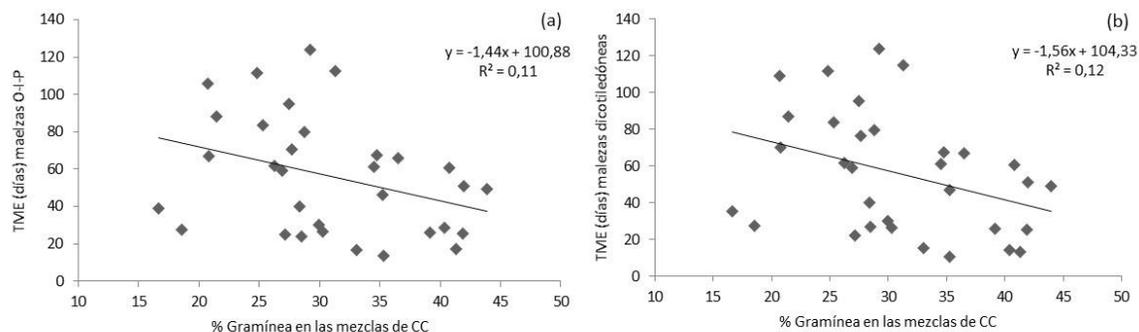


Figura 61. TME (días) de malezas O-I-P (a) y dicotiledóneas (b) en función del porcentaje (%) de gramínea en las mezclas. Los puntos indican el TME determinado para el % de gramínea determinado en los diferentes CC evaluados. La línea marca la tendencia de la relación entre ambos parámetros.

ME fue otro de los parámetros relevados en malezas que presentó mayor número de correlaciones con las variables medidas en los CC. La CV a los 60 DDS correlacionó negativamente con la ME de *G. spicata* ($r = -0,36$; $p = 0,04$) y *P. aviculare* ($r = -0,44$; $p = 0,01$). Esta última especie también presentó correlación positiva del parámetro con la proporción de leguminosa en la mezcla ($r = 0,5$; $p = 0,003$). Es decir que, en ambos casos, la ME se redujo ($p = 0,04$ y $p = 0,01$) al aumentar la CV a principios del ciclo (Fig. 62a y b) y, específicamente para *P. aviculare* ($p = 0,003$), cuando disminuye la proporción de leguminosas en la mezcla (Fig. 62c).

Finalmente, se encontró correlación positiva entre la ME de malezas gramíneas y la CV a fin de ciclo ($r = 0,37$ y $p = 0,03$). Específicamente se halló para *Lolium spp.* ($r = 0,34$ y $p = 0,05$), que también presentó correlación positiva entre este parámetro y producción de biomasa del CC ($r = 0,37$ y $p = 0,03$). Es decir, la ME de malezas gramíneas ($p = 0,03$) y la especie *Lolium spp.* ($p = 0,05$ y $p = 0,03$) aumentó a mayores valores de CV (Fig. 63a y b) y producción de biomasa (Fig. 63c).

Capítulo IV. Supresión de malezas: influencia de la producción de biomasa y cobertura vegetal

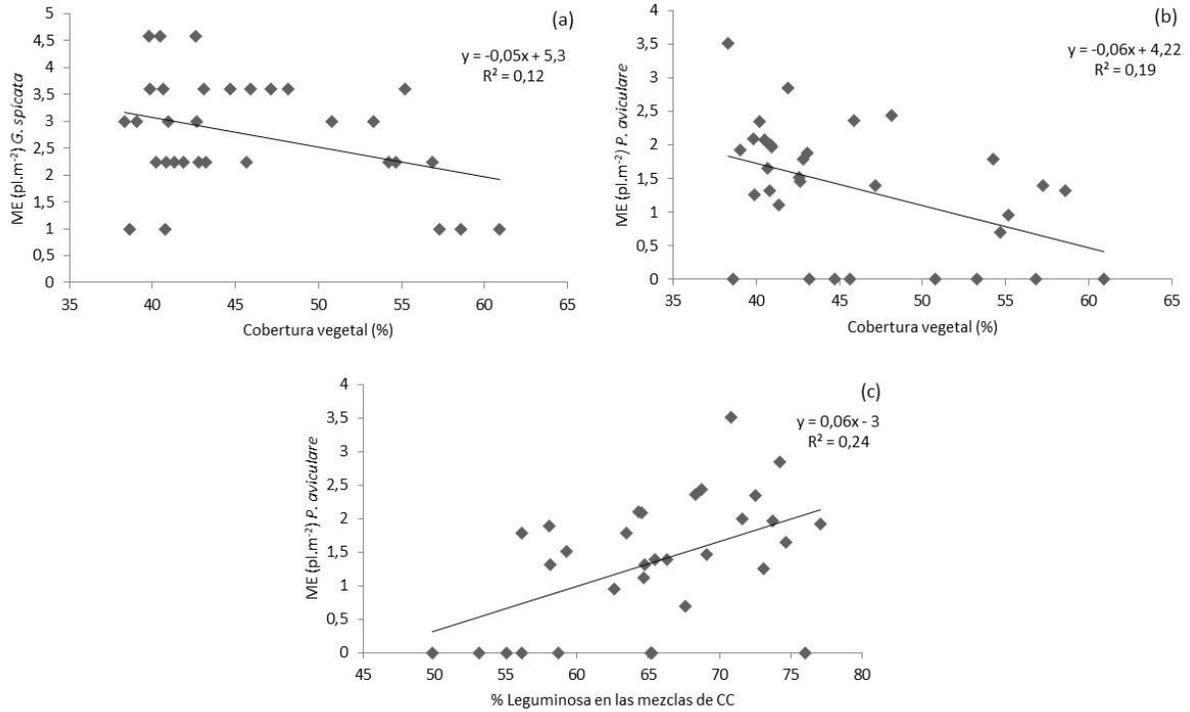


Figura 62. Magnitud de emergencia (ME pl.m⁻²) de *G. spicata* y *P. aviculare* en función de la cobertura vegetal (%) a los 60 DDS (a y b) y el porcentaje (%) de leguminosa en las mezclas (c), para esta última especie. Los puntos indican la ME registrada de ambas especies (transformado en raíz cuadrada (x+1) y log (x+1), en la relación con % de leguminosa) para los diferentes porcentajes de CV y % de leguminosa registrados en los CC evaluados. La línea marca la tendencia de la relación entre ambos parámetros.

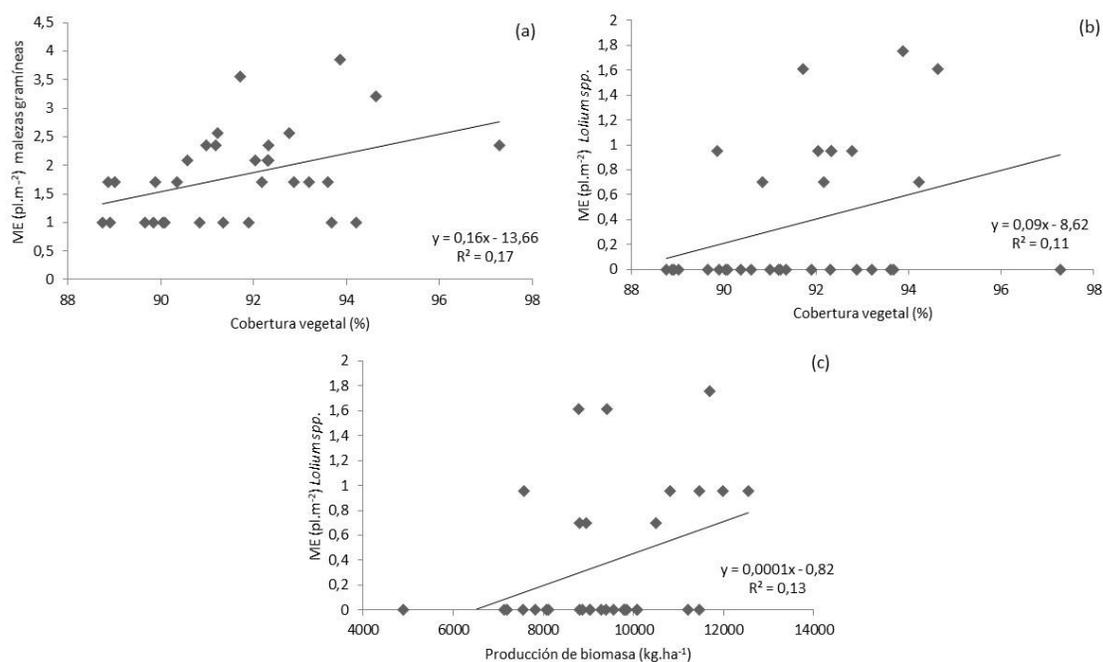


Figura 63. Magnitud de emergencia (ME pl.m^{-2}) de malezas gramíneas y *Lolium spp* en función de la cobertura vegetal (%) a fin de ciclo (a y b) y la producción de biomasa (kg MS. ha^{-1}) (c) de las distintas mezclas, para esta última especie. Los puntos indican el número total de emergencia registradas de malezas gramíneas y *Lolium spp.* (transformados en raíz cubica $(x+1)$ y $\log(x+1)$) para los valores de cobertura vegetal y productividad registrados al final del ciclo en los diferentes CC evaluados. La línea marca la tendencia de la relación entre ambos parámetros.

El análisis de correlaciones entre los parámetros medidos en la comunidad de malezas y los CC evidenció que el patrón de emergencia de malezas O-I-P, dicotiledóneas y en particular de las especies *C. sumatrensis* y *P. aviculare* fue directa o indirectamente influenciado por la CV a los 60 DDS y fin de ciclo, mediante la proporción de los componentes de la mezcla, su relación e influencia con la CV lograda. Específicamente, el desarrollo rápido de una CV temprana produciría una emergencia concentrada a principios del ciclo, lo que también fue encontrado por Daita et al. (2018). Mientras que mayores valores de CV a fin de ciclo, obtenidos en mezclas con alto % de leguminosa, generarían una emergencia más extendida en el tiempo. Estas modificaciones ejercidas por el dosel posiblemente se deban a cambios en la calidad de la luz y fluctuaciones de temperatura (Kruk et al., 2006), que influyen directamente en la emergencia, crecimiento y desarrollo de las malezas. Por último, las correlaciones halladas permitieron explicar y comprender las diferencias encontradas entre CC para los parámetros de dinámica de emergencia evaluados en el capítulo III.

5 Conclusiones

De los resultados alcanzados en los dos años de experimentación que dieron soporte al presente capítulo de esta tesis, cuya finalidad fue determinar el desempeño de mezclas de CC y evaluar sus efectos en la supresión de malezas, se determina:

Aceptar la hipótesis 2.1 ya que, bajo condiciones hídricas limitantes impuestas en 2019, se encontraron evidencias de que la composición específica de las mezclas modificó la productividad de los CC. En tanto para ambos años de estudio, principalmente el tipo de vicia utilizado, el agregado de colza en MS y la proporción de gramíneas afectaron la cobertura vegetal generada a los 60 DDS y fin de ciclo.

Rechazar la hipótesis 2.2, ya que no se encontraron suficientes evidencias para afirmar que la producción de biomasa del CC determina el nivel de supresión de malezas. Mientras que los resultados encontrados demuestran la influencia en este parámetro de la cobertura vegetal. Tanto a los 60 DDS como a fin de ciclo, la cobertura vegetal afectó el patrón de emergencia de malezas.

Capítulo V

EFFECTOS DE LA COMPOSICIÓN ESPECÍFICA DE CULTIVOS DE COBERTURA EN LA COMUNIDAD DE MALEZAS

1. Introducción

La diversificación de los CC cuenta con el potencial para mejorar el manejo de malezas dentro de los lotes de cultivo (MaClaren et al., 2019). Las especies que conforman la mezcla pueden tener diferentes características funcionales relacionadas a la capacidad para interferir en la comunidad de malezas (Baraibar et al., 2017; Tribouillois et al., 2015). Es por esto que el incremento del nivel de diversidad no solo puede deberse al aumento del número de especies, sino también al aumento del grupos funcionales puestos en juego (Ranaldo et al., 2020). Por ejemplo, las gramíneas se caracterizan por poseer una rápida tasa de crecimiento y absorción eficiente del nitrógeno, por lo que son altamente supresoras de malezas (Brainard et al., 2011; Brennan & Smith, 2005; Hayden et al., 2012). Además de estas características mencionadas, algunas especies de este grupo presentan actividad alelopática (Kato-Noguchi et al., 1994; Schulz et al., 2013).

En el caso de las leguminosas, presentan una alta tasa de crecimiento en primavera, ejerciendo un buen control de malezas en este período principalmente por sombreado (Daita et al., 2018; Hayden et al., 2012; Lawson et al, 2015). Asimismo, constituyen una fuente de liberación lenta de nitrógeno al sistema mediante fijación biológica que le confiere ventajas al cultivo posterior en la captación de este nutriente frente a malezas, incrementando así su capacidad competitiva (Dyck et al., 1995).

En cuanto a crucíferas, generan una amplia cobertura del suelo y se demostró que producen glucosinolatos (Clark, 2007; Haramoto & Gallandt, 2004; Scarnecchia & Magdoff, 2009), los cuales se hidrolizan en compuestos biológicamente activos durante la descomposición que interfieren con malezas al suprimir su germinación y crecimiento (Norsworthy et al., 2007; Teasdale & Taylorson, 1986). En este sentido se ha encontrado una disminución y retraso en la emergencia de malezas después de la incorporación de residuos de CC de crucíferas (Haramoto, 2004). También, Tiwari et al. (2021) evidenciaron una fuerte reducción de la emergencia y del banco de semillas viables durante la temporada de crecimiento y después de un cultivo de mostaza. Estos

antecedentes indicarían el impacto en la dinámica de emergencia de malezas que tendría la incorporación de este grupo en la secuencia de cultivos, contribuyendo así al manejo a largo plazo.

Se ha determinado que un CC conformado por una determinada especie debería competir más fuertemente con las malezas que pertenecen a la misma familia botánica o grupo funcional, limitando potencialmente sus abundancias (MacLaren et al., 2019; Violle et al., 2011). Es por esto que la combinación de distintas especies que adquieren recursos de su entorno circundante de diferentes formas podría resultar en una mayor y diversa captura de recursos, de modo que estén menos disponibles para las malezas (MacLaren et al., 2019). Al mismo tiempo, se espera que resulten en mezclas con diversos y complementarios mecanismos de supresión (físicos y químicos) (Baraibar et al., 2017; Schappert et al., 2019), lo que permitiría incrementar la capacidad supresora (Brainard et al., 2011; Finney et al., 2016; Schipanski et al., 2014). En el caso de los efectos alelopáticos, estos pueden ser específicos de determinada especie (Norsworthy et al., 2007), por lo tanto una combinación de cultivos de cobertura alelopáticos podría ser más eficaz a una amplia gama de malezas (Creamer & Stinner, 1997; Wortman et al., 2013). Todos estos conceptos forman parte de la teoría de “diversidad-invasibilidad” (Elton, 1958), la cual postula que las comunidades de plantas que contienen una mayor diversidad deberían ser más resistentes a la invasión de exóticas respecto de los monocultivos o las comunidades que contienen sólo unas pocas especies.

El uso de mezclas diversas es relativamente reciente (Florence et al., 2019) y, hasta el momento, existen escasas investigaciones acerca de los efectos en la supresión de malezas de las especies componentes (Kjær et al., 2009; Wendling et al., 2017) y el aumento de la diversidad de los CC (Holmes et al., 2017; MacLaren et al., 2019). Asimismo, los resultados se muestran inconsistentes, ya que algunos de ellos sugieren que el incremento de la diversidad funcional puede aumentar la supresión de malezas ya sea, por un aumento en la producción de biomasa; la interacción de los componentes del sistema o la complementariedad de especies con diferentes patrones de crecimiento (Döring et al., 2012; Linares et al., 2008). Mientras que otros estudios determinaron que la diversidad no influye en la supresión de malezas (Brennan & Smith, 2005; Finney et al., 2016; Florence et al., 2019).

El éxito para el manejo de malezas con mezclas de CC dependería de la combinación específica (Suter et al., 2017) y de que cada componente proporcione los servicios deseados para esto (White et al., 2016), lo cual está influenciado por muchos factores como: la disponibilidad de nutrientes, la densidad de siembra y la proporción relativa de cada especie (Connolly et al., 1990).

Por ende, la determinación de la composición específica con características determinadas para garantizar el manejo de malezas es un tema actual de investigación, de gran relevancia para el diseño de sistemas de cultivos sostenibles (Baraibar et al., 2017; Brooker et al., 2021; Finney & Kaye, 2017; Holmes et al., 2017).

Por todo lo expuesto, resulta importante indagar si existen diferencias en la supresión de malezas al variar la composición específica de las mezclas y, al mismo tiempo comprender los efectos de cada especie y sus interacciones en los parámetros evaluados en la comunidad de malezas. De este modo se propone para el presente capítulo la siguiente hipótesis y objetivo:

2. Hipótesis.

La composición específica de las mezclas de CC afecta la dinámica de emergencia y la productividad de la comunidad de malezas O-I-P.

3. Objetivo.

Determinar el efecto la composición específica de los CC sobre la dinámica poblacional y la productividad de la comunidad de malezas O-I-P.

4. Resultados y discusión

En general para ambos años de estudio, el análisis de los efectos de los componentes de los CC e interacciones entre estos sobre los parámetros poblacionales de la comunidad de malezas no mostró una única tendencia. Los mismos fueron variables dependiendo de la especie o grupo de malezas evaluadas y la variable analizada, lo que podría estar dado por las diferencias en las condiciones hídricas imperantes entre años de estudios (Lawson et al., 2015). A continuación, se desarrollan los principales resultados obtenidos.

4.1 Tiempo medio de emergencia (TME)

En 2019, se encontró efecto de la composición específica en el TME de *C. sumatrensis*, el cual presentó interacción gramínea-leguminosa y fue mayor ($p=0,005$) en la mezcla Centeno + *V. villosa* respecto de su combinación con *V. sativa* (Fig. 64A). Esto es coincidente con lo enunciado en capítulo III y, con la correlación positiva hallada entre este parámetro y la CV a fin de ciclo (ver capítulo IV). Es decir que, presentó mayor TME en aquellas MS que generaron mayor CV, como sucedió en la combinación de Centeno + *V. villosa*. También se encontró que en mezcla con *V. villosa*, Centeno presentó mayor TME que Avena, mientras que con *V. sativa* sucedió lo contrario (Fig. 64A). Las diferencias con *V. villosa*, podrían explicarse con la correlación negativa hallada

entre esta variable y la proporción de gramínea en la mezcla (ver capítulo IV), principalmente porque Avena presentó tendencia a generar mayor biomasa que Centeno en esta combinación.

También, se encontró para *P. aviculare* interacción gramínea-crucífera ($p=0,02$), donde Centeno mostró mayor TME en MC que MS. Asimismo, para MC presentó mayor TME cuando se incluyó Centeno frente a Avena (Fig. 64B). Esto último podría relacionarse con la correlación negativa hallada entre TME y CV a los 60 DDS para esta especie (ver capítulo IV), ya que, en MC con *V. sativa*, Avena presentó mayor CV respecto de Centeno, y por tanto menor TME.

En 2020, el TME de *P. aviculare* fue afectado por el agregado de Colza ($p=0,03$), el cual generó una concentración temprana de los flujos de emergencia a comparación de MS que presentaron mayor TME. También se halló interacción leguminosa-crucífera, donde para mezclas con *V. villosa* el TME fue mayor ($p=0,02$) en MS en que MC (Fig. 64C). Estos resultados podrían estar asociados a la correlación hallada entre este parámetro y la CV a los 60 DDS, ya que este último aumentó con el agregado de Colza (ver capítulo IV).

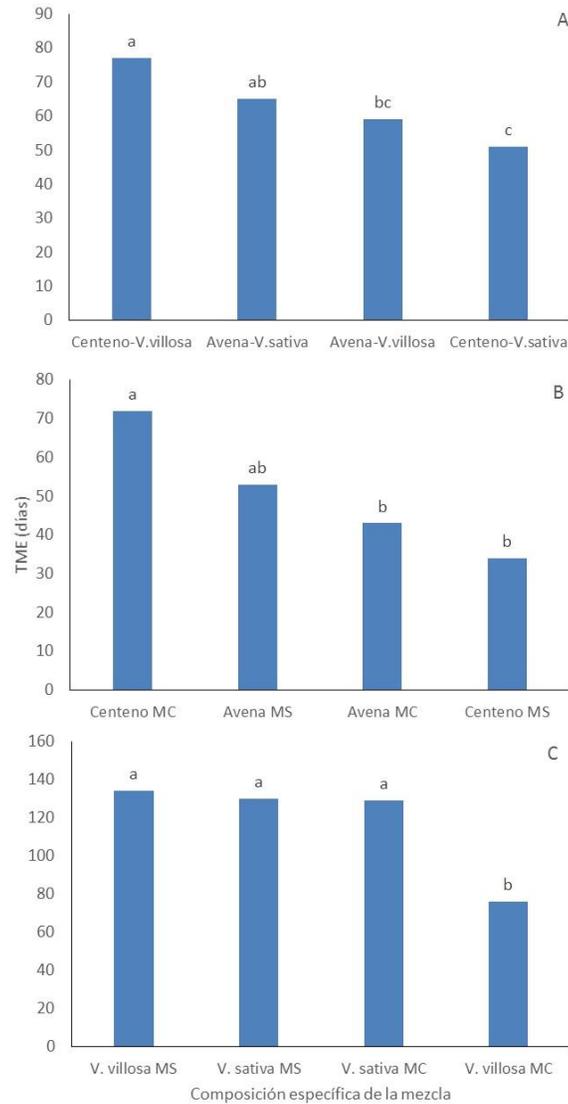


Figura 64. TME (días) de *C. sumatrensis* en la interacción gramínea-leguminosa (A) y *P. aviculare* en las interacciones gramínea-crucífera (B) para el año 2019 y leguminosa-crucífera (C) para el 2020. Los datos de *P. aviculare* en 2019 fueron transformados en raíz $(x+1)$ y potencia cúbica (x) , para cada año respectivamente. En las barras se presentan los valores promedios de datos no transformados, diferencias entre mezclas de CC (indicadas por letras minúsculas diferentes) se determinaron a partir del análisis de datos transformados, mediante el test de LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Los resultados encontrados evidencian la influencia de la composición específica de los CC en el TME de las dos especies más abundantes en el sitio de estudio: *C. sumatrensis* y *P. aviculare* para 2019 y, 2020 sólo para esta última. Asimismo, el efecto fue diferencial entre ambos años de estudio y principalmente dependió de la CV generada por cada una de las mezclas.

4.2 Magnitud de emergencia (ME)

En 2019 y 2020 no se encontraron interacciones significativas entre los componentes de los CC para la ME. Sin embargo, para el primer año de estudio se halló que la ME de *A. arvensis* fue mayor ($p=0,05$) en mezclas con *V. villosa* respecto de *V. sativa* (63 vs 33 pl.m⁻²).

4.3 Emergencia de malezas en diferentes momentos del ciclo de CC

A continuación, se describen los efectos hallados de la composición específica de los CC sobre la emergencia de malezas a lo largo del ciclo, para los diferentes momentos relevados en cada año de estudio.

A principios del ciclo en 2019 (53 DDS) se encontró efecto simple de la componente leguminosa sobre la emergencia de malezas O-I-P ($p=0,04$), dicotiledóneas ($p=0,05$) y de *A. arvensis* ($p= 0,002$). En todos los casos, las mezclas con *V. villosa* presentaron mayor densidad de emergencia que con *V. sativa* (21 vs 13; 18 vs 10 y 11 vs 2 pl.m⁻², respectivamente). Estos resultados son coincidentes con lo reportado anteriormente para la ME de *A. arvensis*, lo que podría indicar que los aumentos del parámetro se corresponderían con la mayor emergencia temprana reportada de la especie en CC con *V. villosa*, bajo condiciones hídricas limitantes.

Al mismo tiempo, se encontró interacción gramínea-leguminosa para la emergencia de malezas O-I-P y, en particular para las especies dicotiledóneas, la cual fue mayor ($p=0,001$ y $p=0,04$) en mezclas de Avena con *V. villosa* respecto de *V. sativa*, sin diferencias entre ambos tipos de vicias para Centeno (Fig. 65A). Al comparar tipos de gramíneas entre sí combinadas con *V. villosa*, Avena presentó mayor emergencia que Centeno (Fig. 65A). Estos mismos resultados se evidencian en la interacción hallada entre todas las familias botánicas estudiadas ($p=0,04$) para la emergencia de malezas O-I-P (Fig. 65B).

De manera similar a lo anterior, a mediados de ciclo (116 DDS), se encontró interacción leguminosa-crucífera para la emergencia de malezas O-I-P ($p=0,04$) y dicotiledóneas ($p=0,05$). La misma se exhibe en los resultados de la variable enunciados en el capítulo III y determina que las MS con *V. villosa* presentaron una mayor emergencia que la combinación con *V. sativa* (Fig. 65C).

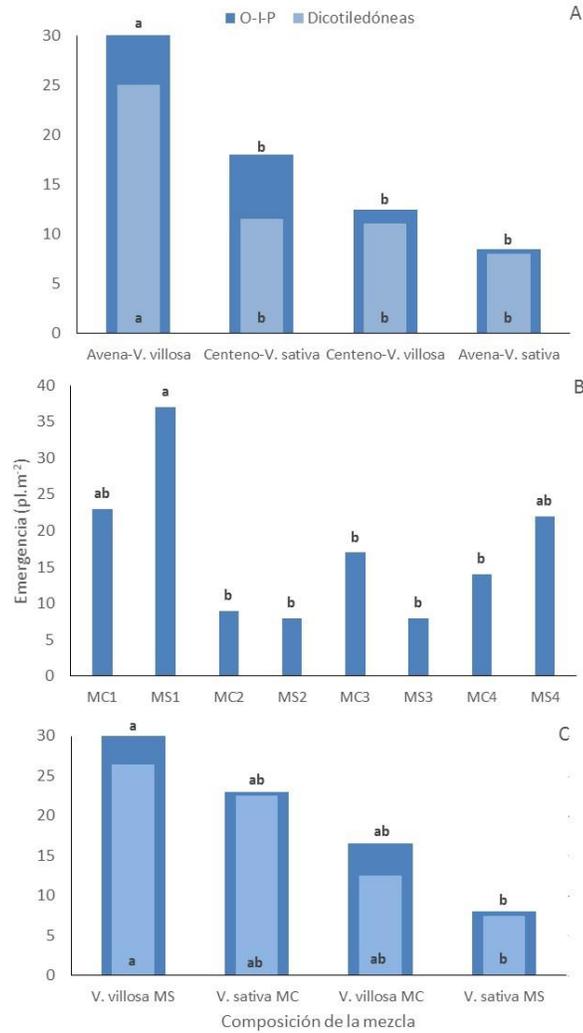


Figura 65. Emergencia de malezas (pl.m⁻²) O-I-P (en azul) y dicotiledóneas (en celeste) en las interacciones gramínea-leguminosa (A), gramínea-leguminosa-crucífera (B) y leguminosa-crucífera (C) a principios y mediados de ciclo, respectivamente. Los datos de mediados de ciclo fueron transformados en raíz (x) y log(x+1), para cada grupo de malezas respectivamente. En las barras se presentan los valores promedios de datos no transformados, diferencias entre mezclas de CC (indicadas por letras minúsculas diferentes) se determinaron a partir del análisis de datos transformados, mediante el test de LSD de Fisher (p<0,05).

El análisis por especie determinó que la emergencia de *A. arvensis* a principios de ciclo, al igual que lo mencionado anteriormente para malezas O-I-P, presentó interacción gramínea-leguminosa. Los resultados son coincidentes con lo mencionado en el capítulo III, donde Avena presentó mayor emergencia (p= 0,002) en mezclas con *V. villosa* respecto de *V. sativa*. Mientras que, al comparar gramíneas con *V. sativa*, se determinó que Centeno presentó mayor emergencia que Avena (Fig. 66A). A mediados de ciclo (102 DDS) se encontró interacción gramínea-crucífera (p=0,0007), la misma se evidencia en los resultados expuestos en el anexo III y revela que la emergencia fue

mayor en MC respecto de MS con Avena. Por tanto, en mezclas de Centeno sucedió lo contrario (Fig. 66B).

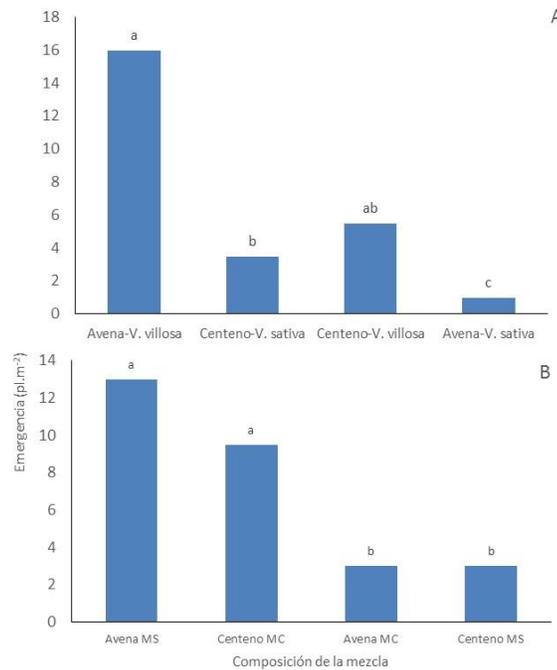


Figura 66. Emergencia de *A. arvensis* (pl.m⁻²) en las interacciones gramínea-leguminosa (A) y gramínea-crucífera (B) a principios y mediados de ciclo, respectivamente. Los datos fueron transformados en log (x+1) y raíz (x+1), respectivamente para cada momento. Las barras muestran los valores sin transformar, diferencias entre mezclas de CC (indicadas por letras minúsculas diferentes) se determinaron a partir del análisis de datos transformados, mediante el test de LSD de Fisher (p<0,05).

En 2020, se encontró interacción gramínea-leguminosa a principio de ciclo (85 DDS) para la emergencia de malezas O-I-P y dicotiledóneas. La misma fue mayor (p=0,03; p=0,04), en mezclas a base de *V. villosa*, cuando se combinó con Avena respecto de Centeno (Fig. 67A). Esto es coincidente con lo mencionado anteriormente para el primer año de estudio. Asimismo, no se encontraron diferencias en la emergencia registrada entre ambos tipos de gramíneas en combinación con *V. sativa*. Mientras que, Centeno presentó mayor emergencia de malezas dicotiledóneas al combinarse con *V. sativa* que con *V. villosa* (Fig. 67A).

También se halló interacción leguminosa-crucífera, la cual determinó que *V. villosa* presentó mayor emergencia de malezas O-I-P y dicotiledóneas (p=0,04; p=0,009) en MC en relación a MS (Fig. 67B). Esto podría estar dado por la concentración de la emergencia de *P. aviculare* anunciada anteriormente en los primeros momentos del ciclo para MC, considerando que fue una de las malezas más abundantes. Asimismo, esta interacción también fue hallada a mediados de ciclo en

2019 y, aunque sus resultados no fueron coincidentes, podría reflejar el efecto de la combinación de las especies de vicias utilizadas en distintos tipos de mezcla de CC en el ensamblaje de malezas, lo que dependería de las condiciones hídricas imperantes.

Por último, a fin de ciclo (190 DDS) se encontró que el agregado de colza generó una menor emergencia de malezas O-I-P y dicotiledóneas ($p=0,03$), respecto de MS (3,5 vs 26 pl.m²). De igual manera sucedió en el análisis por especie para *P. aviculare* a fin de ciclo del CC (25 vs 3 pl.m²).

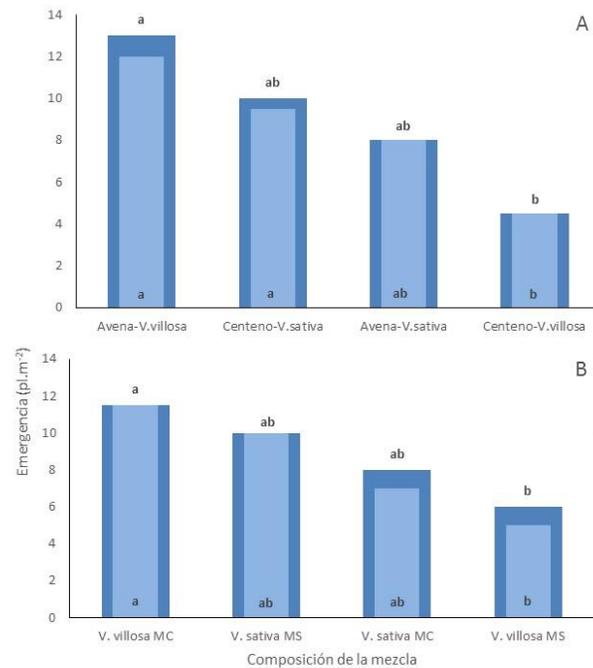


Figura 67. Emergencia de malezas (pl.m⁻²) O-I-P (en azul) y dicotiledóneas (en celeste) en la interacción gramínea-leguminosa y leguminosa-crucífera a principios de ciclo de 2020. Los datos fueron transformados en raíz (x+1) y log(x+1), respectivamente para cada grupo de malezas. En la figura se presentan los valores promedios de datos no transformados, diferencias entre mezclas de CC (indicadas por letras minúsculas diferentes) se determinaron a partir del análisis de datos transformados, mediante el test de LSD de Fisher ($p<0,05$).

A partir de lo expuesto se encontró que la composición específica de las mezclas y las interacciones entre sus componentes presentó cierta propensión a influenciar el ensamblaje de malezas, es decir su emergencia, en determinados momentos a lo largo del ciclo. En este sentido, bajo condiciones hídricas limitantes impuestas en 2019, se encontró que a principios y mediados de ciclo, la emergencia de malezas O-I-P y dicotiledóneas fue mayor en *V. villosa* respecto de *V. sativa*. Esto podría estar dado por la mayor CV generada por *V. villosa* y su relación con el TME (ver capítulo IV). Es decir que, la emergencia más extendida en el tiempo en *V. villosa* podría explicar

los superiores valores de densidad registrados en la mayoría de los momentos del ciclo, en relación a *V. sativa*. También, para ambos años de estudio, la emergencia de este mismo grupo de malezas a principios de ciclo se vio afectada por la combinación de gramíneas y leguminosas utilizada en MS. La misma fue mayor en aquellos CC con *V. villosa* y Avena en comparación con Centeno, sin diferencias entre tipos de gramíneas al combinarse con *V. sativa*. Mientras que, para este mismo momento en 2020 y mediados de ciclo en 2019, la emergencia de malezas dependió del tipo de vicia y mezcla utilizada (MS ó MC). Estos resultados fueron variables según las condiciones hídricas imperantes.

Es decir que, las interacciones encontradas entre la mayoría de las especies pertenecientes a las diferentes familias botánicas evaluadas, revelan el potencial impacto de la composición de la mezcla en la dinámica de emergencia de malezas a lo largo del ciclo de CC.

4.4 Diversidad

En 2019 el análisis de diversidad por momentos del ciclo determinó el efecto simple de la componente crucífera a finales del periodo de estudio, donde el agregado de Colza generó un aumento de la diversidad (0,35 vs 0,21).

En 2020, a principios del ciclo, todas las mezclas con *V. sativa* presentaron mayor ($p=0,05$) diversidad que *V. villosa* (0,55 vs 0,48). También se determinó de la interacción gramínea-crucífera que, en MC, Centeno presentó mayor ($p=0,05$) diversidad que Avena (0,61 vs 0,47).

4.5 Riqueza de especies

En 2019, a principios del ciclo, se encontró interacción gramínea-crucífera, donde Avena presentó mayor riqueza de especies de maleza respecto de Centeno en MC ($p=0,04$; 4 vs 3). Lo cual podría relacionarse con los resultados expresados anteriormente para el TME de *P. aviculare*, una de las malezas más abundantes en este año de estudio. La misma presentó una emergencia más prolongada en el ciclo en MC de Centeno lo que, debido a su gran abundancia, podría haber generado una reducción de la riqueza presente.

En 2020, la riqueza promedio total de especies respondió a un efecto simple de la componente leguminosa, en el cual las mezclas con *V. sativa* presentaron mayor ($p=0,05$) riqueza que con *V. villosa* (2 vs 1 n° de especies). De igual manera sucedió en el análisis a principios de ciclo ($p=0,03$) y en los resultados de interacción leguminosa-crucífera ($p=0,05$) para la comparación de los tipos de vicias en MS, coincidiendo con lo reportado anteriormente para la diversidad específica. Por

último, a fin de ciclo se determinó que el agregado de Colza generó aumentos del 50% en la riqueza de especies presentes en las mezclas de CC (0,8 vs 0,4 n° de especies). Esto podría estar dado por la mayor ME de malezas gramíneas anunciada anteriormente dentro del conjunto de malezas O-I-P.

4.6 Biomasa de malezas

En 2019 la biomasa de malezas O-I-P fue condicionada por la presencia de crucífera en el CC ($p=0,04$), la cual evidenció que el agregado de colza disminuyó la biomasa respecto de las MS (9 vs 23 g.m⁻²). Es decir que, las MC a fin de ciclo presentaron mayor diversidad y una reducción del tamaño de las plantas.

También, se halló interacción gramínea-leguminosa donde Avena presentó mayor biomasa de malezas O-I-P ($p=0,01$) y de la especie *Lolium spp.* ($p=0,04$) con *V. villosa* que con *V. sativa* (Fig. 68). Asimismo, estos últimos junto con malezas gramíneas presentaron mayor biomasa en mezclas a base de *V. villosa* con Avena en relación a Centeno (Fig. 68). Los resultados mencionados concuerdan con los señalados anteriormente para la emergencia de malezas O-I-P a principios de ciclo. Es decir que, las emergencias tempranas generan mayor probabilidad de crecimiento de malezas (Hock et al., 2006). Esto habría sido lo que sucedió al combinar Avena + *V. villosa* respecto de *V. sativa* y, en la MS Avena + *V. villosa* en relación a Centeno, donde fue menor tanto la emergencia temprana de malezas como la biomasa registrada a fin de ciclo.

En 2020 solo se halló efecto simple de gramínea para malezas O-I-P ($p=0,03$) y, en particular para las especies dicotiledóneas ($p=0,04$), donde Centeno condujo a una mayor biomasa que Avena (11 vs 4 y 8 vs 3 g.m⁻²). Teniendo en cuenta la mayor emergencia reportada anteriormente de *C. sumatrensis* a mediados de ciclo en Centeno, y que esta fue una de las especies más abundantes de este año, podría explicar en parte, lo anteriormente mencionado; es decir que la mayor biomasa reportada en Centeno estaría dada por la mayor emergencia de *C. sumatrensis* a mediados de ciclo considerando su alta abundancia respecto de otras malezas.

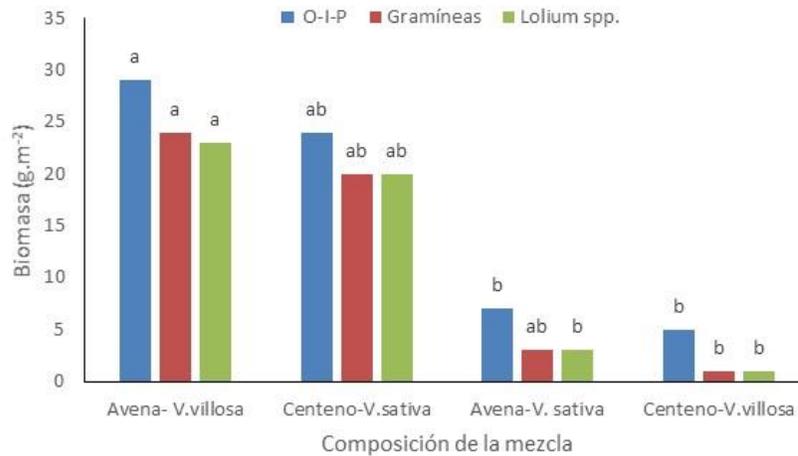


Figura 68. Biomasa de malezas O-I-P, gramíneas y *Lolium spp.* en la interacción gramínea-leguminosa para el año 2019. Los datos de malezas O-I-P y gramíneas fueron transformados en raíz (x) y raíz (x+1), respectivamente. En la figura se presentan los valores promedios de datos no transformados, diferencias entre mezclas de CC (indicadas por letras minúsculas diferentes) se determinaron a partir del análisis de datos transformados, mediante el test de LSD de Fisher ($p < 0,05$).

5. Conclusión

De los resultados alcanzados en los dos años de experimentación que dieron soporte al presente capítulo de esta tesis, cuya finalidad fue determinar el efecto la composición específica de los CC sobre la dinámica poblacional y la productividad de la comunidad de malezas O-I-P, se resuelve:

Aceptar parcialmente la hipótesis 2, ya que se encontraron suficientes evidencias que muestran que la composición específica afectó el ensamblaje de malezas en ambos años de estudio. Mientras que, solo bajo las condiciones imperantes en 2019, presentó influencia en la productividad de malezas. El agregado de Colza y la utilización de *V. sativa* en las mezclas resultaron en parámetros poblacionales que manifiestan mayores beneficios para el manejo. En parte, esto fue explicado por los valores de CV generados por las diferentes mezclas y las correlaciones existentes con las variables estudiadas en la comunidad de malezas.

Capítulo VI

CONCLUSIÓN

De los resultados alcanzados en los dos años de experimentación que dieron soporte a esta tesis, cuya finalidad fue evaluar el efecto de diferentes CC formados por mezclas simples o complejas de especies sobre la composición y dinámica de la comunidad de malezas en sistemas productivos extensivos del centro-sur bonaerense, se desprenden las siguientes conclusiones:

Los CC interfirieron en la dinámica de malezas O-I-P al suprimir los nacimientos tempranos de plántulas y a lo largo del ciclo, de modo comparable o superior al barbecho químico. También dispersaron la emergencia en numerosas cohortes de similar magnitud, las cuales ocurrieron en diferentes periodos de tiempo dependiendo de las condiciones ambientales y el sistema de labranza implementado. Todo esto impactaría negativamente en el desarrollo y la habilidad competitiva de malezas frente a los CC favoreciendo su manejo.

La función logística caracterizó eficientemente la distribución temporal de la emergencia de malezas a campo de acuerdo a los índices hidrotermales de cada especie, evidenciando para la mayoría de estas un menor requerimiento hidrotermal de la emergencia bajo condiciones hídricas no limitantes y de SD. Esto permitiría predecir el momento de aparición de aquellas especies problemáticas en diferentes escenarios y desarrollar estrategias efectivas de manejo, principalmente considerando la relación entre el momento de emergencia y el crecimiento del cultivo de cobertura para maximizar la supresión de malezas.

Los CC fueron consistentemente más efectivos para suprimir la biomasa de malezas en comparación con la densidad de las mismas. Sin embargo, los niveles encontrados de ambos parámetros fueron comparables a los del testigo químico. Esto demostraría los beneficios de la práctica en el manejo de malezas tanto a corto como a largo plazo, considerando el potencial impacto que tendrían estos resultados en la dinámica del banco de semillas.

La composición específica de los CC presentaría una mayor influencia en la cobertura vegetal generada que en la producción total de biomasa, la cual dependería principalmente de las condiciones ambientales imperantes.

La cobertura vegetal generada por los diferentes CC determinó el nivel de supresión de malezas y sus efectos en la dinámica de emergencia en mayor medida que la producción de biomasa.

Las interacciones halladas entre los componentes del CC y los parámetros evaluados en la comunidad de malezas indican que los efectos de supresión dependieron del tipo de mezcla (MS ó MC) y de las especies que la conformaban (Avena ó Centeno + *V. villosa* ó sativa con/ sin Colza), contribuyendo así al desarrollo de mezclas de CC que maximicen la interferencia con malezas.

Los efectos encontrados de los CC en la comunidad de malezas demuestran que deben considerarse como una herramienta eficiente y complementaria a otras prácticas, favoreciendo estrategias de manejo integradas y el diseño de sistemas más sustentables para el manejo de malezas en la región.

A continuación, se detallan propuestas de trabajo a futuro que serían de utilidad para la continuidad de la investigación y la complementación de las evaluaciones realizadas en esta tesis. También, se resumen aquellos aspectos que resultaron ser potencialmente interesantes para desarrollar en trabajos próximos.

Las condiciones ambientales jugaron un papel relevante en los resultados obtenidos en esta investigación, ya que podrían explicar en parte las diferencias encontradas entre años de estudio. Es por esto que se considera de utilidad dar continuidad al estudio para una mayor comprensión de los impulsores de los efectos de las mezclas de CC en la comunidad de malezas en la región.

Se propone en el corto plazo la incorporación de nuevas variables de estudio en la investigación que permitan un mejor entendimiento de los efectos de los CC en los parámetros evaluados en la comunidad de malezas. Como pueden ser: la medición de producción de biomasa en malezas y CC durante las etapas iniciales del cultivo, la determinación del índice de radiación fotosintéticamente activa como complemento de la cobertura vegetal y el estudio del banco de semillas de malezas en el suelo antes y después de la implementación de la práctica.

También, la continuidad del estudio de la comunidad de malezas en el cultivo comercial subsiguiente a los CC permitiría determinar el efecto productivo de la práctica sobre los rendimientos y sus aportes al manejo de malezas. Como así también a lo largo del tiempo en la secuencia de cultivos de un sistema productivo.

Considerando que los CC presentan potencial impacto en múltiples aspectos del sistema productivo, sería interesante realizar mayores investigaciones en aquellas variables que reflejen dichos efectos, como pueden ser la dinámica de nutrientes y agua. De esta manera se obtendría suficiente información para lograr un enfoque integral de las consecuencias de utilizar la práctica en el sistema y, al mismo tiempo, una mayor comprensión de los efectos encontrados en la comunidad de malezas.

Por último, replicar esta investigación en diferentes sitios sería de importancia para dar cuenta de los efectos de la práctica en la comunidad de malezas en diversos escenarios, tanto edafoclimáticos como de esquemas productivos, con principal foco en las estrategias de manejo de malezas implementadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aapresid. (2021). REM Red de manejo de plagas. Disponible en: <https://www.aapresid.org.ar/rem/malezas#monitoreo>. Consultado: mayo 2021.
- Aapresid. (2018). *Cultivos de cobertura en Argentina. ¿Qué se está haciendo y qué falta?* <http://www.aapresid.org.ar/blog/que-se-esta-haciendo-y-que-falta-encultivos-de-cobertura/>
- Acciaresi, H.A.;Buratovich, M.V ;Cena, M.E;Picapietra, G. & Restovich, S. B. (2016). Cultivos de cobertura y su relación con la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa y la materia seca aérea de la malezas. *Revista Tecnología Agropecuaria*, 10(30), 45–48. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pergamino_cultivos_de_cobertura_y_su_relacion_con_la_intercepcion_de_la_radiacion_fotosinteticamente_activa_y_la_materia_seca.pdf
- Akemo, M.C.;Regnier, E. E. & Bennett, M. A. (2000). Weed Suppression in Spring-Sown Rye (*Secale cereale*)–Pea (*Pisum sativum*) Cover Crop Mixes 1. *Weed Technology*, 14(3), 545–549. [https://doi.org/10.1614/0890-037x\(2000\)014\[0545:wsssr\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1614/0890-037x(2000)014[0545:wsssr]2.0.co;2)
- Altieri, M. A. (1999a). Capítulo 10. Cultivos de cobertura y utilización de mulch. En *AGROECOLOGIA Bases científicas para una agricultura sustentable* (Vol. 7, Issue 2). <http://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol22n2.pdf#page=30>
- Altieri, M. A. (1999b). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. En *Invertebrate Biodiversity as Bioindicators of Sustainable Landscapes* (Vol. 74). Elsevier Science B.V. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-50019-9.50005-4>
- Alvarez, C.;Barraco, M.;Cazorla, C.; Colazo, J.C.; Herrero, J.D.D.;Lardone, A.;Girón, P.;Rillo, S. & Restovich, S. (2016). Mejora de propiedades edáficas con inclusión de cultivos de cobertura en agroecosistemas pampeanos. *XXV Congreso Argentino de Ciencia Del Suelo*, 47–50. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_mt2016_alvarez_propiedades_cc_agroecosistemas.pdf
- Álvarez, R. & Steinbach, H. S. (2017). ¿Son convenientes los cultivos de cobertura en la región pampeana ? Un análisis de la información existente. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 26, 17–20. [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/4616449FDCFB87F30325815D0063D5BC/\\$FILE/17.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/4616449FDCFB87F30325815D0063D5BC/$FILE/17.pdf)
- Baigorria, T.; Gómez, D.; Cazorla, C.; Lardone, A.; Bojanich, M.; Aimetta, B.;Bertolla, A.; Cagliero, M.; Vilches, D.Rinaudo, D. & Canale, A. (2009). *Bases para el manejo de vicia como antecesor del cultivo de maíz*. 1–12. <https://www.forrtec.com.ar/uploads/186-20180110150604-pdfEs.pdf>
- Baigorria, T.;Cazorla, C.;Santos Sbuscio, D.;Aimetta, B. & Belluccini, P. (2012). Efecto de triticale (× Triticosecale Wittman) rolado como cultivo de cobertura en la supresión de malezas, rendimiento y margen bruto de soja. *Informe de Actualización Técnica. EEA Marcos Juárez.*, 25.
- Baraibar, B.; Hunter, M.C.; Schipanski, M.E.; Hamilton, A., & Mortensen, D. A. (2017). Weed Suppression in Cover Crop Monocultures and Mixtures. *Weed Science*, 66(1), 121–133. <https://doi.org/10.1017/wsc.2017.59>
- Baraibar, B.;Mortensen, D. A. ., & Hunter, M.C.;Barbercheck, M.E.;Kaye, J.P.;Finney, D.M.;Curran, W.S.;Bunck, J. & White, C. M. (2018). Growing degree days and cover crop type explain weed biomass in winter cover crops. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(6), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0543-1>
- Benech-Arnold, R. L., Sánchez, R. A., Forcella, F., Kruk, B. C., & Ghersa, C. M. (2000). Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. *Field Crops Research*, 67(2), 105–122. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(00\)00087-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00087-3)
- Bertolotto, M. & Marzetti, M. (2017). Manejo de malezas problema. Cultivos de cobertura. *Aapresid*, VI, 31.
- Björkman, T.;Lowry, C.;Shail, J.W.;Brainard, D.C.;Anderson, D.S. & Masiunas, J. B. (2015). Mustard cover crops for biomass production and weed suppression in the great lakes region. *Agronomy Journal*, 107(4), 1235–1249. <https://doi.org/10.2134/agronj14.0461>
- Blaix, C.;Moonen, A. C.; Dostatny, D. F.;Izquierdo, J. ., Le Corff, J.;Morrison, J.;Von Redwitz, C.;Schumacher, M. & Westerman, P. R. (2018). Quantification of regulating ecosystem services provided by weeds in annual cropping systems using a systematic map approach. *Weed Research*, 58(3), 151–164. <https://doi.org/10.1111/wre.12303>

- Bradford, K. J. (2002). Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Science*, 50(2), 248–260. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2002\)050\[0248:aohtq\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2002)050[0248:aohtq]2.0.co;2)
- Brainard, D.C.; Bellinder, R.R. & Kumar, V. (2011). Grass–Legume Mixtures and Soil Fertility Affect Cover Crop Performance and Weed Seed Production. *Weed Technology*, 25(3), 473–479. <https://doi.org/10.1614/wt-d-10-00134.1>
- Brennan, E. B. & Smith, R. F. (2005). Winter Cover Crop Growth and Weed Suppression on the Central Coast of California 1. *Weed Technology*, 19(4), 1017–1024. <https://doi.org/10.1614/wt-04-246r1.1>
- Brooker, R.W.; George, T. S.; Homulle, Z.; Karley, A.J.; Newton, A.C.; Pakeman, R.J. & Schöb, C. (2021). Facilitation and biodiversity–ecosystem function relationships in crop production systems and their role in sustainable farming. *Journal of Ecology*, December 2020, 1–14. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13592>
- Buchanan, A.L.; Kolb, L.N. & Hooks, C. R. R. (2016). Can winter cover crops influence weed density and diversity in a reduced tillage vegetable system? *Crop Protection*, 90(December 2016), 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.08.006>
- Buhler, D. D. (1996). Development of Alternative Weed Management Strategies. *Production Agriculture*, 9(4), 501–504. <https://doi.org/10.2134/jpa1996.0501>
- Buratovich, M.V. & Acciaresi, H. (2019). Manejando malezas con cultivos de cobertura : una alternativa tecnologica para disminuir el uso de herbicidas. *Revista de Tecnología Agropecuaria - RTA*, 39(Cc), 51–55. https://inta.gob.ar/sites/default/files/manejando_malezas_con_cultivos_de_cobertura_una_alternativa_tecnologica_para_disminuir_el_uso_de_herbicidas.pdf
- Buratovich, M.V. & Acciaresi, H. A. (2017). Cultivos de cobertura como moduladores de la emergencia de malezas naturales. *Revista de Tecnología Agropecuaria - RTA*, 10(35), 47–50. https://www.researchgate.net/profile/Horacio-Acciaresi/publication/322830351_Cultivos_de_cobertura_como_moduladores_de_la_emergencia_de_malezas_naturales/links/5a71b650f7e9ba2e1cc3fc4/Cultivos-de-cobertura-como-moduladores-de-la-emergencia-de-malezas-nat
- Caballero, R.; Goicoechea, E. L. & Hernaiz, P. J. (1995). Forage yields and quality of common vetch and oat sown at varying seeding ratios and seeding rates of vetch. *Field Crops Research*, 41(2), 135–140. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(94\)00114-R](https://doi.org/10.1016/0378-4290(94)00114-R)
- Capurro, J.; Dickie, M.J.; Ninfi, D.; Zazzarini, A.; Tosi, E. & Gonzalez, M. C. (2012). Gramíneas Y Leguminosas Como Cultivos De Cobertura. *Para Mejorar La Producción-INTA EEA Oliveros*, 47(1), 83–88. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-gramneas-leguminosas-como-cultivos-cobertura-para-soj.pdf>
- Caviglia, O.P.; Novelli, L.; Gregorutti, V.C.; Van Opstal, N. V. & Melchiori, R. J.M. (2010). Cultivos de cobertura como alternativa de intensificación sustentable en el Centro-Oeste de Entre Ríos. En E. E. A. P. del INTA (Ed.), *AGRICULTURA SUSTENTABLE 2010 Actualización Técnica* (Vol. 58, pp. 13–23).
- Cazorla, C.; Lardone, A.; Bojanich, M.; Aimetta, B.; Vilches, D. & Baigorria, T. (2013). *Antecesores de maíz : barbecho o cultivos de cobertura ? 1*, 1–7. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-antecesores_de_maz.pdf
- Chapagain, T.; Lee, E.A. & Raizada, M. (2020). The potential of multi-species mixtures to diversify cover crop benefits. *Sustainability (Switzerland)*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/su12052058>
- Chen, D.; Chen, Xi.; Wang, J.; Zhang, Z.; Wang, Y.; Jia, C. & Hu, X. (2021). Estimation of thermal time model parameters for seed germination in 15 species: The importance of distribution function. *Seed Science Research*, 31(2), 83–90. <https://doi.org/10.1017/S0960258521000040>
- Clark, A. (2007). *Managing cover crops profitably. 3rd ed.* (Clark A (ed.); National S). <http://www.sare.org/Learning-Center/Books/Managing-CoverCrops-Profitably-3rd-Edition>
- Cong, W.F.; Suter, M.; Lüscher, A. & Eriksen, J. (2018). Species interactions between forbs and grass-clover contribute to yield gains and weed suppression in forage grassland mixtures. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 268(February), 154–161. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.09.019>
- Connolly, J.; Wayne, P. & Murray, R. (1990). Time course of plant-plant interactions in experimental mixtures of annuals: density, frequency, and nutrient effects. *Oecologia*, 82(4), 513–526.

- <https://doi.org/10.1007 / bf00319795>
- Cordeau, S.;Guillemin, J. P.;Reibel, C. & Chauvel, B. (2015). Weed species differ in their ability to emerge in no-till systems that include cover crops. *Annals of Applied Biology*, 166(3), 444–455. <https://doi.org/10.1111/aab.12195>
- Cornelius, C.D & Bradley, K. W. (2017). Influence of Various Cover Crop Species on Winter and Summer Annual Weed Emergence in Soybean. *Weed Technology*, 31(4), 503–513. <https://doi.org/10.1017/wet.2017.23>
- Creamer, N.G.;Bennett, M. A.;Stinner, B. R.;Cardina, J., & Regnier, E. E. (1996). Mechanisms of weed suppression in cover crop-based production systems. *HortScience*, 31(3), 410–413. <https://doi.org/10.21273/hortsci.31.3.410>
- Creamer, N.G. & Stinner, B. (1997). Evaluation of cover crop mixtures.pdf. *Hort Science*, 32(5), 866–870. <https://doi.org/HortScience 32: 866–870>.
- Daita, F.; Mulko, J.; Zorza, E. & Stefani, U. (2018). Dinámica de emergencia de malezas otoño invernales en diferentes cultivos de cobertura. *Actas II Congreso Argentino de Malezas "ASACIM" Malezas 2018*, 328.
- Damiano, F.;López, R. L. & Vigna, M. R. (2010). *Evaluación del modelo microclimático del suelo STM2 para estudios de emergencia de plántulas de Avena fatua Evaluación del modelo microclimático del suelo STM 2 para estudios de emergencia de plántulas de Avena fatua. : Proceedings of The I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras.Azul, Buenos Aires, Argentina*, 555–561. https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Damiano/publication/285668182_Evaluacion_del_modelo_microclimatico_del_suelo_STM2_para_estudios_de_emergencia_de_plantulas_de_Avena_fatua/links/5ed69dbe92851c9c5e7485bf/Evaluacion-del-modelo-microclimatico-de
- Davis, A. S. & Liebman, M. (2003). Cropping system effects on giant foxtail (*Setaria faberi*) demography: I. Green manure and tillage timing . *Weed Science*, 51(6), 919–929. <https://doi.org/10.1614/p2002-133a>
- Davis, C.; Presley, D.; Farney, J. K. & Sassenrath, G. (2016). Evaluating Multi-Species Cover Crops for Forage Production. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, 2(3), 8. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.1204>
- Dekker, J. (1997). Weed diversity and weed management. *Weed Science*, 45(3), 357–363. <https://www.jstor.org/stable/4046031?seq=1>
- den Hollander, N. G.; Bastiaans, L. & Kropff, M. J. (2007). Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design. I. Characteristics of several clover species. *European Journal of Agronomy*, 26(2), 92–103. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.08.011>
- Dhima, K. V.; Lithourgidis, A. S.; Vasilakoglou, I. B. & Dordas, C. A. (2007). Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research*, 100(2–3), 249–256. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.07.008>
- Diez, S.N.; Domínguez, G.F. & Studdert, G. (2012). Uso de una leguminosa como alternativa de provisión de nitrógeno para mejorar la productividad del cultivo de maíz (*Zea Mays L.*). *Actas Del XIX Congreso Latinoamericano de La Ciencia Del Suelo. XXIII Congreso Argentino de La Ciencia Del Suelo.Mar Del Plata, 16-20 de Abril Del 2012, Cc*, 36. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/58694086/142_-_Diez_et_al_-_XIX-CLACS_XXIII-CACS__MdP_abr12_-_Vicia_como_AV-CC_para_maiz.pdf?1553420007=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDiez_et_al_XIX_CLACS_XXIII_CACS_MdP_abr1.pdf&Expires=162031445
- Ding, G.; Liu, X.; Herbert, S.; Novak, J.; Amarasiriwardena, D. & Xing, B. (2006). Effect of cover crop management on soil organic matter. *Geoderma*, 130(3–4), 229–239. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.01.019>
- Döring, T. F.; Storkey, J.; Baddeley, J. A.; Crowley, O.; Howlett, S.A.; McCalman, H.; Pearce, H.; Roderick, S. & Jones, H. E. (2012). Legume based plant mixtures for delivery of multiple ecosystem services: weed diversity and weed control. *Agriculture and the Environment*, 9(Valuing Ecosystems: Policy, Economic and Management Interactions), 163–168.
- Dorn, B.; Jossi, W. & van der Heijden, M. G. A. (2015). Weed suppression by cover crops: Comparative on-farm experiments under integrated and organic conservation tillage. *Weed Research*, 55(6), 586–597.

- <https://doi.org/10.1111/wre.12175>
- Duary B, Mukhopadhyay SK and Das TK. (2000). Autecological studies of pimpernel (*Anagallis arvensis* L). *Annals of Agricultural Research* 21: 242-247.
- Dyck, E.; Liebman, M. & Erich, M. S. (1995). Crop-weed interference as influenced by a leguminous or synthetic fertilizer nitrogen source: I. Doublecropping experiments with crimson clover, sweet corn, and lambsquarters. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 56(2), 93–108. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(95\)00643-5](https://doi.org/10.1016/0167-8809(95)00643-5)
- Elhakeem, A.; van der Werf, W. & Bastiaans, L. (2021). Radiation interception and radiation use efficiency in mixtures of winter cover crops. *Field Crops Research*, 264(December 2020), 108034. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.108034>
- Elton, C. S. (1958). *The ecology of invasions by animals and plants*. (Univ. Chic). <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7214-9>
- Faccini, D. & Vitta, J. (2007). Efecto de la profundidad de siembra, cobertura de rastrojo y ambiente termico sobre la germinacion y emergencia de *Amaranthus quintensis* K. *Agriscientia*, XXIV(1), 19–27.
- Fernandez, E.O.; Gavotti, R.E.; Marengo, E. (2017). *Diversidad y manejo de malezas mediante cultivos de cobertura y barbecho químico invernal en la región centro de Córdoba*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Fernández, O. A. (1982). Manejo integrado de malezas. *Planta Daninha*, 5(2), 69–79. <https://doi.org/10.1590/s0100-83581982000200010>
- Fernández, R.; Funaro, D.; Quiroga, A. (2005). Influencia de cultivos de cobertura en el aporte de residuos, balance de agua y contenido de nitratos. Boletín de divulgación técnica Nº 87. Aspectos del manejo de los suelos en sistemas mixtos de las regiones semiárida y subhúmeda Pampeana
- Fernández, R.; Quiroga, A. & Noellemeyer, E. (2012). Cultivos de cobertura, ¿una alternativa viable para la región semiárida Pampeana? *Ciencia Del Suelo*, 30(2), 137–150.
- Fikre, L. & Mulatu, W. (2014). Mechanisms of Ecological Weed Management by Cover Cropping. En *Journal of Biological Sciences* (Vol. 14, Issue 7, pp. 452–459). <https://doi.org/10.3923/jbs.2014.452.459>
- Finn, J. A.; Kirwan, L.; Connolly, J.; Sebastià, M. T.; Helgadottir, A.; Baadshaug, O. H.; Bélanger, G.; Black, A.; Brophy, C.; Collins, R. P.; Čop, J.; Dalmannsdóttir, S.; Delgado, I.; Elgersma, A.; Fothergill, M.; Frankow-Lindberg, B. E.; Ghesquiere, A.; Golinska, B.; Golinski, P. & Lüscher, A. (2013). Ecosystem function enhanced by combining four functional types of plant species in intensively managed grassland mixtures: A 3-year continental-scale field experiment. *Journal of Applied Ecology*, 50(2), 365–375. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12041>
- 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. <https://doi.org/10.2134/agronj15.0182>
- Finney, D. M., & Kaye, J. P. (2017). Functional diversity in cover crop polycultures increases multifunctionality of an agricultural system. *Journal of Applied Ecology*, 54(2), 509–517. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12765>
- Fisk, J. W.; Hesterman, O. B.; Shrestha, A.; Kells, J. J.; Harwood, R. R.; Squire, J. M. & Sheaffer, C. C. (2001). Weed suppression by annual legume cover crops in no-tillage corn. *Agronomy Journal*, 93(2), 319–325. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.932319x>
- Florence, A. M.; Higley, L. G.; Drijber, R. A.; Francis, C. A., & Lindquist, J. L. (2019). Cover crop mixture diversity, biomass productivity, weed suppression, and stability. *PLoS ONE*, 14(3), 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206195>
- Fonseca, W. L.; de Oliveira Sousa, T.; dos Santos, A. S.; da Silva Oliveira, J. B.; Pacheco, L. P.; de Castro Medeiros, L.; Zuffo, A. M. & de Almeida, F. A. (2016). Influence of different cover crops on the emergence and development of *digitaria horizontalis*. *Australian Journal of Crop Science*, 10(9), 1244–1248. <https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.09.p7624>
- Forcella, F., Arnold, R. L. B., Sanchez, R., & Ghersa, C. M. (2000). Modeling seedling emergence. *Field Crops Research*, 67(2), 123-139.
- Gaba, S.; Reboud, X. & Fried, G. (2016). Agroecology and conservation of weed diversity in agricultural lands. *Botany Letters*, 163(4), 351–354. <https://doi.org/10.1080/23818107.2016.1236290>
- Galantini, J. (2008). Cereales de invierno como cultivo de cobertura: su contribución al balance de carbono.

- VII Congreso Nacional Trigo y V Simposio Cereales Otoño Invernales, Santa Rosa, La Pampa.
- Gallandt, E. R. (2006). How can we target the weed seedbank? *Weed Science*, 54(3), 588–596. <https://doi.org/10.1614/ws-05-063r.1>
- Galloway, B. A. & Weston, L. A. (1996). Influence of cover crop and herbicide treatment on weed control and yield in no-till sweet corn (*Zea mays* L.) and Pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch.). *Weed Technology*, 10(2), 341–346. <https://doi.org/10.1017/s0890037x00040069>
- Gianelli, V.; Bedmar, F.; Diez De Ulzurrun, P. & Panaggio, H. (2017). Dinámica de emergencia y competencia intraespecífica en *Conyza sumatrensis* D. *Agrociencia Uruguay*, 21(1), 69–77.
- Gigón, R.; Gurruchaga, A.; Irastorza, J. (2018). Manejo combinado de cultivos de cobertura y control químico sobre *Lolium* spp. resistente a herbicidas. En *Actas II Congreso Argentino de Malezas- "ASACIM" Malezas 2018. Ciencia, producción y sociedad: hacia un manejo sustentable* (p. 328). <http://www.asacim.org.ar/wp-content/uploads/2019/10/Argentina-2018.pdf>
- Gigón, R.; Istilart, C. & Yannicari, M. (2014). Evaluación de la dinámica de emergencia de Avena fatua y *Lolium* spp. en cereales de invierno. *Informe Técnico-Cultivos de Fina 2013/2014- CEI Barrow*, 1–6. https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_barrow_-_evaluacin_dinmica_de_emergencia_de_aven.pdf
- Gigón, R.; Vigna, M. & Yannicari, M. (2017). *Manejo de malezas problema: Raigrás Lolium spp. Bases para su manejo en sistema de producción.* (REM-AAPR, Vol. 8). <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/74231>
- Gliessman, S.R. (1998). *Agroecology: ecological process in sustainable agriculture.* Michigan: Ann Arbor Press.
- Gonzalez-Andujar, J. L.; Chantre, G. R.; Morvillo, C.; Blanco, A. M. & Forcella, F. (2016). Predicting field weed emergence with empirical models and soft computing techniques. *Weed Research*, 56(6), 415–423. <https://doi.org/10.1111/wre.12223>
- Groff, S. (2008). Mixtures and cocktails: Soil is meant to be covered. *Journal of Soil and Water Conservation*, 63(4), 110–111. <https://doi.org/10.2489/jswc.63.4.110>
- Haramoto, E.R. (2004). The Effects of Brassica Cover Crops on Weed Dynamics. *Tesis y disertaciones electrónicas*. 1159. Disponible en: <https://digitalcommons.library.umaine.edu/etd/115>. Consultado: febrero,2022
- Haramoto, E. R. & Gallandt, E. R. (2004). Brassica cover cropping for weed management: A review. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 19(04), 187–198. <https://doi.org/10.1079/rafs200490>
- Harker, K. N. & O'Donovan, J. T. (2013). Recent Weed Control, Weed Management, and Integrated Weed Management. *Weed Technology*, 27(1), 1–11. <https://doi.org/10.1614/wt-d-12-00109.1>
- Harlan, J. R. & de Wet, J. M. J. (1965). Some thoughts about weeds. *Economic Botany*, 19(1), 16–24. <https://doi.org/10.1007/BF02971181>
- Hayden, Z. D.; Brainard, D. C.; Henshaw, B. & Ngouajio, M. (2012). Winter Annual Weed Suppression in Rye-Vetch Cover Crop Mixtures. *Weed Technology*, 26(4), 818–825. <https://doi.org/10.1614/wt-d-12-00084.1>
- Hayden, Z. D.; Ngouajio, M. & Brainard, D. C. (2014). Rye-vetch mixture proportion tradeoffs: Cover crop productivity, nitrogen accumulation, and weed suppression. *Agronomy Journal*, 106(3), 904–914. <https://doi.org/10.2134/agronj2013.0467>
- Hock, S. M.; Knezevic, S. Z.; Martin, A. R. & Lindquist, J. L. (2006). Soybean row spacing and weed emergence time influence weed competitiveness and competitive indices. *Weed Science*, 54(1), 38–46. <https://doi.org/10.1614/ws-05-011r.1>
- Holmes, A. A.; Thompson, A. A. & Wortman, S. E. (2017). Species-specific contributions to productivity and weed suppression in cover crop mixtures. *Agronomy Journal*, 109(6), 2808–2819. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.06.0309>
- Holst, N.; Rasmussen, I. A. & Bastiaans, L. (2007). Field weed population dynamics: A review of model approaches and applications. *Weed Research*, 47(1), 1–14. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2007.00534.x>
- Isbell, F.; Adler, P. R.; Eisenhauer, N.; Fornara, D.; Kimmel, K.; Kremen, C.; Letourneau, D. K.; Liebman, M., Polley, H. W.; Quijas, S. & Scherer-Lorenzen, M. (2017). Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems. *Journal of Ecology*, 105(4), 871–879. <https://doi.org/10.1111/1365->

2745.12789

- Istilart, C. & Yannicari, M. (2013). Análisis de la evolución de las malezas en cereales de invierno durante 27 años en la zona sur de la pampa húmeda argentina. *Serie Informes Técnicos. Actualización Técnica En Cultivos de Cosecha Fina 2012/2013*, 1, 978–987. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_barrow_-_cosecha_fina_2012.pdf#page=113
- Johnson, G.A.; Defelice, M.S. & Helsel, Z. (1993). Cover Crop Management and Weed Control in Corn. *Weed Technology*, 7, 425–430. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582009000200011>
- Jordan, N. (1993). Prospects for Weed Control Through Crop Interference. *Ecological Society of America*, 3(1), 84–91. <https://doi.org/10.2307/1941794>
- Kahl, M., De Carli, R. & Behr, E. (2016). Dinámica de las malezas de ciclo invernal sobre cultivos de cobertura y en barbecho químico en el centro-oeste de Entre Ríos. *Serie de Extensión INTA Paraná*, 78, 9–16.
- Kato-Noguchi, H.; Kosemura, S.; Yamamura, S.; Mizutani, J. & Hasegawa, K. (1994). Allelopathy of oats. I. Assessment of allelopathic potential of extract of oat shoots and identification of an allelochemical. *Journal of Chemical Ecology*, 20(2), 309–314. <https://doi.org/10.1007/BF02064439>
- Kiær, L. P.; Skovgaard, I. M. & Østergård, H. (2009). Grain yield increase in cereal variety mixtures: A meta-analysis of field trials. *Field Crops Research*, 114(3), 361–373. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.09.006>
- Klingman, G.C.; Ashton, F.M.; Noordhoff, L.J. (1975). *Weed science: principles and practices*. New Cork: Wiley
- Krebs, C. J. (1985). *Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance*. Harper and Row, New York.
- Kruidhof, H. M.; Bastiaans, L. & Kropff, M. J. (2008). Ecological Weed Management By Cover Cropping: Effect on Winter Weeds and Summer Weeds Establishment in Potato. *Weed Research*, 492–502.
- Kruidhof, H. M.; Bastiaans, L. & Kropff, M. J. (2009). Cover crop residue management for optimizing weed control. *Plant and Soil*, 318(1–2), 169–184. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9827-6>
- Kruk, B.; Insausti, P.; Razul, A. & Benech-Arnold, R. (2006). Light and thermal environments as modified by a wheat crop: Effects on weed seed germination. *Journal of Applied Ecology*, 43(2), 227–236. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01140.x>
- Lawson, A.; Cogger, C.; Bary, A. & Fortuna, A. M. (2015). Influence of seeding ratio, planting date, and termination date on rye-hairy vetch cover crop mixture performance under organic management. *PLoS ONE*, 10(6), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129597>
- Leavitt, M. J.; Sheaffer, C. C.; Wyse, D. L. & Allan, D. L. (2011). Rolled winter rye and hairy vetch cover crops lower weed density but reduce vegetable yields in no-tillage organic production. *HortScience*, 46(3), 387–395. <https://doi.org/10.21273/hortsci.46.3.387>
- Liebman, M.; Drummond, F. A.; Corson, S. & Zhang, J. (1996). Tillage and rotation crop effects on weed dynamics in potato production systems. *Agronomy Journal*, 88(1), 18–26. <https://doi.org/10.2134/agronj1996.00021962008800010005x>
- Liebman, M.; Mohler, C. & Staver, C. (2001). Ecological management of agricultural weeds. En C. U. Press (Ed.), *Ecologically-Based Integrated Pest Management*. <https://doi.org/10.2307/3071791>
- Liebman, M.; Basche, A. D.; Nguyen, H. T. X. & 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*, April, 1–11. <https://doi.org/10.1111/wre.12508>
- Liebman, M. & Davis, A. S. (2000). Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Research*, 40(1), 27–47. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2000.00164.x>
- Liebman, M. & Dyck, E. (1993). Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecological Applications*, 3(1), 92–122. <https://doi.org/10.2307/1941795>
- Liebman, M. & Nichols, V. (2020). Cropping system redesign for improved weed management: A Modeling Approach Illustrated with Giant Ragweed (*Ambrosia trifida*). *Agronomy*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy10020262>
- Linares, J.; Scholberg, J.; Boote, K.; Chase, C. A.; Ferguson, J. J. & McSorley, R. (2008). Use of the cover crop weed index to evaluate weed suppression by cover crops in organic citrus orchards. *HortScience*, 43(1), 27–34. <https://doi.org/10.21273/hortsci.43.1.27>
- Lobos, M.H.; Rampo, M. & Miranda, W. (2019). Influencia de cultivos de cobertura invernales sobre la

- emergencia de malezas otoño- invernales y primavera-estivales. *MEMORIA TÉCNICA 2018-2019. EEA INTA General Villegas, 1, 1–3.*
https://inta.gob.ar/sites/default/files/influencia_de_cultivos_de_cobertura_invernales_sobre_la_emergencia_de_malezas_otono-invernales_y_primavera-estivales.pdf
- Loreau, M.; Naeem, S.; Inchausti, P.; Bengtsson, J.; Grime, J. P.; Hector, A.; Hooper, D. U.; Huston, M. A.; Raffaelli, D.; Schmid, B.; Tilman, D. & Wardle, D. A. (2001). Ecology: Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. *Science*, 294(5543), 804–808.
<https://doi.org/10.1126/science.1064088>
- Lorin, M.; Jeuffroy, M. H.; Butier, A. & Valantin-Morison, M. (2015). Undersowing winter oilseed rape with frost-sensitive legume living mulches to improve weed control. *European Journal of Agronomy*, 71, 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.09.001>
- MacLaren, C.; Swanepoel, P.; Bennett, J.; Wright, J. & Dehnen-Schmutz, K. (2019). Cover crop biomass production is more important than diversity for weed suppression. *Crop Science*, 59(2), 733–748.
<https://doi.org/10.2135/cropsci2018.05.0329>
- Madias, A.; Pinto, P.; Della Chiesa, T.; Piñeiro, G. Adema, I.; Albeck, A.; Alessandri, E.; Alzueta, I.; Arriola, M.; Aguirre, G.; Bardeggia, F.; Bataffarano, M.; Beltramino, M.; Beloso, C.; Boero, L.; Bosco, C.; Borniego, F.; Carciochi, W. & Caucino, I.J. (2020). Red de cultivos de servicios AAPRESID-BASF. Informe final campaña 2019-2020. *Red de Cultivos de Servicios AAPRESID-BASF.*, 38.
https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/6/2021/01/Revista_Red-de-CS-19-20.pdf
- Marshall, E.J.P.; Brown, V.K.; Boatman, N.D.; Lutmans, P.J.W.; Squire, G.R. & Ward, L. K. (2003). The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research*, 43, 77–89.
- Menalled, F. D. (2010). Programas De Manejo Integrado De Malezas. *Agroecología*, 73–78.
<https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/160581/140441>
- Menalled, F. & Schonbeck, M. (2013). *Manage the Weed Seed Bank — Minimize " Deposits " and Maximize " Withdrawals " What is the Weed Seed Bank , and Why is it Important to Organic Farmers ?* 1–24.
<http://www.extension.org/pages/18527>
- Mesbah, A.; Nilahyane, A.; Ghimire, B.; Beck, L. & Ghimire, R. (2019). Efficacy of cover crops on weed suppression, wheat yield, and water conservation in winter wheat–sorghum–fallow. *Crop Science*, 59(4), 1745–1752. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.12.0753>
- Metzler, M.; Puricelli, E. & Papa, J. C. (2013). Manejo y control de rama negra. *INTA*, 1–23.
<https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/2013/10/Metzler.-Manejo-y-control-de-Rama-negra.pdf>
- Miranda, W.; Giron, P. & Barraco, M. (2016). Densidad de siembra de vicia villosa roth. como cultivo de cobertura en el noroeste bonaerense. *Memorias Técnicas INTA General Villegas 2015-2016.*, 2(Figura 2), 11–14. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_mt2016_miranda_densidad_siembra.pdf
- Miranda, W.; Girón, P.; Pérez, M. & Barraco, M. (2014). Cultivos de cobertura, espaciamento, malezas. *MEMORIA TÉCNICA 2014-2015. EEA INTA General Villegas, 1, 23–26.*
https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_mt2015_miranda_cc_espaciamento.pdf
- Mohler, C. L. & Teasdale, J. R. (1993). Response of weed emergence to rate of Vicia villosa Roth and Secale cereale L. residue. *Weed Research*, 33(6), 487–499. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1993.tb01965.x>
- Moore, M. J.; Gillespie, T. J. & Swanton, C. J. (1994). Effect of cover crop mulches on weed emergence, weed biomass, and soybean (Glycine max) development. *Weed Technology*, 8(3), 512–518.
<https://doi.org/10.1017/s0890037x00039609>
- Murphy, S.D.; Clements, D. R.; Belaoussoff, S.; Kevan, P. G. & Swanton, C. J. (2006). Promotion of weed species diversity and reduction of weed seedbanks with conservation tillage and crop rotation. *Weed Science*, 54(1), 69–77. <https://doi.org/10.1614/ws-04-125r1.1>
- Murrell, E. G.; Schipanski, M. E.; Finney, D. M.; Hunter, M. C.; Burgess, M. H.; Lachance, J. C.; Baraibar, B.; White, C. M.; Mortensen, D. A. & Kaye, J. P. (2017). Achieving diverse cover crop mixtures: Effects of planting date and seeding rate. *Agronomy Journal*, 109(1), 259–271.
<https://doi.org/10.2134/agronj2016.03.0174>
- Ngouajio, M. & Mennan, H. (2005). Weed populations and pickling cucumber (Cucumis sativus) yield under summer and winter cover crop systems. *Crop Protection*, 24(6), 521–526.

- <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2004.10.004>
- Nichols, V.; English, L.; Carlson, S.; Gailans, S. & Liebman, M. (2020). Effects of Long-Term Cover Cropping on Weed Seedbanks. *Frontiers in Agronomy*, 2(November). <https://doi.org/10.3389/fagro.2020.591091>
- Nichols, V.; Martinez-Feria, R.; Weisberger, D.; Carlson, S.; Basso, B. & Basche, A. (2020). Cover crops and weed suppression in the U.S. Midwest: A meta-analysis and modeling study. *Agricultural and Environmental Letters*, 5(1), 1–7. <https://doi.org/10.1002/ael2.20022>
- Nord, E.A.; Ryan, M.R.; Curran, W.S.; Mortensen, D. A. & Mirsky, S. B. (2012). Effects of Management Type and Timing on Weed Suppression in Soybean No-Till Planted into Rolled-Crimped Cereal Rye. *Weed Science*, 60(4), 624–633. <https://doi.org/10.1614/ws-d-12-00024.1>
- Norsworthy, J. K.; Malik, M. S.; Jha, P. & Riley, M. B. (2007). Suppression of *Digitaria sanguinalis* and *Amaranthus palmeri* using autumn-sown glucosinolate-producing cover crops in organically grown bell pepper. *Weed Research*, 47(5), 425–432. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2007.00586.x>
- O'Donovan, J. T.; Blackshaw, R. E.; Harker, K. N.; Clayton, G. W.; Moyer, J. R.; Dossdall, L. M.; Maurice, D. C. & Turkington, T. K. (2007). Integrated approaches to managing weeds in spring-sown crops in western Canada. *Crop Protection*, 26(3), 390–398. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.09.018>
- Osipitan, O. A.; Dille, J. A.; Assefa, Y. & Knezevic, S. Z. (2018). Cover crop for early season weed suppression in crops: Systematic review and meta-analysis. *Agronomy Journal*, 110(6), 2211–2221. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.12.0752>
- Pandolfo, C.E.; Presotto, A.; Poverene, M. & Cantamutto, M. (2013). Limited occurrence of resistant radish (*Raphanus sativus*) to AHAS-inhibiting herbicides in Argentina. *Planta Daninha, Viçosa-MG*, 31(3), 657–666. <https://www.scielo.br/pdf/pd/v31n3/17.pdf>
- Pandolfo, C. E., Presotto, A., & Cantamutto, M. (2015). Detección de resistencia transgénica a glifosato en poblaciones naturales de *Brassica napus* L. y *B. rapa* L. *XXII Congreso Latinoamericano de Malezas ALAM - I Congreso Argentino de Malezas ASACIM, September*. https://www.researchgate.net/publication/304076917_Detection_of_transgenic_glyphosate_resistance_in_Brassica_napus_L_and_B_rapa_L_natural_populations_Deteccion_de_resistencia_transgenica_a_glifosato_en_poblaciones_naturales_de_Brassica_napus_L_y_B_rapa
- Papa, J. C.; Tuesca, D. & Nisensohn, L. (2010). Control tardío de rama negra (*Conyza bonariensis*) y peludilla (*Gamochaeta spicata*) con herbicidas inhibidores de la protoporfirin-IX-oxidasa previo a un cultivo de soja. *Para Mejorar La Producción-INTA EEA Oliveros*, 45, 85–90. <https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-control-con-herbicidas-inhibidores-de-la-protoporfiri.pdf>
- Papa, J. C. (2011). Malezas: para manejarlas racionalmente, la propuesta es integrar! Introducción al manejo integrado de malezas. *Para Mejorar La Producción*, 46, 113–118. <https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-malezas-manejarlas-racionalmente-la-propuesta-es-int.pdf>
- Piñeiro, G.; Pinto, P.; Della Chiesa, T. & Madias, A. (2019). Informe Final de la Red de Cultivos de Servicios AAPRESID-BASF campaña 2018-2019. *Red de Cultivos de Servicios AAPRESID-BASF*, 28. https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/6/2020/01/Revista-INFORME-FINAL-RCS-18_19-2.pdf
- Pinto, P. & Piñeiro, G. (2018). Cultivos de servicios, una alternativa para el manejo de malezas. *II Congreso Argentino de Malezas, June*. https://www.researchgate.net/publication/325933765_Cultivos_de_servicios_una_alternativa_para_el_manejo_de_malezas
- Powles, S. B. & Yu, Q. (2010). Evolution in action: Plants resistant to herbicides. *Annual Review of Plant Biology* (Vol. 61). <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042809-112119>
- Price, A. J.; Balkcom, K. S.; Duzy, L. M. & Kelton, J. A. (2012). Herbicide and Cover Crop Residue Integration for *Amaranthus* Control in Conservation Agriculture Cotton and Implications for Resistance Management. *Weed Technology*, 26(3), 490–498. <https://doi.org/10.1614/wt-d-11-00127.1>
- Ramírez-García, J.; Carrillo, J.M.; Ruiz, M. & Quemada, M. (2011). Comparación de gramínea, leguminosa y brassica para actuar como cubiertas vegetales destinadas a su empleo como abono verde. *IV Jornadas Fertilización SECH. Actas de Horticultura 61*, 1–7. <http://www.sech.info/ACTAS/Acta nº 61. IV Jornadas del Grupo de Fertilización/Sesión 2. Cultivos leñosos, extensivos y otros temas/Comparación de>

- gramínea, leguminosa y brásica para actuar como cubiertas vegetales destinadas a su empleo como abono verde
- Ranaldo, M.; Carlesi, S.; Costanzo, A. & Bàrberi, P. (2020). Functional diversity of cover crop mixtures enhances biomass yield and weed suppression in a Mediterranean agroecosystem. *Weed Research*, 60(1), 96–108. <https://doi.org/10.1111/wre.12388>
- Reeves, D.W. (1994). Cover Crops and Rotations. In S. B. Hatfield JL (Ed.), *Crops Residue Management. Advances in Soil Science*. (Lewis Publ, pp. 125–172). <https://doi.org/10.1201/9781351071246>
- Renzi, J.P. (2009). *Efecto de la estructura del cultivo y el grado de madurez a cosecha sobre el rendimiento y la calidad de semillas de Vicia sativa L. YV. villosa Roth., bajo riego*. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.
- Renzi, J.P. (2013). Adaptación, Crecimiento y Desarrollo. En J. P. M. Á. C. Renzi & Editor (Eds.), *Vicias: Bases agronómicas para el manejo de la Región Pampeana* (Ediciones, pp. 101–126).
- Renzi, J.P.; Chantre, G. R.; González-Andújar, J. L., & Cantamutto, M. A. (2019). Development and validation of a simulation model for hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) self-regeneration under different crop rotations. *Field Crops Research*, 235(January), 79–86. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.02.020>
- Restovich, S. B.; Andriulo, A. E. & Portela, S. I. (2012). Introduction of cover crops in a maize-soybean rotation of the Humid Pampas: Effect on nitrogen and water dynamics. *Field Crops Research*, 128, 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.12.012>
- ReTTA Relevamiento de Tecnología Aplicada. (2021). Cultivos de cobertura. *Informe Mensual*, 73, 8.
- Roberts, H. A. (1984). Crop and weed emergence patterns in relation to time of cultivation and rainfall. *Annals of Applied Biology*, 105(2), 263–275. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1984.tb03050.x>
- Rollin, O.; Benelli, G.; Benvenuti, S.; Decourtye, A.; Wratten, S. D.; Canale, A. & Desneux, N. (2016). Weed-insect pollinator networks as bio-indicators of ecological sustainability in agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(1), 1–22. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0342-x>
- Ross, F. (2017). Cultivos de cobertura para maíz en el centro-sur bonaerense. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica, Cc*, 28–33.
- Royo-Esnal, A.; Torra, J. & Chantre, G. R. (2020). Weed Emergence Models. In G.-A. J. Chantre G. (Ed.), *Decision Support Systems for Weed Management* (Springer, pp. 85–116). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-44402-0>
- Ruffo, M.L. & Parsons, A. T. (2004). Cultivos de Cobertura en Sistemas Agrícolas. *Informaciones Agronómicas Del Cono Sur*, 21. [http://www.nolaboreo.es/fotosbd/Cultivos de Cobertura en Sistemas Agrícolas.pdf](http://www.nolaboreo.es/fotosbd/Cultivos%20de%20Cobertura%20en%20Sistemas%20Agrícolas.pdf)
- Ryan, M.R.; Curran, W.S.; Grantham, A.M.; Hunsberger, L.K.; Mirsky, S.B.; Mortensen, D.A.; Nord, E.A. & Wilson, D. O. (2011). Effects of Seeding Rate and Poultry Litter on Weed Suppression from a Rolled Cereal Rye Cover Crop. *Weed Science*, 59(3), 438–444. <https://doi.org/10.1614/ws-d-10-00180.1>
- Ryan, M. R.; Smith, R. G.; Mirsky, S. B.; Mortensen, D. A. & Seidel, R. (2010). Management Filters and Species Traits: Weed Community Assembly in Long-Term Organic and Conventional Systems. *Weed Science*, 58(3), 265–277. <https://doi.org/10.1614/ws-d-09-00054.1>
- Sanderson, M. A.; Archer, D.; Hendrickson, J.; Kronberg, S.; Liebig, M.; Nichols, K.; Schmer, M.; Tanaka, D. & Aguilar, J. (2013). Diversification and ecosystem services for conservation agriculture: Outcomes from pastures and integrated crop-livestock systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 28(2), 129–144. <https://doi.org/10.1017/S1742170512000312>
- Sanderson, M. A.; Brink, G.; Ruth, L. & Stout, R. (2012). Grass-legume mixtures suppress weeds during establishment better than monocultures. *Agronomy Journal*, 104(1), 36–42. <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0130>
- Sarandón, S. (2002). *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable* (Ediciones). https://www.researchgate.net/publication/324896530_Sarandon_SJ_2002_AGROECOLOGIA_EL_camino_hacia_una_agricultura_sustentable_Editor_Ediciones_Cientificas_Americanas_La_Plata_560_pgs_1_SBN987-9486-03-X
- Sarandón, S. & Flores, C. (2014). *Agroecología : bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. <https://doi.org/E-Book>
- Scarnecchia, D. L. & Magdoff, F. (2009). Building Soils for Better Crops. Organic Matter Management. En *Journal of Range Management* (Vol. 47, Issue 4). <https://doi.org/10.2307/4002554>
- Schappert, A.; Schumacher, M. & Gerhards, R. (2019). Weed control ability of single sown cover crops

- compared to species mixtures. *Agronomy*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/agronomy9060294>
- Schipanski, M. E.; Barbercheck, M.; Douglas, M. R.; Finney, D. M.; Haider, K.; Kaye, J. P.; Kemanian, A. R.; Mortensen, D. A.; Ryan, M. R.; Tooker, J. & White, C. (2014). A framework for evaluating ecosystem services provided by cover crops in agroecosystems. *Agricultural Systems*, 125(March), 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.11.004>
- Schonbeck, B. M.; Jerkins, D. & Ory, J. (2017). Soil Health and Organic Farming Practical Conservation Tillage. In *Organic Farming Research Foundation* (Organic Fa). <https://www.pivotandgrow.com/wp-content/uploads/2017/08/Cover-Crops-Selection-and-Management.pdf>
- Schulz, M.; Marocco, A.; Tabaglio, V.; Macias, F. A. & Molinillo, J. M. G. (2013). Benzoxazinoids in Rye Allelopathy - From Discovery to Application in Sustainable Weed Control and Organic Farming. *Journal of Chemical Ecology*, 39(2), 154–174. <https://doi.org/10.1007/s10886-013-0235-x>
- Scursioni, J. A.; Palmano, M.; De Notta, A. & Delfino, D. (2012). Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) density and N fertilization on wheat (*Triticum aestivum* L.) yield in Argentina. *Crop Protection*, 32, 36–40. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.11.002>
- Simpson, E.H. (1949). Measurement of Diversity. *Nature*, 688(1943), 688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- 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. <https://doi.org/10.1614/ws-d-14-00071.1>
- Spokas, K. & Forcella, F. (2009). Software Tools for Weed Seed Germination Modeling. *Weed Science*, 57(2), 216–227. <https://doi.org/10.1614/ws-08-142.1>
- Stoller, E. W. & Wax, L. M. (1973). Periodicity of Germination and Emergence of Some Annual Weeds. *Weed Science*, 21(6), 574–580. <https://doi.org/10.1017/s0043174500032513>
- Strock, J. S.; Porter, P. M. & Russelle, M. P. (2004). Cover Cropping to Reduce Nitrate Loss through Subsurface Drainage in the Northern U.S. Corn Belt. *Journal of Environment Quality*, 33(3), 1010. <https://doi.org/10.2134/jeq2004.1010>
- Suter, M.; Hofer, D. & Lüscher, A. (2017). Weed suppression enhanced by increasing functional trait dispersion and resource capture in forage ley mixtures. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 240, 329–339. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.007>
- Szare, D.; Scarel, J.; Patricelli, L. & Caillat, M. (2015). Relevamiento de malezas en lotes agrícolas. *Voces y Ecos*, 34, 47–49. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_voces_y_ecos_no_34_13relevamiento_de_malezas_en_lotes_agricolas_0.pdf
- Teasdale, J.R. & Draughtry, C. S. (1993). Weed Suppression by Live and Desiccated Hairy Vetch. *Weed Science*, 41, 207–212. <https://doi.org/10.1017/S0043174500076074>
- Teasdale, J. R.; Brandsædter, L. O.; Calegari, A. & Skora Neto, F. (2007). Cover crops and weed management. *Non-Chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology*, November, 49–64. <https://doi.org/10.1079/9781845932909.0049>
- Teasdale, J.R.; Mohler, C.L. (1992). Weed suppression by residue from hairy vetch and rye cover crops. *Proceedings of the First International Weed Congress 2*:516–528
- Teasdale, J. R. & Mohler, C. L. (1993). Light Transmittance, Soil Temperature, and Soil Moisture under Residue of Hairy Vetch and Rye. *Agronomy Journal*, 85(3), 673–680. <https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500030029x>
- Teasdale, J. R. & Abdul-Baki, A. A. (1998). Comparison of mixtures vs. monocultures of cover crops for fresh-market tomato production with and without herbicide. En *HortScience* (Vol. 33, Issue 7, pp. 1163–1166). <https://doi.org/10.21273/hortsci.33.7.1163>
- 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. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.1266>
- Teasdale, J.R. & Taylorson, R. B. (1986). Weed Seed Response to Methyl Isothiocyanate and Metham. *Weed Science*, 34(4), 520–524. <https://doi.org/10.1017/s0043174500067357>
- Tilman, D.; Wedin, D. & Knops, J. (1996). Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. In *Nature* (Vol. 379, Issue 6567, pp. 718–720).

- <https://doi.org/10.1038/379718a0>
- Tiwari, R.; Reinhardt Piskackova, T. A.; Devkota, P.; Mulvaney, M. J.; Ferrell, J. A. & Leon, R. G. (2021). Emergence patterns of winter and summer annual weeds in Ethiopian mustard (*Brassica carinata*) cropping system. *Weed Science*, 69(4), 446–453. <https://doi.org/10.1017/wsc.2021.20>
- Tribouillois, H.; Fort, F.; Cruz, P.; Charles, R.; Flores, O.; Garnier, E. & Justes, E. (2015). A functional characterisation of a wide range of cover crop species: Growth and nitrogen acquisition rates, leaf traits and ecological strategies. *PLoS ONE*, 10(3), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122156>
- Uchino, H.; Iwama, K.; Jitsuyama, Y.; Ichiyama, K.; Sugiura, E. & Yudate, T. (2011). Stable characteristics of cover crops for weed suppression in organic farming systems. *Plant Production Science*, 14(1), 75–85. <https://doi.org/10.1626/pp.14.75>
- Unger, P. W. & Vigil, M. F. (1998). Cover crop effects on soil water relationships. En *Journal of Soil and Water Conservation* (Vol. 53, Issue 3, pp. 200–207).
- Upadhyaya, M.K & Blackshaw, R. . (2007). *Non-chemical weed management: synopsis, integration and the future*. (Eds. U. M. & B. RE); CAB Intern, Issue April).
- van Oort, P. A. J.; Van, Gou, F.; Stomph, T. J.; & Werf, W. (2020). Effects of strip width on yields in relay-strip intercropping : A simulation study. *European Journal of Agronomy*, 112(January 2019), 125936. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.125936>
- Vanzolini, J.I.; Galantini, J. & Agamenonni, R. (2013). Cultivos de cobertura de Vicia villosa Roth. en el valle bonaerense del Río Colorado. In C. A. . . . [et.al.]. (Ed.), *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción* (1a ed., p. Cap. 04 (21-28)).
- Vázquez, L.; Matienzo, Y.; Alfonso, J.; Veitía, M.; Paredes, E. & Fernández, E. (2012). Contribución al diseño agroecológico de sistemas de producción urbanos y suburbanos para favorecer procesos ecológicos. *Agricultura Orgánica*, 18(3), 5. https://www.researchgate.net/publication/265905305_CONTRIBUCION_AL_DISENO_AGROECOLOGICO_DE_SISTEMAS_DE_PRODUCCION_URBANOS_Y_SUBURBANOS_PARA_FAVORECER_PROCESOS_ECOLOGICOS
- Viglizzo, E. F.; Frank, F. C.; Carreño, L. V.; Jobbágy, E. G.; Pereyra, H.; Clatt, J.; Pincén, D. & Ricard, M. F. (2011). Ecological and environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina. *Global Change Biology*, 17(2), 959–973. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02293.x>
- Vigna, M.R & Mendoza, J. (2014). *Presencia de poblaciones de Hirschfeldia incana (L.) resistentes a metil en el SO de Buenos Aires, Argentina*. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_bordenave_-_poblaciones_resistentes_al_metsulfuron-metil.pdf
- Villamil, M. B.; Bollero, G. A.; Darmody, R. G.; Simmons, F. W. & Bullock, D. G. (2006). No-Till Corn/Soybean Systems Including Winter Cover Crops. *Soil Science Society of America Journal*, 70(6), 1936–1944. <https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0350>
- Violle, C.; Nemergut, D. R.; Pu, Z. & Jiang, L. (2011). Phylogenetic limiting similarity and competitive exclusion. *Ecology Letters*, 14(8), 782–787. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01644.x>
- Wallace, J. M.; Curran, W. S. & 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. <https://doi.org/10.1017/wsc.2019.3>
- Wayman, S.; Cogger, C.; Benedict, C.; Burke, I.; Collins, D. & Bary, A. (2015). The influence of cover crop variety, termination timing and termination method on mulch, weed cover and soil nitrate in reduced-tillage organic systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 30(5), 450–460. <https://doi.org/10.1017/S1742170514000246>
- Webster, T. M.; Scully, B. T.; Grey, T. L. & Culpepper, A. S. (2013). Winter cover crops influence *Amaranthus palmeri* establishment. *Crop Protection*, 52, 130–135. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.05.015>
- Weisberger, D.; Nichols, V. & Liebman, M. (2019). Does diversifying crop rotations suppress weeds? A meta-analysis. *PLoS ONE*, 14(7), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219847>
- Wendling, M.; Büchi, L.; Amossé, C.; Jeangros, B.; Walter, A. & Charles, R. (2017). Specific interactions leading to transgressive overyielding in cover crop mixtures. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 241, 88–99. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.003>
- Weston, L. A. (1996). Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. *Agronomy Journal*,

- 88(6), 860–866. <https://doi.org/10.2134/agronj1996.00021962003600060004x>
- White, C.; Barbercheck, M.; DuPont, T.; Finney, D.; Hamilton, A.; Hartman, D.; Hautau, M.; Hinds, J.; Hunter, M.; Kaye, J. & La Chance, J. (2016). Making the Most of Mixtures: Considerations for Winter Cover Crops in Temperate Climates. *Extension.Org*, 1–32. <http://articles.extension.org/pages/72973/making-the-most-of-mixtures:-considerations-for-winter-cover-crops-in-temperate-climates>
- Williams, M. M.; Mortensen, D. A. & Doran, J. W. (1998). Assessment of weed and crop fitness in cover crop residues for integrated weed management. *Weed Science*, 46(5), 595–603. <https://doi.org/10.1017/s0043174500091153>
- Wortman, S. E.; Francis, C. A.; Bernardis, M. A.; Blankenship, E. E. & Lindquist, J. L. (2013). Mechanical Termination of Diverse Cover Crop Mixtures for Improved Weed Suppression in Organic Cropping Systems. *Weed Science*, 61(1), 162–170. <https://doi.org/10.1614/ws-d-12-00066.1>
- WSSA. Weed Science Society of America. (1998). Resistance and tolerance definitions. *Weed Technology* 12: 789
- Yamashita, O. M. &, & Guimarães, S. C. (2010). Germination of *Conyza canadensis* and *Conyza bonariensis* seeds in function of water availability in the substrate. *Planta Daninha*, 28(2), 309–317. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582010000200010>
- Yannicari, M.; Istitart, C. & Gigón, R. (2015). Efecto de la profundidad de siembra en la emergencia de *Lolium perenne*. *Informe Técnico- Cultivos de Fina 2015/16- CEI Barrow, Figura 1*, 148–150. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_barrow_-_evaluacin_dinmica_de_emergencia_de_aven.pdf
- Yannicari, M.; Istitart, C.; Giménez, D. (2009). Evaluación de la resistencia a glifosato de una población de *Lolium perenne* L. del sur de la provincia de Buenos Aires. II Congreso Iberoamericano de Ciencias de las Malezas. Lisboa – Portugal. Volumen II: 521 - 524.
- Yannicari, M.; Istitart, C.; Giménez, D. O. & Castro, A. M. (2012). Glyphosate resistance in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) from Argentina. *Crop Protection*, 32, 12–16. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.09.021>
- Yannicari, M.; Sánchez, M.; Istitart, C.; Acciaresi, H. (2018). Efecto de la densidad de siembra del cultivo en la interacción trigo-*Lolium perenne* resistente a herbicidas. II Congreso Argentino de Malezas: 328.
- Yvoz, S.; Cordeau, S.; Ploteau, A. & Petit, S. (2021). A framework to estimate the contribution of weeds to the delivery of ecosystem (dis)services in agricultural landscapes. *Ecological Indicators*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108321>
- Zambrano-Navea, C.; Bastida, F. & Gonzalez-Andujar, J. L. (2013). A hydrothermal seedling emergence model for *Conyza bonariensis*. *Weed Research*, 53(3), 213–220. <https://doi.org/10.1111/wre.12020>
- Zhu, G.; Ren, Z.; Liu, Y.; Lu, F.; Gu, L.; Shi, Y.; Liu, J.; Zhou, G.; Nimir, N. E. A. & Mohapatra, P. K. (2020). Optimization of leaf properties and plant phenotype through yield-based genetic improvement of rice over a period of seventy years in the Yangtze River Basin of China. *Food and Energy Security*, 9(3), 1–15. <https://doi.org/10.1002/fes3.223>
- Zimdahl, R. L. (1994). Who Are You and Where Are You Going? *Weed Technology*, 8(2), 388–391. <https://www.jstor.org/stable/3988123?seq=1>

ANEXO

I. Caracterización química del lote previo a la siembra de las mezclas de CC

Tabla 5. Resultados del análisis químico de suelo (pH, materia orgánica, nitratos y fósforo) para el año 2019 y 2020

Parámetro/ Año	2019	2020
pH	6,26	6,4
Materia orgánica (%)	4,07	3,64
Nitratos (ppm)	7,4	9,6
Fósforo (ppm)	20,46	25,13

II. Distribución porcentual

En 2019 a principios del ciclo de los CC, *A. arvensis* fue la especie más abundante, seguido por *P. aviculare*. Ambas se presentaron en los testigos y en todas las mezclas de CC, a excepción de la MS Centeno + *V. sativa* para *A. arvensis*. La abundancia registrada de *A. arvensis* fue mayor en TE y CC respecto de TL, mientras que el parámetro para *P. aviculare* fue similar en los testigos y CC. Las MS conformadas por Centeno/Avena + *V. villosa* presentaron mayores valores para las dos malezas. Asimismo, se destacaron las MC a base de *V. villosa* y las MS de *V. sativa* (independientemente de la gramínea utilizada) por presentar los menores valores del parámetro, comparables a los obtenidos en TL (Fig. 10A). También, se presentó *Lolium spp.* con una baja abundancia en la MC Avena + *V. villosa* (Fig. 10A).

En este mismo momento del ciclo para el año 2020, la especie más abundante fue *C. sumatrensis* en los testigos (TL y TE) y todas mezclas de CC. Las MS Avena + *V. villosa* y Centeno + *V. sativa* presentaron los mayores valores junto con los testigos (Fig. 10B). En menor medida y, a diferencia del año 2019, *A. arvensis* se presentó en la MS Avena + *V. sativa*, la MC Centeno + *V. sativa* y TE de forma abundante. En tanto *G. spicata* lo hizo en la MS Avena + *V. villosa* y testigos (Fig. 10B).

A mediados del ciclo en 2019, *C. sumatrensis* incrementó su abundancia en todas las mezclas de CC y TL, siendo aquellas conformadas por Avena + *V. sativa* + Colza y Centeno + *V. villosa* las que presentaron los mayores valores. La especie *A. arvensis* redujo su nivel de abundancia y la cantidad de mezclas donde se presentó, a comparación del primer momento, la cual fue mayor en la MS Avena + *V. villosa* y MC de Centeno + *V. villosa*. Por tanto, *G. spicata* incrementó el número de CC donde se presentó de manera abundante, destacándose la MS Avena + *V. sativa* por presentar el mayor valor del parámetro. Mientras que *Lolium spp.*, presentó bajos niveles en la MC Centeno + *V. villosa* y la MS Centeno + *V. sativa* (Fig. 11A).

Para este mismo momento, en el año 2020, *P. aviculare* incrementó su abundancia. La misma fue mayor en los testigos TE-TL respecto de todos los CC, a excepción de la MC Avena + *V. villosa* que no presentó valores mayores al 10%. En los diferentes tipos de CC el parámetro fue similar donde, a diferencia de principios de 2019, la MS a base de Avena + *V. sativa* y su MC presentaron los menores valores. En cuanto a *C. sumatrensis*, se presentó poco abundante en los testigos y redujo, tanto su valor como el número de mezclas presente, en relación al primer momento. De manera similar sucedió con *A. arvensis*, que sólo se halló en la MS Avena + *V. sativa*. Por tanto, *Lolium spp.*, que a principios de ciclo no presentó una abundancia significativa, se encontró en la MC Centeno + *V. villosa* en gran cantidad, de igual manera que lo registrado para este mismo momento en 2019 (Fig. 11B).

A fin del ciclo de los CC en el año 2019, *P. aviculare* incrementó su abundancia respecto del anterior momento en la mayoría de los CC y los testigos, a excepción de la MC Avena + *V. villosa* y las MS de Centeno + *V. villosa* ó *V. sativa*. Fue mayor en la MS Avena + *V. sativa* y TL. Este último, también presentó gran abundancia de la especie a mediados de 2020. Contrariamente, *A. arvensis* y *C. sumatrensis* disminuyeron el valor del parámetro en las diferentes mezclas de CC, sin presentarse en los testigos. Mientras que, *Lolium spp.* se registró con bajos niveles en la MS Centeno + *V. sativa*, del mismo modo que a mediados de ciclo (Fig. 12A).

Para este mismo momento en 2020, *P. aviculare* fue la única especie presente de manera abundante tanto en los CC como los testigos. Las MS Avena + *V. villosa* ó *V. sativa* presentaron las mayores abundancias (Fig. 12B). Esto es coincidente con lo reportado a principios de 2019 para la primera mezcla mencionada.

III. Emergencia por especie de maleza en diferentes momentos del ciclo de CC

En 2019 se encontraron diferencias significativas en la emergencia de *A. arvensis* entre los testigos y las distintas mezclas de CC en diferentes momentos del ciclo de los CC. A principios (53 DDS), la MS Avena + *V. villosa* y TE presentaron mayor emergencia ($p=0,004$) que TL y la MC ó MS a base de Avena + *V. sativa*. A los 85 DDS en este mismo momento, el TL y TE presentaron mayor ($p=0,03$) emergencia respecto de CC. Mientras que, a mediados del ciclo (102 DDS), la MS Avena + *V. villosa* junto con la MC Centeno + *V. villosa* presentaron mayor emergencia ($p=0,01$) que la MS Centeno + *V. villosa* y la MC Avena + *V. sativa* (Fig. 69).

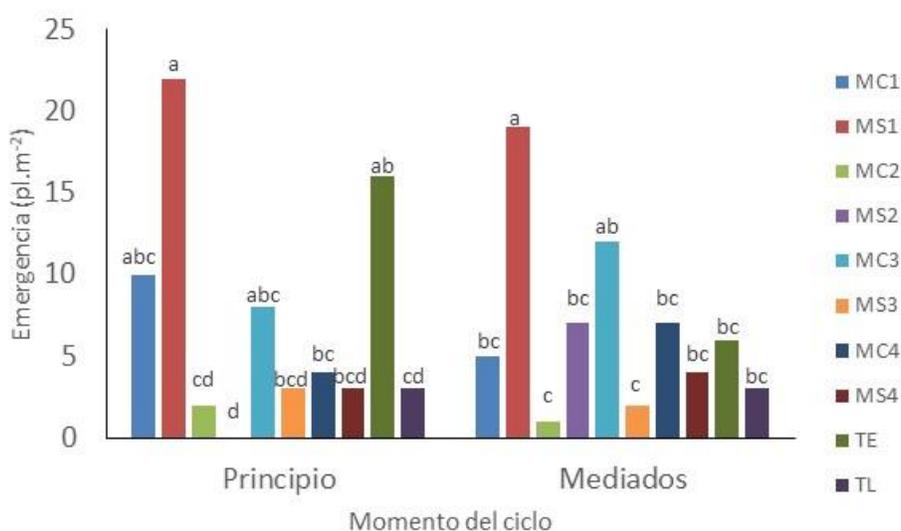


Figura 69. Emergencia de *A. arvensis* (pl.m^{-2}) a principios y mediados del ciclo para los distintos CC y los testigos. Los datos se transformaron en $\log(x+1)$ y raíz $(x+1)$. En las barras se presentan los valores promedios de datos no transformados, pero diferencias entre CC dentro de un mismo momento del ciclo (indicadas por letras minúsculas diferentes) se determinaron a partir del análisis de datos transformados. Las barras de dispersión indican el desvío estándar de los valores promedios de cada mezcla.

También se encontró que la especie *P. aviculare* presentó a fin de ciclo (189 DDS) mayor emergencia ($p<0,0001$) en TL, respecto de los CC y TE que no presentaron nacimientos de la especie (10 vs 0 pl.m^{-2}). En tanto, para mediados de ciclo de 2020 (133 y 149 DDS), la emergencia de la especie fue considerablemente mayor ($p<0,0001$) en TL que TE y CC (1536 vs 414 y 32 pl.m^{-2}).

IV. Diversidad

En 2019 no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el índice de diversidad promedio entre CC y los testigos (Fig. 70A). Sin embargo, teniendo en cuenta los valores

de la escala de Simpson (Krebs, 1985), la mayoría de las mezclas junto con TL presentaron niveles de diversidad medios. Se exceptúan de esto, las MC conformadas por Avena + *V. sativa*, Centeno + *V. villosa* y TE que presentaron una baja diversidad.

El análisis por momentos no determinó diferencias estadísticas significativas en la diversidad presente entre tipos de CC y los testigos a principios, mediados y fin de ciclo (Fig. 70A). Según la escala propuesta por Krebs (1985), los niveles de diversidad fueron medios para principios de ciclo en todos los casos de estudio. De igual manera sucedió a mediados, aunque TE y las dos MC de Avena junto con la MC Centeno + *V. villosa* presentaron bajos niveles de diversidad. En tanto, a fin de ciclo un mayor número de mezclas, a excepción de la MC Avena + *V. villosa* y Centeno + *V. sativa*, junto con ambos testigos presentaron bajos niveles de diversidad. Es decir que, en general, los niveles de diversidad fueron disminuyendo a medida que se avanzó en el tiempo durante el ciclo de los CC.

En 2020 no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el índice de diversidad promedio entre tipos de CC y los testigos (Fig. 70B). Sin embargo, a diferencia del primer año, la mayoría de los CC junto con TL presentaron bajos niveles de diversidad (a excepción de TE y las MC Avena + *V. villosa* y Centeno + *V. sativa* que presentaron una diversidad media).

El análisis por momentos no determinó diferencias estadísticas significativas en la diversidad presente entre las mezclas de CC y los testigos a principios y mediados de ciclo (Fig. 70B). Los niveles de diversidad presentes en todos los casos fueron medios y bajos, para cada momento respectivamente. De igual manera sucedió a fin de ciclo, aunque TE presentó una diversidad media, similarmente a lo del 2019. Asimismo, los testigos presentaron mayor diversidad ($p < 0,0002$) que todos los CC. Es decir que, al igual que 2019 los niveles de diversidad fueron disminuyendo a medida que se avanzó en el tiempo durante el ciclo de los CC.

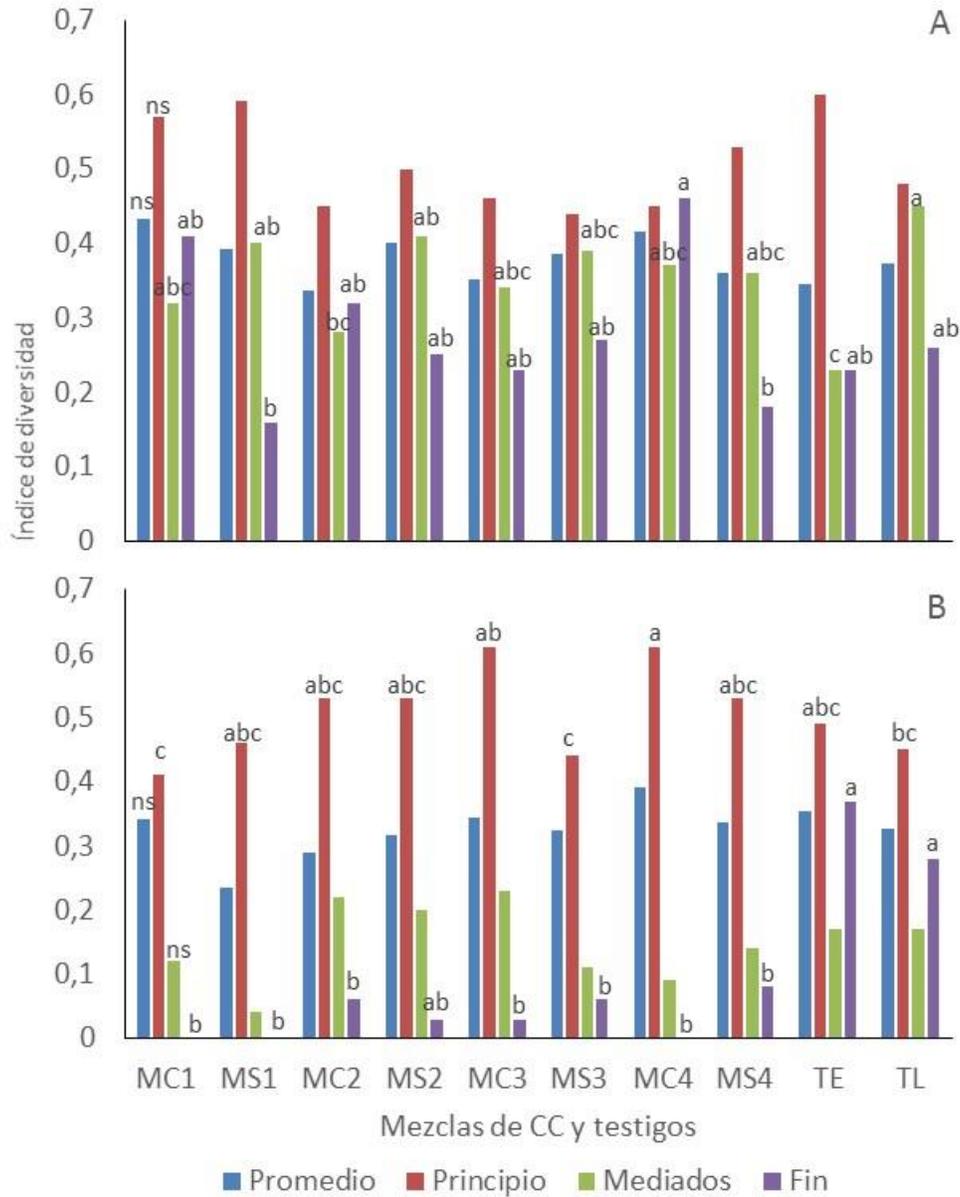


Figura 70. Índice de diversidad promedio (en azul) y a principios (en rojo), mediados (en verde) y fin del ciclo (en violeta) de las diferentes mezclas de CC y testigos en 2019 (A) y 2020 (B). Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre CC y testigos para un mismo parámetro se indican con letras minúsculas diferentes.

V. Riqueza específica

Para el año 2019 no se encontraron diferencias significativas en la riqueza específica promedio entre mezclas de CC y testigos (Fig. 71A). Del mismo modo sucedió para el análisis de la riqueza promedio a principios y fin de ciclo (Fig. 71A). Mientras que, a mediados de ciclo la riqueza promedio del TE fue menor ($p=0,01$) a la de los CC, sin diferencias con TL. Resulta importante

destacar que a lo largo de los momentos del ciclo la riqueza fue disminuyendo hasta la mitad aproximadamente, en todos los CC y testigos.

En 2020, los testigos TE y TL presentaron mayor ($p < 0,0001$) riqueza promedio de especies que CC, lo que podría explicarse por la mayor supresión de malezas registrada en CC respecto de los testigos. Estos últimos presentaron mayores ($p = 0,004$) valores de este parámetro que las MC Avena + *V. sativa* ó villosa y las MS Avena ó Centeno + *V. villosa*. Asimismo, las MS Avena ó Centeno + *V. sativa* y la MC Centeno + *V. villosa* presentaron mayor ($p = 0,001$) riqueza que la MC Avena *V. villosa* (Fig. 71B).

A principios de ciclo no se encontraron diferencias en la riqueza específica promedio entre tipos de CC y testigos. En tanto, a mediados y a diferencia del 2019, TE presentó un mayor valor de este parámetro ($p = 0,01$) respecto de los CC, sin diferencias entre mezclas (Fig. 71B). De similar manera sucedió a fin de ciclo donde la riqueza en ambos testigos fue mayor ($p < 0,0001$) al CC. Asimismo, la MC Avena + *V. villosa* presentó menor riqueza de especies ($p < 0,0001$) que la mayoría de los CC (Fig. 71B).

La menor riqueza de especies registrada en los CC podría estar dada por la baja presencia de malezas en las mezclas, las cuales alcanzaron un mayor desarrollo en estos momentos. Al igual que el año pasado en los diferentes CC, la riqueza fue disminuyendo desde principios a fin de ciclo. No siendo así para los testigos, los cuales aumentaron los valores entre mediados y fin de ciclo.

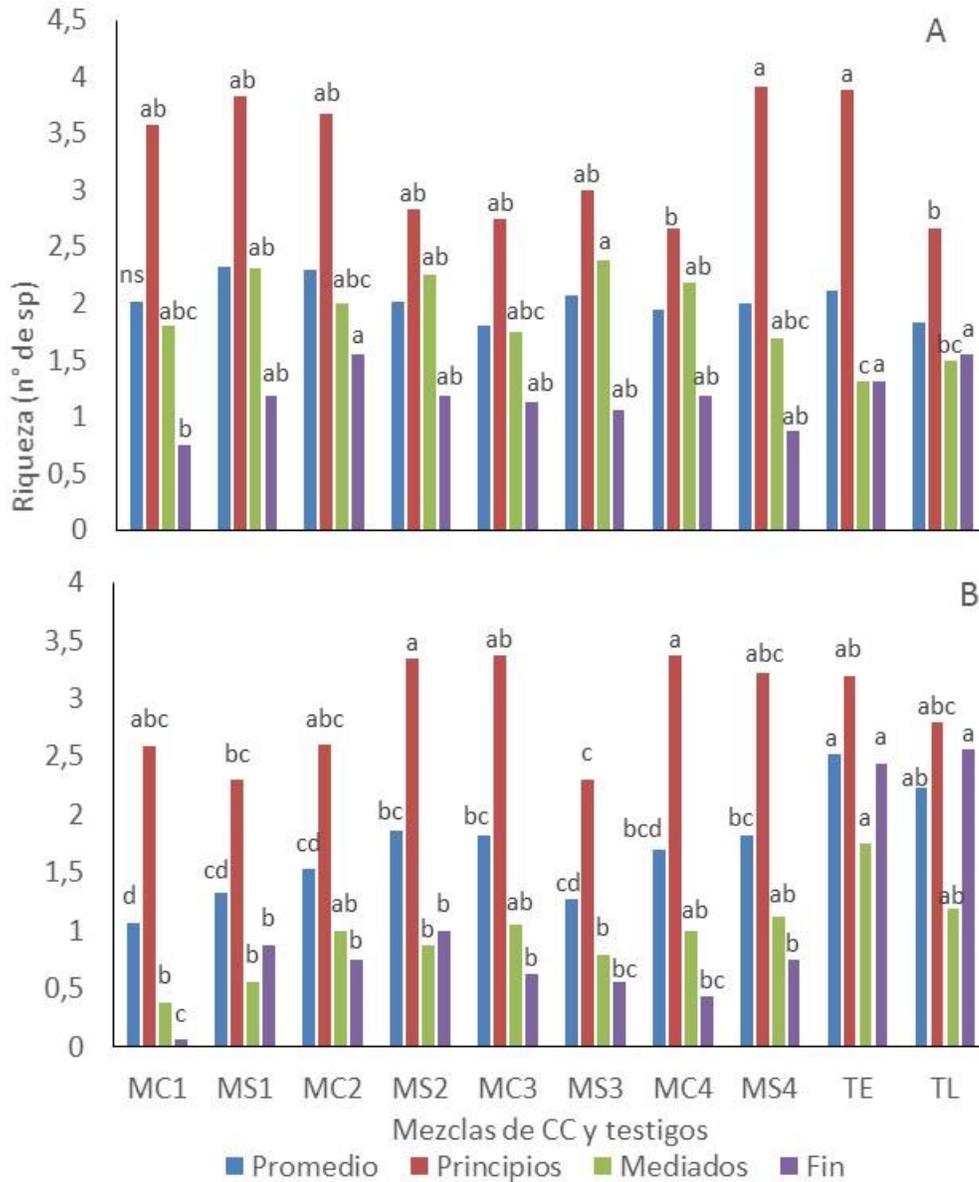


Figura 71. Riqueza específica promedio (en azul) y a principios (en rojo), mediados (en verde) y fin del ciclo (en violeta) de las diferentes mezclas y testigos en 2019 (A) y 2020 (B). En 2021 los datos de principios y fin de ciclo se transformaron en $\log(x)$. En la tabla se muestran los valores sin transformar, pero diferencias significativas entre CC y testigos para un mismo parámetro ($p < 0,05$), indicadas con letras diferentes, se realizaron con datos transformados.