



Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Escuela para Graduados

CULTIVOS DE COBERTURA PARA EL CONTROL DE MALEZAS

BERNARDO MARIO PORTA

Trabajo Final
para optar al Grado Académico de
Especialista en Producción de Cultivos Extensivos

Córdoba - 2021



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

CULTIVOS DE COBERTURA PARA EL CONTROL DE MALEZAS

BERNARDO MARIO PORTA

Director: CRISTIAN CAZORLA

Co-Director: TOMAS BAIGORRIA

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Tribunal
Evaluador

Ing. Agr. M.Sc. Josefina Molino

.....

Dra. María T. Sobrero

.....

Dra. Claudia R.C. Vega (por Comisión Académica)

.....

Presentación Formal Académica

Fecha de defensa día, mes y año
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad Nacional de Córdoba

La agricultura es la profesión propia del sabio, la más adecuada al sencillo y la ocupación más digna para todo hombre libre.

Cicerón

AGRADECIMIENTOS

A Cristian Cazorla, por su generosidad y valiosa colaboración. A Tomás Baigorria, por su asistencia. A INTA por su obstinada labor científica. A todas las personas con las que compartí esta apasionante experiencia de aprendizaje. A Irene G. Kempter y Alfredo Josa, su vástago soy.

RESUMEN

Los cultivos de cobertura (CC) tienen capacidad de disminuir la población de malezas con un bajo impacto ambiental, y por lo tanto se pueden incorporar en el manejo integrado de malezas. Considerando el sistema, sin embargo, es necesario profundizar sobre el efecto de los CC sobre el rendimiento del cultivo de renta, y la viabilidad económica de la práctica de manejo. En este trabajo, se analizaron 12 sets de datos (combinaciones año-especie-tratamiento) provenientes de experimentos a campo realizados en Marcos Juárez, Córdoba, agrupándolos en dos tipos de experimentos. El Experimento 1 se realizó en maíz durante la campañas 2014/2015, 2016/2017 y 2018/2019 y tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos tratamientos: CC de vicia (*Vicia villosa* Roth) y un testigo sin CC (barbecho). El Experimento 2 fue realizado en soja en las campañas 2012/2013, 2013/2014 y 2014/2015 y evaluó el efecto de dos tratamientos: CC de triticale (*xTriticosecale* Whittm. ex A. Camus) y un testigo sin CC (B, barbecho). Se analizó el efecto del manejo del antecesor sobre población de malezas, costos directos del control de malezas e implantación de los CC, impacto ambiental y rendimiento de maíz y soja. Los CC mostraron una reducción en la población de malezas con respecto a barbecho en E1 (96 %) y E2 (86 %). Los costos directos fueron 30 USD (43 %) mayor en el sistema con antecesor vicia y 96 USD (157 %) mayor en con triticale. El impacto ambiental fue 55 y 32 % menor cuando se utilizaron CC en maíz y soja, respectivamente. El rendimiento de maíz tendió a ser mayor cuando fue cultivado sobre vicia (10 %). En contraste, no se observaron diferencias en el rendimiento de soja entre sistemas de B o CC. Este trabajo demuestra que los CC son una herramienta útil en el manejo integrado de malezas, aunque el incremento en los costos directos surge como un factor a considerar.

Palabras clave: vicia – triticale – impacto ambiental – manejo integrado

ABSTRACT

Cover crops (CC) have the ability of diminishing weeds population with low environmental impact. Therefore, they constitute an agronomic tool which could be incorporated in an integrated weed management. Considering both CC and the following crop as a system, it is necessary to investigate the effect of CC on yields, and the economic viability of this agronomic management practice. In this study, 12 data sets from field experiments conducted in Marcos Juárez were analyzed. Experiment 1 was conducted during 2014/2015, 2016/2017 y 2018/2019 seasons, and evaluated the effects of two CC treatments: Hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) and a control without CC (fallow). Experiment 2 was run during 2012/13, 2013/14 and 2014/15 to evaluate two CC treatments in soybean: triticale (*xTriticosecale* Whittm. ex A. Camus) and a control without CC. Weeds population, direct cost, environmental impact and yield of soybean and maize were determined. CC reduced weed population, decreased 96 % and 86 % in E1 and E2 respectively. The direct cost was 40 and 150 % higher in hairy vetch and triticale, respectively. The environmental impact was 55 and 32 % lower with CC in maize and soybean respectively. Maize yield was higher under CC, with some trend to perform best under CC with hairy vetch. In contrast, soybean yields were not modified by CC treatments. This work demonstrated that CC constitute an useful tool which could be integrated into weed management, although increments in direct cost of the practice should be considered.

Keywords: vicia – triticale – environmental impact – integrated handling.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE TABLAS.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE SIGLAS O ABREVIATURAS.....	iv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	7
1.2 OBJETIVO GENERAL.....	7
1.3 OBEJTIVOS ESPECÍFICOS.....	7
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
2.1 SITIO EXPERIMENTAL TRATAMIENTOS Y MANEJO DE LOS CULTIVOS	8
2.1.1 EXPERIMENTOS	8
2.2 DETERMINACIONES Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	12
2.2.1 POBLACIÓN DE MALEZAS.....	12
2.2.2 COSTOS DIRECTOS DEL CONTROL DE MALEZAS.....	13
2.2.3 IMPACTO AMBIENTAL.....	13
2.2.4 RENDIMIENTO DE CULTIVOS ESTIVALES.....	14
3. RESULTADOS.....	15
3.1 POBLACIÓN DE MALEZAS.....	15
3.2 COSTOS DIRECTOS.....	16
3.3 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	18
3.4 RENDIMIENTO.....	18
4. DISCUSIÓN.....	20
5. CONCLUSIONES.....	23
6. BIBLIOGRAFÍA.....	24
ANEXO.....	29

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Diseño de tratamientos de Experimento 1 (sistema Vicia Villosa/Maíz) y detalle del programa de control de malezas (principios activos, dosis y momento). VR (vicia rolada) y B (barbecho) son situaciones de antecesores del cultivo de renta.	9
Tabla 2. Descripción de tratamientos y manejo agronómico de E2. TH y TR indican cultivo de cobertura de Triticale secado con herbicidas o rolado, respectivamente. B indica barbecho sin cultivos de cobertura.....	10
Tabla 3. Programa de control de malezas en un sistema con cultivo de cobertura y en barbecho durante tres campañas en Experimento 2 (Triticale-soja). TH y TR indican cultivo de cobertura de Triticale secado con herbicidas o rolado, respectivamente. B indica barbecho sin cultivos de cobertura.....	11
Tabla 4. Resumen de experimentos a campo realizados para valorar el efecto de presencia o ausencia de cultivos de cobertura en dos sistemas, vicia-maíz y triticale-soja	12
Tabla 5. Costos directos de control de malezas en sistemas de cultivos de cobertura y barbecho (BCH) en Experimento 1 (vicia-maíz). VRSB y VRCH, indican el tratamiento de vicia rolada sin y con herbicidas, respectivamente.....	17
Tabla 6. Costos directos de control de malezas en sistemas de cultivos de cobertura (triticale-soja) y barbecho (B) en Experimento 2. TR y TH indican el tratamiento de triticale rolado y con herbicidas, respectivamente.....	17
Tabla A-1. Análisis de la varianza para biomasa de malezas en tratamientos de cultivos de cobertura, Triticale + herbicida (TH), Triticale rolado (TR) y en situaciones de barbecho (B).	30
Tabla A-2 Análisis de la varianza para rendimientos de maíz durante tres campañas en experimentos para valorar antecesores barbecho (BSB y BCH, sin y con herbicida, respectivamente) y vicia (VSB y VCH sin y con aplicación de herbicidas, respectivamente).....	31
Tabla A-3. Análisis de la varianza para el rendimiento de soja durante tres campañas en tratamientos con antecesor barbecho (B), triticale rolado (TR) y triticale secado con herbicida (TH).....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mecanismos implicados en la reducción de la emergencia de malezas por la utilización de un CC	3
Figura 2. Relación entre MS de malezas (kg/ha) y biomasa de residuos de CC (kg/ha).....	4
Figura 3: Presencia de <i>Amaranthus</i> en los antecesores barbecho (B) y vicia rolada (VR) con y sin aplicaciones de herbicidas.....	15
Figura 4: BTM promedio de tres campañas en tratamientos TH, TR y B.....	16
Figura 5: Coeficiente de impacto ambiental de campo (EIQ). E 1 (VCH y BCH) y E 2 (B, TH y TR).....	18
Figura 6: E1. Rendimientos medios de maíz de tres campañas en los antecesores barbecho (BSH y BCH) y vicia (VSH y VCH) con y sin aplicación de herbicidas...	19
Figura 7. Rendimientos medios de soja de tres campañas en los antecesores barbecho (B), triticale rolado (TR) y triticale secado con herbicida (TH).....	19

LISTA DE SIGLAS O ABREVIATURAS

ACC: Acetil coenzima-A carboxilasa

ALS: Acetolactato sintetasa

B: Barbecho

BTM: Biomasa total de malezas

C: Carbono

CC: Cultivos de cobertura

CH: Con herbicidas

E: Emergencia

E1: Experimento 1

E2: Experimento 2

EEA: Estación experimental agropecuaria

EQ: Coeficiente de impacto ambiental

EPSPS: 3-enolpiruvil-shiquimato-5-fosfato sintetasa

EUA: Eficiencia en el uso del agua

INTA: Instituto nacional de tecnología agropecuaria

MO: Materia orgánica

MS: Materia seca

N: Nitrógeno

PSTriti: Pre-siembra triticales

SeT: Secado triticales

SH: Sin herbicidas

SjV1: Soja en estado V1

SjV3: Soja en estado V3

SSj: Siembra de soja

T: Triticale

TH: Triticale secado con herbicida

TR: Triticale secado con rolo

USD: Dólares

V: Vicia

VR: Vicia rolada

DDS: Días desde la siembra

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura implica la transformación del medio para satisfacer las necesidades del hombre, a través del cultivo de especies deseadas. Estos agroecosistemas son, en su mayoría, gestionados de manera intensiva con el fin de proporcionar alimentos, fibras, y energía. Cuando se altera la vegetación natural, proliferan especies indeseables consideradas malezas. La presencia de una maleza se identifica con un fenómeno natural relacionado a la adaptación ecológica y la evolución de dichos organismos a ambientes modificados por la actividad humana (Harlan y De Wet, 1965). Las malezas compiten con los cultivos por nutrientes, agua, luz y espacio, además dificultan las tareas de cosecha y desvalorizan el producto final, generando importantes costos para su control y significativas pérdidas económicas (Fernández, 1982).

En Argentina, el 78 % de la superficie agrícola se realiza en siembra directa o labranza cero (Aapresid, 2012). Este sistema de producción utiliza el control químico como metodología principal para el manejo de malezas a través de la aplicación de herbicidas. El desarrollo y uso de herbicidas quedó limitado a un enfoque de corto plazo que considera solo la eliminación de la competencia, sin tener en cuenta la escala espacio-temporal en la que se produce el proceso de enmalezamiento (Guglielmini *et al.*, 2003).

En las últimas décadas, la evolución de la agricultura argentina se basó en un modelo de producción que tiene a la soja como principal cultivo (61% área cultivada en el país campaña 2010-2011, SAGPyA; 2012), escasas rotaciones y una alta dependencia del control químico para el manejo de malezas que utiliza un reducido número de principios activos, ya que el 80 % del mercado de herbicidas se concentra en el empleo de cinco activos: glifosato (60%), 2.4 D, atrazina, diclosulam y cletodim (Pampas Group, 2013). Esto provocó que surjan genotipos de malezas tolerantes y/o resistentes a algunos herbicidas. Desde la primera aparición de resistencia en Argentina en el año 1996, a la fecha se han generado 34 biotipos resistentes, pertenecientes a 19 especies diferentes (10 monocotiledóneas y 9 dicotiledóneas) y correspondientes a cuatro modos de acción de herbicidas (EPSPS, ALS, ACC y Auxinas sintéticas), y nueve de estos biotipos son de resistencia múltiple a estos modos de acción (Zorzín, *et al.* 2018). Esta situación exige recurrir a un incremento en la cantidad y tipo herbicidas utilizados, en el número de

aplicaciones y, en muchos casos, de las dosis utilizadas. Aun así en muchas situaciones no se logran controles satisfactorios y/o se provocan efectos fitotóxicos sobre los cultivos que generan importantes pérdidas de rendimiento (Berhongaray, *et al.* 2015). A esto se agrega un fuerte incremento en los costos de producción y el consecuente aumento del impacto ambiental.

El manejo integrado de malezas enfoca el problema de manera compatible con la calidad ambiental, utilizando todas las técnicas adecuadas y conocimientos existentes para reducir una población de malezas a niveles tales que los perjuicios económicos que produzcan estén por debajo de un umbral, económico aceptable. Puede utilizar métodos físicos, químicos, mecánicos, biológicos, genéticos, conjuntamente con medidas preventivas y estudios básicos sobre la biología y ecología de las malezas, así como el entrenamiento de técnicos y extensión a nivel de productores (Fernández, 1982).

Los cultivos de cobertura (CC) pueden ser una alternativa para atenuar la presencia de malezas, con un bajo impacto ambiental. Esta práctica consiste en sembrar un cultivo con el fin de generar cobertura entre dos cultivos de cosecha. Utilizando esta técnica, se han reportado beneficios físicos, químicos y biológicos. Algunos ejemplos de beneficios físicos son la reducción de la emergencia de malezas, disminución de la evaporación, control de la escorrentía, disminución de la erosión, control de la temperatura y mejoramiento de la estructura del suelo. Entre los beneficios de tipo químico, se pueden citar el aumento del contenido de materia orgánica, el incremento en la capacidad de intercambio catiónico del suelo y efectos de tipo biológicos como el incremento de la actividad de micro y macro organismos del suelo (Erenstein, 2002). La utilización de CC no es una tecnología reciente. El uso de *Mucuna* (*Mucuna pruriens*) ha sido registrado desde el siglo XVI en Java, Bali y Sumatra (Indonesia) para recuperar suelos degradados. Existen registros que los Griegos y Romanos han practicado la rotación de cultivos y Plinio menciona el cultivo de lupinos (*Lupinus albus*) y vicia (*Vicia sativa*) como abonos verdes y para la supresión de malezas (Pound, 1997).

Los mecanismos por los cuáles los CC disminuyen la población de malezas son varios y pueden actuar de manera simultánea (Figura 1). Los principales mecanismos son: reducción en la intercepción de luz (efecto sombreado), competencia por recursos como

agua y nutrientes, cambios en la temperatura del suelo y por impedimentos físicos a la emergencia de plántulas (Fisk, *et al.*, 2001). Así lo confirman los resultados obtenidos por Delfino *et al.*, (2014) en la región norte de la provincia de Córdoba y por Cazorla *et al.*, (2015) en la región sudeste de la provincia, en el departamento Marcos Juárez.

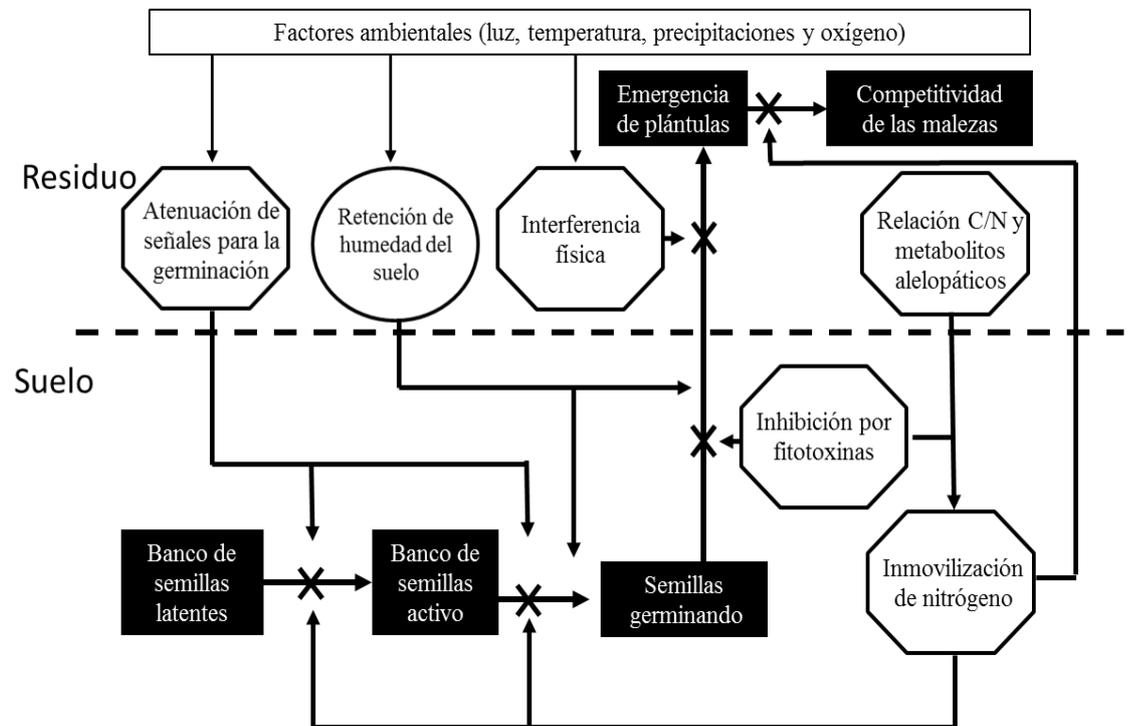


Figura 1. Mecanismos implicados en la reducción de la emergencia de malezas por la utilización de un CC. Fuente: Mirsky *et al.*, (2009).

La habilidad de los CC para suprimir el crecimiento de las malezas está relacionado con la cantidad de biomasa que producen (Liebman y Davis, 2000) y/o con la liberación de sustancias inhibitorias (Teasdale y Mohler, 1993). La implantación de un CC producirá una cantidad de biomasa que, si bien depende de la especie y la variedad utilizada (Carfagno, 2008), permitirá reducir la densidad y biomasa de una población de malezas (Figura 2). En ese sentido, Cazorla *et al.*, (2009) determinaron que son necesarias producciones de materia seca de CC por encima de 5000 kg ha⁻¹ (Figura 2).

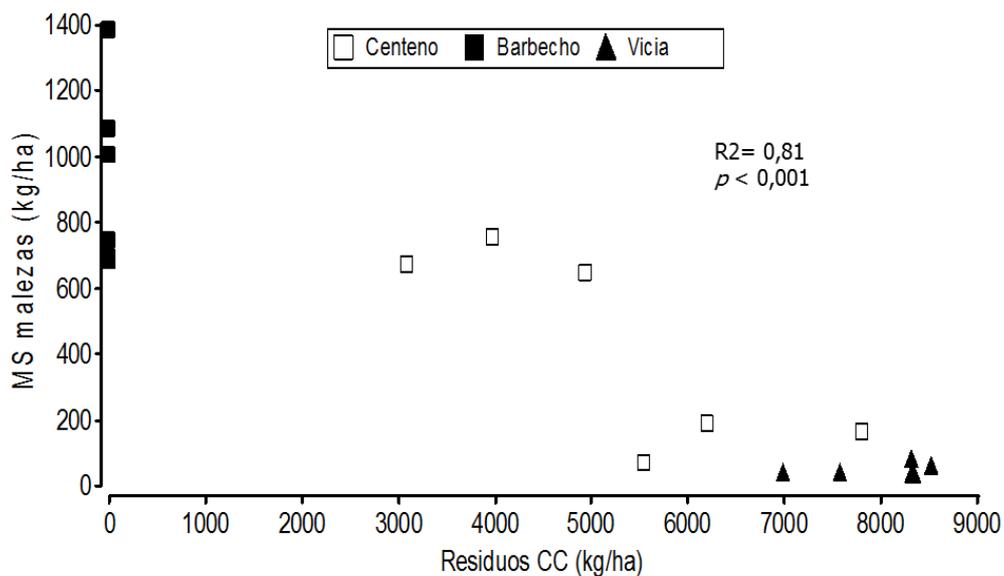


Figura 2. Relación entre MS de malezas (kg/ha) y biomasa de residuos de CC (kg/ha). Fuente: Cazorla *et al.*, (2009).

Existe en algunas especies otro tipo de interferencia que se produce a través de la liberación de sustancias químicas inhibitorias, fenómeno al que se conoce como alelopatía, que es definida como “efectos dañinos, directos o indirectos producidos en una planta mediante químicos tóxicos liberados al medio ambiente por otra”, definición que ha sido ampliada para incluir químicos producidos por actinomycetes, algas, hongos y otros microbios que puedan asociarse con las plantas en la rizosfera (Creamer *et al.*, 1996). El centeno (*Secale cereale*) utilizado como CC provocó inhibición de la germinación de semillas de malezas, efecto atribuido a liberación de sustancias alelopáticas al descomponerse el residuo (Hoyt *et al.*, 2004). Estas sustancias a menudo son fenoles, terpenos, alcaloides u otros compuestos del metabolismo secundario de las plantas, generalmente producidos en las hojas, tallos y raíces y pueden entrar en contacto con otras plantas por varios caminos. Así, las hojas y restos vegetales caen al suelo y al descomponerse, liberan esas toxinas. Los exudados de las raíces o de las partes aéreas pueden ser lavados por las lluvias y arrastrados al suelo (Fernández-Quintanilla y García Torres, 1989).

La utilización de CC reduce la población de malezas. Experimentos realizados en Pergamino, Bs. As., mostraron reducciones de materia seca aérea de malezas de 92%,

respecto del testigo barbecho y nula producción de materia seca aérea de malezas en aquellas parcelas donde el CC utilizado fue Vicia (Buratovich y Acciaresi, 2019). En Marcos Juárez, Córdoba, evaluaciones realizadas a la cosecha del cultivo de soja reportaron reducciones de 80% de la biomasa total de malezas, asociada con la presencia del residuo del CC (Baigorria *et al.*, 2019). En ese ensayo, la reducción de *Lamiun amplexicaule* fue superior al 70%, mientras que fue de 100 % para *Gamochoaeta spicata*, 97 % para *Conyza bonariensis* y 93 % para *Bowlesia incana*.

Los CC modifican la disponibilidad de agua del suelo, siendo un factor de importancia primaria en el manejo de áreas cuya humedad edáfica es el factor limitante de la producción (Teasdale *et al.*, 2004). La utilización de CC mejora la infiltración de agua y el almacenaje de la misma en el perfil de suelo, debido a una menor pérdida de agua por escurrimiento y percolación profunda fuera del alcance de las raíces (Hoyt *et al.*, 2004). Además, se reporta un efecto positivo de los CC sobre la eficiencia en el uso del agua (EUA) en ciertos sistemas de producción (i.e. en regiones donde ocurren precipitaciones durante el barbecho invernal que no alcanzan a ser utilizadas por los cultivos de verano) al evitar que el agua del suelo se pierda por evaporación (Fernández *et al.*, 2008). Esta menor pérdida de agua por evaporación ocurre porque los CC modifican la incidencia de radiación solar sobre la superficie del suelo, reduciendo así, las temperaturas y amplitud térmica (Lardone y Barraco, 2010).

No obstante, el consumo hídrico de los CC durante el invierno podría interferir en la normal oferta de agua para el cultivo siguiente (Scianca *et al.*, 2008; Munawar *et al.*, 1990). Unger y Vigil (1998) destacaron que si bien los CC disminuyen el agua en el suelo en su etapa de crecimiento, conservan mejor el agua cuando finalizan su ciclo y durante el tiempo que se encuentran como residuo en la superficie del suelo.

Otro aspecto positivo de los CC es la absorción de nitratos y retención del N en su biomasa, lo que disminuye las pérdidas por lixiviación, principalmente durante barbechos largos. Reicosky y Archer (2005) mencionan que el N incorporado al suelo proveniente de biomasa es más eficientemente utilizado por las plantas que el derivado de fertilizantes. Asimismo la utilización de leguminosas como CC permite la fijación de N atmosférico, el cual puede ser utilizado por el cultivo subsiguiente en la rotación. Sin embargo, el N

incorporado en biomasa de los CC podría estar inmovilizado y condicionar la disponibilidad del nutriente para el cultivo sucesor (Fernández *et al.*, 2012).

Los resultados de incluir CC en la rotación frecuentemente resultan muy variables entre sitios (Unger y Vigil, 1998), dada la cantidad de factores involucrados (clima, suelo, manejo) y la fuerte interacción entre ellos durante el ciclo del CC y el barbecho posterior (Reicosky *et al.*, 2008). Así lo demuestran resultados reportados por Cazorla & Baigorria (2010), donde la inclusión de CC limitó el rendimiento de maíz en siembras con fertilización. En contraste, en experimentos sin fertilización se registraron incrementos del rendimiento cuando se utilizaron leguminosas invernales como CC, producto del aporte de N realizado por el CC. Para el cultivo de soja, Martínez, *et al.*, (2013) reportaron que la utilización de CC como antecesor resultó en una alternativa factible para incrementar el aporte de C y N, mejorando el balance de ambos elementos en el suelo, sin afectar el rendimiento del cultivo luego de tres ciclos agrícolas. En regiones húmedas y subhúmedas, las lluvias permiten recargar el perfil de suelo sin limitar el rendimiento de los cultivos posteriores, mientras que en regiones semiáridas los rendimientos de los cultivos subsiguientes suelen disminuir (Rimsky Korsakov *et al.*, 2015).

La introducción de CC trae importantes beneficios al suelo y se incorpora dentro de un esquema de manejo integrado de malezas. Sin embargo, la práctica no se ha generalizado en la región en estudio. Por este motivo se propone evaluar el efecto de los CC: i) en la población de malezas, ii) en la aplicación de herbicidas, iii) en los rendimientos de los cultivos estivales y iv) el impacto ambiental que generan por la menor aplicación de herbicidas.

1.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO

La incorporación de cultivos de cobertura en sistemas agrícolas continuos de la región sudeste de la provincia de Córdoba no modificará el rendimiento de los cultivos estivales posteriores en la rotación ni los costos directos, permitiendo además un adecuado control de malezas con menor utilización de herbicidas y, por lo tanto, conduciendo a un menor impacto ambiental.

OBJETIVOS

1.2. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de los cultivos de cobertura sobre el rendimiento de los cultivos estivales posteriores en la rotación, el efecto sobre los costos directos, el control de malezas y el impacto ambiental en los sistemas agrícolas continuos de la región sudeste de la provincia de Córdoba.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el impacto de cultivos de cobertura sobre el rendimiento de soja y maíz, y su efecto sobre los costos directos.
- Evaluar los efectos de los CC sobre la población de malezas en forma comparada con situaciones de barbecho químico tradicional en cultivos de soja y maíz.
- Valorar el impacto ambiental de sistemas basados en el uso de cultivos de cobertura en comparación con el de barbecho químico tradicional.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo, se realizó un meta-análisis de datos publicados (Cazorla *et al.*, 2015, Baigorria *et al.*, 2014, 2016, 2019). Para ello, se generó una base de datos de 12 casos de manejo de CC como antecesores de cultivos estivales, soja y maíz. La base de datos generada derivó de estudios realizados durante las campañas 2012-13 a 2018-19 en la localidad de Marcos Juárez, Provincia de Córdoba (EEA INTA Marcos Juárez, 32°42'44,65''S, 62°05'46,07'' O).

Los trabajos experimentales a campo se agruparon en dos tipos de experimentos. El Experimento 1 se realizó en las campañas agrícolas 2014/2015, 2016/2017 y 2018/2019, mientras que el Experimento 2 se realizó entre las campañas agrícolas 2012/2013, 2013/2014 y 2014/2015.

2.1. SITIO EXPERIMENTAL, TRATAMIENTOS Y MANEJO DE LOS CULTIVOS

La zona donde se realizaron los experimentos se caracteriza por presentar un relieve plano, con suelos desarrollados sobre sedimentos loésicos, y de textura franco limosa. El suelo corresponde al tipo Argiudol típico, de perfil Ap, AB, Bt1, Bt2, BC, C1, C2k cuyo horizonte superficial es ligeramente ácido (pH 6,4) y con 3,26% de MO, perteneciente a la serie Marcos Juárez, y con capacidad de uso I (INTA, 1978). El clima presenta una temperatura media anual de 16,9°C y una precipitación media anual de 894 mm.

2.1.1. EXPERIMENTOS

Experimento 1 (E1): sistema Vicia Villosa/Maíz.

El diseño de E1 fue en parcelas divididas con tres repeticiones. La parcela principal fue el antecesor: CC (Vicia rolada, **VR**) y barbecho, (**B**). La subparcela consistió en el manejo de herbicidas en el cultivo estival: con (**CH**) y sin aplicación de herbicidas (**SH**) (Tabla 1). Se consideraron los años como repeticiones.

El CC Vicia villosa se sembró cada año en el mes de Abril con una densidad de siembra de 30 pl m⁻², lo cual se logró con 15 kg ha⁻¹. Se interrumpió su crecimiento con rolo mecánico durante el mes de noviembre cuando el cultivo de vicia se encontraba en

100% floración (momento óptimo para el control mecánico de esta especie). Posterior al secado, se sembró el maíz durante el mes de diciembre a 52 cm entre hileras con una densidad de 4 pl m⁻¹ lineal. El control de malezas con herbicidas se detalla en Tabla 1, en la que se describen principios activos utilizados, dosis y momento de aplicación para cada tratamiento. Este control se aplicó en cada una de las campañas evaluadas.

Tabla 1. Diseño de tratamientos de Experimento 1 (sistema Vicia Villosa/Maíz) y detalle del programa de control de malezas (principios activos, dosis y momento). VR (vicia rolada) y B (barbecho) son situaciones de antecesores del cultivo de renta.

Abreviatura tratamiento	Antecesor	Herbicidas	Principios activos	Dosis (kg ia ha ⁻¹)	Momento
VRSH	VR	Sin	-	-	-
VRCH		Con	Glifosato	1.12	V6
BSH		Sin	-	-	-
		Con	Glifosato	0.864	Barbecho intermedio
		Con	Glifosato	0.864	Barbecho corto
BCH	B	Con	Glifosato	1.12	Siembra
		Con	2,4 D	0.24	Siembra
		Con	Glifosato	1.12	V6

Experimento 2 (E2): Triticale/soja

El diseño experimental de E2 fue de parcelas divididas con tres repeticiones. Las parcelas principales fueron: triticale (T) como CC y un testigo sin CC denominado barbecho (B). Las subparcelas fueron dos métodos de secado de los CC: rolado (TR) y químico con herbicida (TH), se consideraron los años como repeticiones (Tabla 4).

La densidad de siembra de triticale fue de 220 plantas m⁻², para lo cual fueron necesarios 80 kg ha⁻¹ de semilla. Se fertilizó con 60 kg N ha⁻¹, utilizado urea (46-0-0). Tanto el rolado como la aplicación del herbicida se realizaron en antesis, (anteras amarillas visibles en 50% de las espigas) (6.5) en la escala fenológica (Zadoks *et al.*, 1974). Posterior al rolado de los CC, todas las parcelas incluyendo las del tratamiento

testigo barbecho, se sembraron con soja tolerante a glifosato. En la Tabla 2, se muestran los diferentes tratamientos y el manejo agronómico de cada uno para cada campaña.

Tabla 2. Descripción de tratamientos y manejo agronómico de E2. TH y TR indican cultivo de cobertura de Triticale secado con herbicidas o rolado, respectivamente. B indica barbecho sin cultivos de cobertura

Campaña	Tratamiento	Fecha de siembra CC	Fecha de secado CC(*)	Fecha de siembra soja
2012/2013	TH-TR	16/04/2012	11/10/2012	27/12/2012
	B			27/12/2012
2013/2014	TH-TR	09/05/2013	15/10/2013	19/11/2013
	B			19/11/2013
2014/2015	TH-TR	24/06/2014	31/10/2014	06/12/2014
	B			06/12/2014

(*) La fecha de secado corresponde al estado fenológico 6,5 escala de Zadocks (antesis)

En la Tabla 3, se describe el programa de control de malezas en las distintas campañas de E2 detallando momento de aplicación del herbicida, la dosis de principio activo y el total de aplicaciones que fueron necesarias para mantener libre de malezas los diferentes tratamientos.

Para cuantificar el grado de control de malezas ejercidas por los CC se utilizaron tratamientos sin aplicación de herbicidas tanto en la situación con y sin CC. La utilización de herbicidas interfiere con la población de malezas, por este motivo se utilizaron los tratamientos sin control.

Tabla 3. Programa de control de malezas en un sistema con cultivo de cobertura y en barbecho durante tres campañas en Experimento 2 (Triticale-soja). TH y TR indican cultivo de cobertura de Triticale secado con herbicidas o rolado, respectivamente. B indica barbecho sin cultivos de cobertura.

Campaña	Tratamiento	Momento ^Ψ	Dosis (kg p.a. ha ⁻¹)	Total (kg p.a. ha ⁻¹)
2012/2013	B	Abril	1,44	4,97
		Septiembre	0,99	
		SSj	1,34	
		SjV3	1,2	
	TR	PSTriti	1,44	2,64
		V1	1,2	
	TH	PSTriti	1,44	4,08
		SeT	1,2	
		SjV3	1,44	
2013/2014	B	Abril	0,96	6,7
		Agosto	1,12	
		Septiembre	1,34	
		Noviembre 2,4D*	0,45	
		Noviembre	1,34	
		SjV3	1,49	
	TR	PSTriti	1,44	2,93
		SjV1	1,49	
	TH	PSTriti	0,96	3,79
		SeT	1,34	
		SjV3	1,49	
	2014/2015	B	Junio	1,12
Octubre			1,12	
SjV1			1,12	
TR		PSTriti	1,12	1,12
TH		PSTriti	0,96	2,3
		SeT	1,34	

^Ψ Pre-siembra de triticale (PSTriti), siembra de soja (SSj), secado del triticale (SeT), soja en V1 (SjV1), soja en V3 (SjV3).

* Sal dimetilamina del ácido 2,4-Diclorofenoxiacético (30%) + Glifosato (74.7%).

En Tabla 4, se resumen los experimentos utilizados para este estudio.

Tabla 4. Resumen de experimentos a campo realizados para valorar el efecto de presencia o ausencia de cultivos de cobertura en dos sistemas, vicia-maíz y triticale-soja.

Experimento	Ensayo	Tratamiento	Campañas	CC	Cult. Estival	Uso de herbicidas
1	1	BSH	14/15 - 16/17- 18/19	sin CC	Maíz	No
1	2	VRSH	14/15 - 16/17- 18/19	Vicia	Maíz	No
1	3	BCH	14/15 - 16/17- 18/19	sin CC	Maíz	Si
1	4	VRCH	14/15 - 16/17- 18/19	Vicia	Maíz	Si
2	1	B	12/13 - 13/14 - 14/15	sin CC	Soja	Si
2	2	TR	12/13 - 13/14 - 14/15	Triticale	Soja	Si
2	3	TH	12/13 - 13/14 - 14/15	Triticale	Soja	Si

2.2. DETERMINACIONES Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

2.2.1. POBLACIÓN DE MALEZAS

En E1, se realizó conteo de *Amaranthus hybridus* L. (maleza predominante), mediante la utilización de marcos de 0.5 x 0.5 m ubicados en la parte central de las parcelas, al momento de la siembra del maíz. Se realizaron tres conteos por parcela. Esta determinación solo se realizó en el primer año del experimento 1. Los resultados se expresaron en número de plantas por m². En E2, (triticale/soja), se determinó la biomasa total de malezas (BTM) a la cosecha del cultivo de soja en cada tratamiento. Para ello, se utilizó un rectángulo de 0.5 x 0.25 m, se tomaron muestras al azar en diferentes sectores de las parcelas y se realizaron 3 muestras por parcela. Los resultados se expresaron como biomasa de malezas, siendo también discriminados por especie, en kg ha⁻¹.

Los análisis estadísticos se realizaron mediante análisis de la varianza (ANAVA), considerando al efecto año como repetición. Para el análisis se utilizó el paquete estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2008). En los casos en los que se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, se realizaron comparaciones de medias. Los datos de reducción de especies de malezas, se analizaron como reducción porcentual, ya que no todas las especies fueron encontradas en los recuentos de cada campaña.

2.2.2. COSTOS DIRECTOS DEL CONTROL DE MALEZAS

Se consideraron como costos directos los gastos en las labores e insumos utilizados con sus respectivas dosis o cantidades. Se tomó como precio de referencia a los valores publicados en la edición n° 392 de la revista Márgenes Agropecuarios (Año 33, febrero de 2018). Se realizó una comparación de costos directos entre tratamientos. Los resultados se expresaron en USD ha⁻¹. No se realizó análisis estadístico de costos directos porque no hay variación dentro de los tratamientos aplicados y la variación de los costos en los años fueron debidas a la presencia de malezas en los tratamientos (Por ej: Tabla 3). Por último se considera que el análisis de costos es una herramienta que ayuda en la decisión para implementar diferentes estrategias en función de su valor absoluto, más allá de las diferencias estadísticas que puedan surgir de los análisis.

2.2.3. IMPACTO AMBIENTAL

El impacto ambiental para E1 y E2, se determinó utilizando el coeficiente de impacto ambiental (EIQ). Este coeficiente considera propiedades físicas, químicas, aspectos relacionados con la ecotoxicología y efectos sobre la salud humana de cada uno de los plaguicidas en forma específica (Kovach *et al.*, 1992). En su determinación se considera el impacto de una aplicación sobre trabajadores rurales, consumidores y ambiente (suelo y agua). Stewart *et al.* (2011) clasifican el nivel de riesgo ambiental como muy bajo, bajo y medio a los valores EIQ de <5, <20 y <45 respectivamente.

Para su determinación se utilizó el método propuesto por Kovach *et al* (1992), que calcula EIQ de campo a partir del índice EIQ de cada herbicida, la dosis, el número de aplicaciones y el porcentaje de ingrediente activo, como se muestra a continuación:

$$\text{EIQ de campo} = \text{EIQ} * \text{Porcentaje de ingrediente activo} * \text{Dosis} * \text{N}^{\circ} \text{ de aplicaciones}$$

El índice EIQ considerado para cada herbicida fue tomado de la lista de ingredientes activos de pesticidas (<https://nysipm.cornell.edu/eiq/list-pesticide-active-ingredient-eiq-values/> de Cornell University). Para evaluar los niveles de impacto ambiental, se utilizó la escala propuesta por Stewart *et al.* (2011).

2.2.4. RENDIMIENTO DE CULTIVOS ESTIVALES

En E1, el rendimiento de maíz se determinó cosechando dos surcos centrales de cada unidad experimental. Los granos se pesaron y se ajustó la humedad del grano al 14.5%. En E2, el rendimiento en soja fue determinado utilizando el mismo método. El peso de granos se corrigió por humedad ajustando las muestras a 13.5 %. Los resultados de rendimiento se expresaron en kg ha^{-1} . Para evaluar el rendimiento de los cultivos según cada antecesor se realizó análisis de la varianza (ANAVA) mediante Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2008) considerando al efecto año como repetición.

3. RESULTADOS

3.1. POBLACIÓN DE MALEZAS

Todos los tratamientos analizados que incluyeron CC mostraron una reducción en la población de malezas con respecto al tratamiento barbecho sin CC. En E1, donde se analizó en una campaña la dinámica poblacional de *Amaranthus hybridus*, maleza predominante, se observó una disminución del 96% en VRSH respecto de BSH (Figura 3). Tanto en BCH como en VRCH, la utilización de glifosato disminuyó en más de 99% la población de *Amaranthus*.

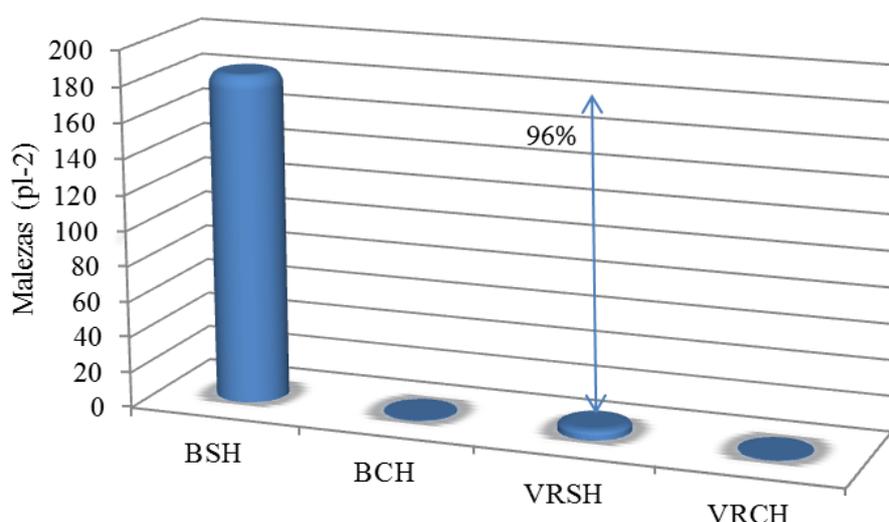


Figura 3: Presencia de *Amaranthus* en los antecesores barbecho (B) y vicia rolada (VR) con y sin aplicaciones de herbicidas.

En el análisis de E2, los CC presentaron valores significativamente menores de biomasa total de malezas (BTM), respecto de B ($p < 0.05$, Figura 4). Se observó una reducción en la BTM promedio de las tres campañas del 86%, asociada con la presencia del residuo del CC.

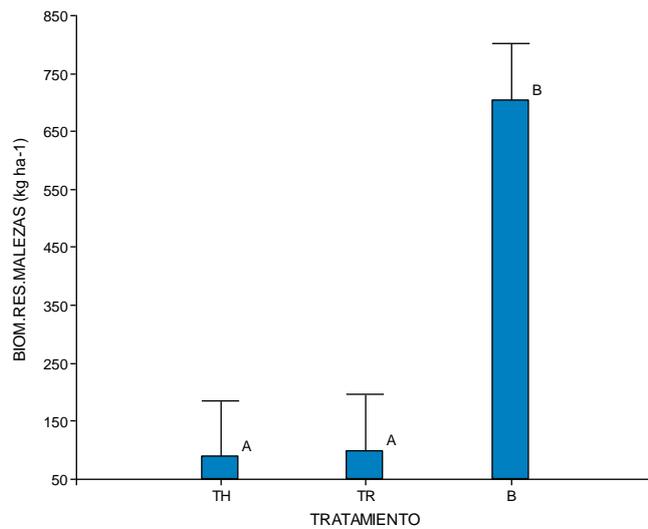


Figura 4. Biomasa total de malezas en tratamientos de cultivos de cobertura, Triticale + herbicida (TH), Triticale rolado (TR) y en situaciones de barbecho (B). Datos medios de tres campañas. Experimentos conducidos en Marcos Juárez, Córdoba. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$; Tabla A-1).

3.2. COSTOS DIRECTOS

En todos los experimentos, se advirtió un incremento en los costos directos debido a la inclusión de CC (Tabla 5). En E1, la incorporación de vicia como CC significó un incremento de 43 % (30 USD más) en los costos directos de las parcelas donde se utilizaron herbicidas (VRCH) y de 13% (9 USD más) donde no se emplearon (VRSH), respecto del tratamiento BCH (Tabla 5). No se incluye en el análisis al ensayo BSH (costo cero) ya que no es considerado una técnica de producción agrícola en la zona de estudio y solo se analiza con el fin de determinar la influencia de la vicia sobre las malezas, sin que exista ningún tipo de atenuante a su normal dinámica poblacional más que la presencia del CC.

En el análisis de los datos de E2, se observó un significativo incremento en los costos directos en aquellos ensayos que incluyeron CC (Tabla 6). El empleo de triticale motivó un alza de USD 94/ha en el costo directo, cuando se utilizó rolado como método de secado del CC y USD 96/ha cuando el secado se realizó mediante herbicidas, respecto de B (Tabla 6).

Tabla 5. Costos directos de control de malezas en sistemas de cultivos de cobertura y barbecho (BCH) en Experimento 1 (vicia-maíz). VRSH y VRCH, indican el tratamiento de vicia rolada sin y con herbicidas, respectivamente.

Tratamiento	Total U\$/ha	Incremento c/ respecto a testigo (%)	Insumo/Labor	Cantidad	Precio (U\$D)	Subtotal
BCH	69		Pulv. Terrestre	4	4.9	19.6
			Glifosato	6.2	7.8	48.36
			2.4 D 100%	0.24	6	1.44
VRSH	78	13	Siembra	1	36.2	36.2
			Rolado	1	12	12
			Semilla	15	2	30
VRCH	96	43	Siembra	1	36.2	36.2
			Rolado	1	12	12
			Pulv. Terrestre	1	4.9	4.9
			Semilla	15	2	30
			Glifosato	1.7	7.8	13.26

Tabla 6. Costos directos de control de malezas en sistemas de cultivos de cobertura (triticale-soja) y barbecho (B) en Experimento 2. TR y TH indican el tratamiento de triticale rolado y con herbicidas, respectivamente.

Tratamiento	Total U\$/ha	Incremento c/ respecto a testigo (%)	Insumo/Labor	Cantidad	Precio (U\$D)	Subtotal
B	61		Pulv. Terrestre	4	4.9	19.6
			Glifosato	4.86	7.8	37.908
			2.4 D 100%	0.5	6	3
TR	155	154	Siembra	1	36.2	36.2
			Rolado	1	12	12
			Pulv. Terrestre	1.66	4.9	8.134
			Semilla	80	0.3	24
			Urea	130	0.44	57.2
TH	157	157	Glifosato	2.23	7.8	17.394
			Siembra	1	36.2	36.2
			Pulv. Terrestre	2.66	4.9	13.034
			Semilla	80	0.3	24
			Urea	130	0.44	57.2
			Glifosato	3.39	7.8	26.442

3.3. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

En los tratamientos que incluyeron un CC en el programa de control de malezas se observaron reducciones en los valores de EIQ de campo de entre 32 % y 55 % en comparación con los métodos de barbecho químico tradicional. Como muestra la Figura 5, al considerar los niveles de riesgo ambiental propuestos por Stewart *et al.* (2011) se observa que los tratamientos que incluyen un CC se ubican en niveles de riesgo ambientales menores.

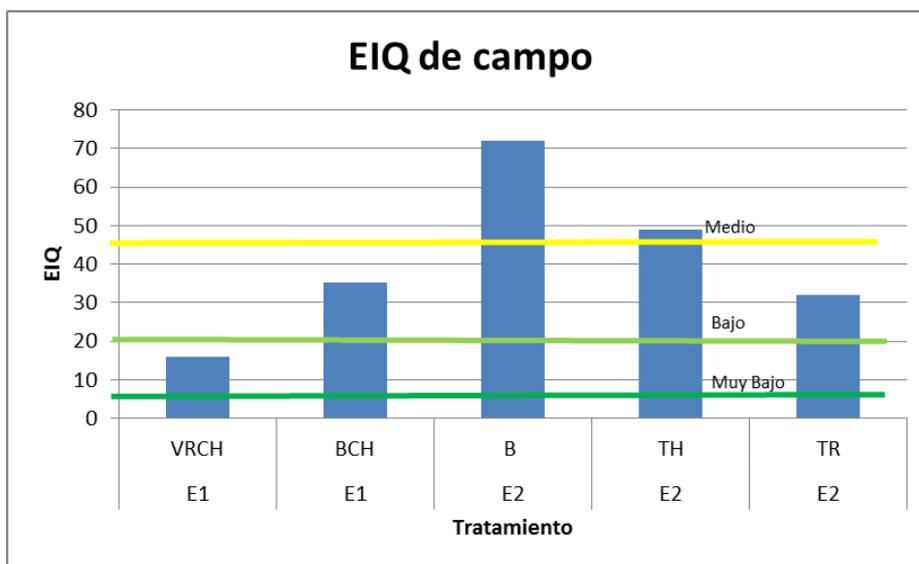


Figura 5. Coeficiente de impacto ambiental de campo (EIQ) en sistemas de cultivo de cobertura-cultivo estival. E1 (VCH y BCH, vicia o barbecho con herbicidas, respectivamente) y E2 (B, TH y TR indican barbecho, triticale con herbicidas o rolado, respectivamente) refieren a sistema vicia-maíz, y triticale-soja, respectivamente. Las líneas horizontales indican los diferentes niveles propuestos por Stewart *et al.* (2011).

3.4. RENDIMIENTO

En la Figuras 6 y 7 se muestran los rendimientos obtenidos para cada cultivo en los diferentes experimentos y tratamientos. En E1, los rendimientos de maíz presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$, Figura 6; Tabla A-2). En los tratamientos en los que se usaron herbicidas, el maíz tendió a exhibir un rendimiento superior sobre antecesor Vicia, aún cuando se hicieron menos aplicaciones de herbicidas

que barbecho. En E2, no se observaron diferencias significativas ($p>0.05$, Figura 7; Tabla A-3) en el rendimiento de soja por introducir un CC como antecesor. A pesar de la elevada producción de MS del CC, el rendimiento del cultivo de soja no fue afectado negativamente (datos no mostrados).

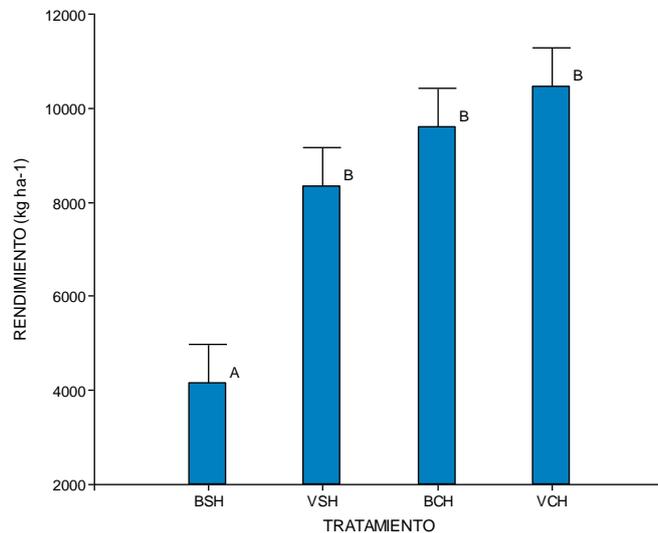


Figura 6. Rendimientos medios de maíz durante tres campañas en experimentos para valorar antecesores barbecho (BSH y BCH, sin y con herbicida, respectivamente) y vicia (VSH y VCH sin y con aplicación de herbicidas, respectivamente).

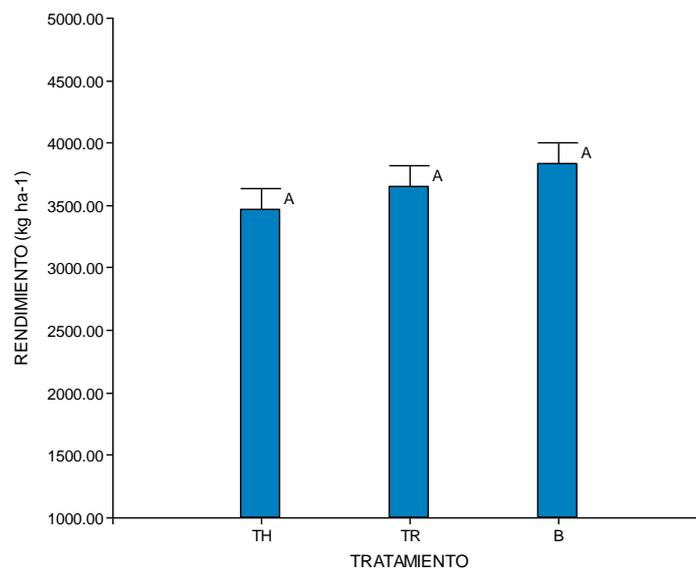


Figura 7. Rendimientos medios de soja durante tres campañas en tratamientos con antecesor barbecho (B), triticale rolado (TR) y triticale seco con herbicida (TH).

4. DISCUSION

La utilización de Vicia como CC invernala antecesor a la siembra de maíz permitió controlar la emergencia de malezas y reducir la aplicación de herbicidas. Dichos resultados están directamente asociados con la capacidad de los CC de producir un volumen de biomasa adecuado para reducir la densidad y biomasa de la población de malezas. Se observó una reducción de 96% en la población de *Amaranthus hybridus L.* cuando se comparó con un testigo barbecho sin utilización de herbicidas. En este sentido, Gereis y Sanchez (2017) obtuvieron resultados similares trabajando con Vicia en Santa Rosa, La Pampa. Dichos autores encontraron que la presencia de CC ejerció un control de malezas eficiente hasta el momento de siembra del cultivo estival, prescindiendo del uso de herbicidas. Baigorria y Cazorla (2010), trabajando con *Vicia Villosa* como antecesor de maíz en Marcos Juárez reportaron una disminución de alrededor del 80% en la población de malezas.

La implantación de Triticale invernala previo a la siembra de soja permitió reducir la BTM en un 86%, disminuyendo el empleo de herbicidas, especialmente cuando la interrupción del ciclo del CC se realizó a través de rolado. Baigorria *et al.* (2012), en Marcos Juárez, observaron nula presencia de malezas en un cultivo de triticale como antecesor de soja, durante su etapa de crecimiento hasta el rolado, y reducciones de 27% en la biomasa total de malezas a la cosecha de soja. Reddy (2003), con producciones de 9480 kg MS ha⁻¹ de centeno, implantado como antecesor del cultivo de soja, advierte esta alternativa como una herramienta para eliminar la aplicación de herbicidas de presiembra y preemergencia o realizarlas solo en postemergencia en caso de ser necesarias.

Los costos directos para el control de malezas se incrementaron por la inclusión de CC. El empleo de Vicia como antecesor de maíz implicó un aumento de 13 % para VRSH y 43 % en VRCH, respecto de BCH. En E2, la utilización de triticale implicó un incremento de hasta 157 % en los costos directos para control de malezas. Baigorria *et al.* (2012) trabajando con triticale como CC en la EEA INTA Marcos Juárez reportaron la misma tendencia, con incrementos que oscilaron entre 82 % y 140 %. Es importante tener en cuenta que es posible que algunas variables puedan ajustarse para hacer más accesible la práctica. Uno de los factores a considerar es la fertilización nitrogenada, responsable de aproximadamente el 40% del costo de implantación de triticale. Dicho

costo se podría disminuir teniendo en cuenta un objetivo de producción de MS y los niveles nutricionales de los suelos. Experimentos conducidos por Baigorria *et al.* (2019), reportaron producciones de triticale de 7.500 de MS, sin el uso de fertilizantes nitrogenados en la zona en Marcos Juárez. La siembra al voleo es otra alternativa que se adapta muy bien a este tipo de planteos con especies como triticale y que también puede contribuir a bajar costos.

El incremento sucesivo de especies de malezas con resistencia a herbicidas es otro factor importante a tener en cuenta al momento de considerar costos directos. Esta situación, presente hoy en la gran mayoría de los lotes en producción de agrícola de la zona de estudio, ocasiona un importante incremento en los costos de barbecho. En este sentido, Marzetti *et al.*, (2016) determinaron mediante encuestas que los costos para el control de malezas en soja en la zona núcleo ascienden a U\$D 61, mientras que si las situaciones presentan malezas resistentes, de difícil control, los costos se elevan a U\$D 127. Considerando estos valores, la inclusión de CC tendría costos similares a los de un barbecho químico.

La implantación de CC en el período de barbecho otoño invernal no afectó negativamente el rendimiento de los cultivos estivales sucesores. En E1, el rendimiento de maíz sobre antecesor vicia, cuando se utilizaron herbicidas, tendió a ser superior en un 10%. Si bien esta diferencia no fue estadísticamente significativa, se advierte una tendencia de mayor rendimiento en el cultivo de maíz con antecesor vicia. Al respecto Mc Vay *et al.*, (1989) no encontraron regresiones significativas entre el rendimiento de maíz y las dosis de fertilizante cuando el antecesor fue CC de leguminosa y de esta manera expresaron la falta de respuesta al fertilizante nitrogenado. Baldock *et al.*, (1981) dividieron el efecto total de los CC sobre el rendimiento de maíz en dos partes: el efecto rotación, que detectaron por la diferencia de rendimiento entre el CC y el testigo con la mayor dosis de N, atribuible a la mejora en la conservación del agua, la menor competencia de malezas y el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo; y el efecto del N, que hallaron por la diferencia de rendimiento entre el CC y el testigo, ambos sin el agregado de N.

En E2, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas de rendimiento entre los tratamientos. En Cañada de Gómez, Capurro *et al.*, 2010, reportaron resultados

similares al analizar durante las campañas 2006/2009 la inclusión de diferentes CC (trigo, avena sativa, avena sativa + vicia sativa y vicia sativa) durante el barbecho invernal previo a la siembra de soja. Dichos autores determinaron que la producción de MS de los CC y el rendimiento del cultivo de soja, estuvieron asociados a las precipitaciones y temperaturas de cada año y no a los tratamientos de cobertura evaluados, ya que el consumo de agua de los CC no fue limitante para la producción de granos de soja. Resultados similares fueron reportados por Baigorria *et al.*, (2019), quienes no encontraron diferencias significativas de rendimiento en soja por utilizar CC de centeno, triticale y vicia como antecesores, en Marcos Juárez.

El análisis de impacto ambiental reveló que aquellos tratamientos que incluyeron un CC en el programa de control de malezas, mostraron reducciones en los valores de EIQ de campo de entre 32 % y 55 % en comparación con los métodos de barbecho químico tradicional. Zorzín *et al.*, (2014) afirmaron que los CC permiten disminuir de manera significativa la utilización de herbicidas y tienen un impacto positivo en los valores de EIQ, sobre todo cuando se combina el secado de los mismos a través de la utilización mecánica del rolado. Marzetti *et al.* (2016), determinaron que el 51% del impacto en los valores de EIQ son causadas por los barbechos, largo y corto, con lo cual la inclusión de un CC tendría una incidencia directa en la reducción de EIQ al disminuir los valores de impacto ambiental en el período de barbecho invernal y en presiembra donde el volumen de residuo al interferir en el nacimiento de malezas, reduce la aplicación de herbicidas.

En la búsqueda de nuevos paradigmas, que permitan producir en armonía con el medio ambiente, mejorar la gestión y hacer un uso más sustentable de los recursos naturales, sin deteriorar los niveles productivos, los CC constituirían un excelente aliado de los sistemas agrícolas continuos de la región sudeste de la provincia de Córdoba. Los CC son además, una herramienta sustancial para incrementar la biodiversidad, la sustentabilidad, enriquecer el balance de carbono y reducir el impacto ambiental de los sistemas. Los CC también permiten el control de escorrentía y reducción de erosión, disminución de la evaporación, control de la temperatura, mejoramiento de la estructura física del suelo y la infiltración de agua, control de malezas y efectos de tipo biológicos como el incremento de la actividad de micro y macro organismos. Asimismo constituyen una opción para la producción de granos en sistemas de agricultura orgánica y zonas

periurbanas. En su conjunto, todos estos aspectos deberían ser considerados también a la hora de considerar el valor económico de esta práctica de manejo.

5. CONCLUSIONES

En este estudio, el análisis de los efectos de CC durante al menos tres campañas agrícolas y bajo distintas combinaciones de antecesor-cultivo estival (soja o maíz) permitió demostrar el efecto positivo para reducir la densidad y biomasa de la población de malezas invernales y estivales durante el período de barbecho previo a la siembra. Asimismo, se demostró que la inclusión de CC, sea tanto en sistemas para soja o maíz, no afectó el rendimiento en grano del cultivo estival. La utilización de esta técnica permitió disminuir la aplicación de herbicidas, derivando en una reducción del impacto ambiental (EIQ) de 32% y 55%. Sin embargo, implicó un importante incremento en los costos directos del control de malezas, al ser comparado con un barbecho tradicional de la zona de estudio. Nuevas estrategias de manejo de sistemas CC-cultivo estival son necesarias para mejorar la viabilidad económica de esta práctica de manejo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aapresid. Año 2012. Evolución de la superficie en siembra directa en Argentina. Campañas 1977/78 a 2010/2011.
- Baigorria, T.; Alvarez, C.; Cazorla, C.; Belluccini, P.; Aimetta, B.; Pegoraro, V.; Boccolini, M.; Conde, B.; Faggioli, V.; Ortiz, J.; Tuesca, D. 2016. Cultivos de cobertura: Una estrategia sustentable al manejo de malezas en sistemas de siembra directa. EEA INTA Marcos Juárez, AER INTA Gral. Pico, UNR Zavalla.
- Baigorria, T.; Álvarez, C.; Cazorla, C.; Belluccini, P.; Aimetta, B., Pegoraro, V.; Boccolini, M.; Conde, B.; Faggioli, V.; Ortiz, J.; Tuesca, D. 2014. Cultivos de cobertura: Impacto en el control de malezas y el rendimiento en soja y maíz. EEA INTA Marcos Juárez.
- Baigorria, T.; Álvarez, C.; Cazorla, C.; Belluccini, P.; Aimetta, B., Pegoraro, V.; Boccolini, M.; Conde, B.; Faggioli, V.; Ortiz, J.; Tuesca, D. 2019. Impacto ambiental y rolado de cultivos de cobertura en producción de soja bajo siembra directa. Revista Asociación Argentina Ciencia del Suelo 37 (2): 355-366.
- Baigorria, T.; Cazorla, C.; Santos, D.; Aimetta, B.; Belluccini, P. 2012. Efecto de triticale rolado como cultivo de cobertura en la supresión de malezas, rendimiento y margen bruto de soja. EEA INTA Marcos Juárez. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/efecto_de_triticale_x_triticosecale_wittmack_rolado_como_cultivo_de_cobertura.pdf.
- Berhongaray, G.; De Luca, P.; Selva, V.; Righi, D. Año 2015. Recuperación de daño fitotóxico sobre el rendimiento causado por herbicidas: resultados de primeras pruebas en soja. XXII Congreso de la ALAM I Congreso de la ASACIM. Disponible en [https://fisiologiavegetal.es/wp-content/uploads/2018/04/Recuperaci%
c3%b3n-de-da%
c3%b1o-fitot%
c3%b3xico-sobre-el-rendimiento-causado-por-herbicidas.-Resultados-de-primeras-pruebas-en-soja-SAR_17.01.18.pdf](https://fisiologiavegetal.es/wp-content/uploads/2018/04/Recuperaci%c3%b3n-de-da%c3%b1o-fitot%c3%b3xico-sobre-el-rendimiento-causado-por-herbicidas.-Resultados-de-primeras-pruebas-en-soja-SAR_17.01.18.pdf)
- Baldock, J.O., Higgs, R.L., Paulson, W.H., Jackobs, J.A., Shrader, W. 1981. Legume and mineral N effects on crop yields in several crop sequences in the upper Mississippi valley. *Agronomy Journal*. 73: 887-890.
- Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. 2019. Manejando malezas con cultivos de cobertura: una alternativa tecnológica para disminuir el uso de herbicidas. *Revista de Tecnología Agropecuaria RTA* 10 (39): 51-55.
- Capurro, J.; Dickie, M.; Surjack, J.; Monti, J.; Ninfi, D.; Zazzarini, A.; Tosi, E.; Andriani, J. y Gonzales, M. 2010. Cultivos de cobertura en el sur de la provincia de Santa Fé. Ministerio de Agroindustria de la nación. Disponible en <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta->

cultivos_de_cobertura_en_el_sur_de_la_provincia_de_santa_fe_-_capurro_y_otros_0.pdf.

- Carfagno, P.; Eiza, M.; Quiroga, A.; Babinec, F.; Chagas, C. y Michelena, R. 2008. Agua disponible en monocultivo de soja con cultivos de cobertura y barbechos reducidos en la región semiárida y subhúmeda pampeana. *Revista Ciencia del Suelo* 31 (1): 67-81.
- Cazorla, C.; Baigorria, T.; Alvares, C.; Belluccini, P.; Aimetta, B.; Pegoraro, V.; Ocolini, M.; Conde, B.; Faggioli, V.; Ortiz, J. y Tiesca, D. 2015. Análisis temporal de métodos de secado en cultivos de cobertura: Dinámica del agua y las malezas. *Actas XXV Congreso Argentino de Ciencia del Suelo*. Río Cuarto, Argentina.
- Cazorla, C.; Baigorria, T. 2010. Antecesoros de maíz: barbecho o cultivos de cobertura?. EEA Marcos Juárez. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-antecesoros_de_maz.pdf.
- Cazorla, C.; Baigorria, T.; Santos, D.; Pegoraro, V.; Ortiz, J. 2009. Evaluación de especies como cultivo de cobertura en sistemas agrícolas puros en siembra directa. En *Actualización Técnica de Maíz y Sorgo*, Ed. INTA.
- Cornell University. EIQ. A Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides. http://www.nysipm.cornell.edu/publications/eiq/files/EIQ_values_2012herb.pdf.
- Creamer, N.; Bennett, M.; Stinner, B.; Cardina, J. and Regnier, E. 1996. Mechanisms of weed suppression in cover crop-based production systems. *HortScience* 31(3): 410-413.
- Delfino, P.; Dell Inocenti, F. y Moreno, S. 2014. Alternativas para el manejo de malezas tolerantes durante el barbecho invernal en la región centro-norte de la provincia de Córdoba. Trabajo Final Área Consolidación. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de ciencias agropecuarias.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, S., Balzarini, M., Gonzales, L., Tablada, M., Robledo, C. 2008. Infostat, versión 2008. Grupo Infostat, UNC.
- Erenstein, O. 2002. Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: An evaluation of residue availability and other technological implications. *Soil and Tillage Research*, 67 (2): 115-133.
- Fernández-Quintanilla, C.; García Torres, L. 1989. Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Servicio de Extensión Agraria/Mundi Prensa.
- Fernández, O. 1982. Manejo integrado de malezas. Simposio “Manejo Integrado de Plantas Daninhas” XIV Congreso Brasileiro de Herbicidas e Ervas Daninhas e VI Congreso Latino-americano de Malezas, Campinas, SP. *Planta Daninha* 5 (2): 69-79.

- Fernández, R.; Quiroga, A.; Noellemeyer, E. 2012. Cultivos de cobertura. ¿Una alternativa viable para la región semiárida pampeana?. Revista Asociación Argentina Ciencia del Suelo (AACS) 30 (2): 137-150.
- Fernández, R.; Quiroga, A.; Noellemeyer, E.; Saks, M.; Arenas, F. y Antonini, C. 2008. Inclusión de cultivos de cobertura en sistemas de producción de la Región Semiárida Pampeana. pp: 70-88. In: Manual de fertilidad y evaluación de suelos.
- Fisk, J.; Hesterman, O.; Shrestha, A.; Kells, J.; Harwood, R.; Squire, J. and Sheaffer, C. 2001. Weed Suppression by Annual Legume Cover Crops in No-Tillage Corn. *Agronomy Journal*. 93 (2): 319-325.
- Gereis, R. y Sanchez, E. 2017. Cultivos de cobertura de vicia y centeno como antecesores de maíz de fecha de siembra tardía: efecto de la fecha de quemado sobre la producción de biomasa, control de malezas y aporte de nitrógeno. UNLPAM. *Semiárida*, 30 (2): 81.
- Guglielmini, A.; Batalla, D y Benech Arnold, R. 2003. Bases para el control y manejo de malezas. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Facultad de Agronomía, 581-614. UBA (ed.).
- Harlan, J. R., De Wet, J. 1965. Some thoughts about weeds. *Economic Botany*, 19: 16-24.
- Hoyt, G.; Waggoner, M.; Crozier, C.; Ranells, N. 2004. Soil Facts: Winter Annual Cover Crops. North Carolina Cooperative Extension Service, North Carolina, 9 p.
- Kovach, J.; Petzoldt, C.; Degni, J.; Tette, J. 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. *New York's Food and Life Sciences Bulletin* No. 139, Cornell Univ., Ithaca
- Lardone, A.; Barraco, M. 2010. Temperatura y contenido hídrico superficial del suelo bajo diferentes niveles de cobertura. In Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo; abril de 2012. Mar del Plata, Buenos Aires. AR. Disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/temperatura-y-contenido-hidrico-superficial-del-suelo-bajo-diferentes-niveles-de-cobertura>.
- Liebman, M. & Davis, A. 2000. Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *Weed research*, 40 (1): 27-47. Iowa State University, USA.
- Martínez, J. P.; Barbieri, P. A.; Sainz Rosas, H. R.; Echeverría, H. E. 2013. Incorporación de cultivos de cobertura previos a soja en sudeste bonaerense. *Revista Informaciones agronómicas de Hispanoamérica* 10: 21-25.

- Marzetti, M.; Coppioli, A.; Bertolotto, M. REM 2016. Impacto ambiental de las malezas resistentes y tolerantes. AAPRESID. <https://www.aapresid.org.ar/rem/impacto-ambiental-de-lasmalezas-resistentes-y-tolerantes>.
- Mc Vay, K.A., Radcliffe, D.E., Hargrove, W.L. 1989. Winter legume effects on soil properties and nitrogen fertilizer requirements. Soil science society of america journal. Volume 53 (6): 1856-1862.
- Mirsky, S.; Curran, W.; Mortensen, D.; Ryan, R.; Shumway, D. 2009. Agronomy Journal 101: 1589-1596.
- Munawar, A; Blevins, R.L.; Frye, W.W.; Saul, M.R. 1990. Tillage and Cover Crop Management for Soil Water Conservation. Agronomy Journal 82 (4): 773-777.
- Pound, Barry. 1997. Cultivos de cobertura para la agricultura sostenible en América Latina. Natural Resources Institute, Chatham, Kent ME4 4TB, Reino Unido. Informe Taller regional Latinoamericano, Universidad Autónoma de Yucatán, México. Disponible en <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/agrofor1/Pound7.htm>.
- Pampas Group. 2013. Informe: Mercado de agroquímicos en Argentina.
- Reddy, K. 2003. Impact of Rye Cover Crop and Herbicides on Weeds, Yield and Net Return in Narrow-Row Transgenic and Conventional Soybean (Glycine Max). Weed Technology 17 (1): 28-35.
- Reicosky, D. y Archer, D. 2005. Cuantificación agronómica del aumento de materia orgánica del suelo en siembra directa. XIII Congreso AAPRESID. Rosario, Sta. Fé.
- Reicosky, D. 2008. Carbon sequestration and environmental benefits from No-till systems. No-till farming systems. Special publication 3 (2008): 43-58.
- Rimsky Korsakov, H.; Alvarez, C., and Lavado, R. 2015. Cover crops in the agricultural systems of the Argentine Pampas. Journal of soil and water conservation 70 (6): 134A-140A.
- Scianca, C.; Álvarez, C.; Barraco, M.; Pérez, M.; Quiroga, 2008. Impacto de diferentes coberturas invernales sobre propiedades edáficas, población de malezas y productividad de soja. Memoria Técnica EEA INTA Gral. Villegas.
- SAGPyA. 2012. Informe anual. www.agroindustria.gob.ar.
- SENASA. Malezas resistentes, 2016. www.senasa.gob.ar.
- Stewart, C.; Nurse, R.; Van Eerd, L.; Vyn, R. 2011. Weed Control, Environmental Impact, and Economics of Weed Management Strategies in Glyphosate-Resistant Soybean. Weed Technology 25 (4): 535-541.

- Teasdale, I.; Devine, T.; Mosjidis, J.; Bellinder R.; Beste, C. 2004. Growth and development of hairy vetch cultivars in the Northeastern United States as influenced by planting and harvesting date. *Agronomy Journal* 92: 1266-1271.
- Teasdale, J. and Mohler, C. 1993. Light Transmittance, Soil Temperature, and Soil Moisture under Residue of Hairy Vetch and Rye. *Agronomy Journal* 85 (3): 673-680.
- Unger, P. and Vigil, M. 1998. Cover crop effects on soil water relationships. *Journal of soil and water conservation* 53 (3): 200-207.
- Zadoks, J. C.; Chang, T. T.; Konzac, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed research* 14, 415-421.
- Zorzín, J.L.; Buffa, J.F. 2018. Estrategias en el control de malezas en el cultivo de soja. Soja. Informe de actualización técnica N° 12. INTA Marcos Juárez.
- Zorzín, J.L.; Cazorla, C.R.; Baigorria, T.; Santos Sbuscio, D.; Pegoraro, V.; Belluccini, P. 2014. Alternativas más sustentables de barbechos invernales: trigo y cultivos de cobertura. *Revista técnica AAPRESID*. <https://www.aapresid.org.ar/blog/revista-tecnica-cultivosinvernales-2015/>.

ANEXO

Tabla A-1. Análisis de la varianza para biomasa de malezas en tratamientos de cultivos de cobertura, Triticale + herbicida (TH), Triticale rolado (TR) y en situaciones de barbecho (B).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
BIOM.RES.MALEZAS	9	0.90	0.80	56.58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1023163.15	4	255790.79	9.05	0.0277
TRATAMIENTO	745670.44	2	372835.22	13.19	0.0173
CAMPAÑA	277492.71	2	138746.35	4.91	0.0838
Error	113050.23	4	28262.56		
Total	1136213.38	8			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=381.10891

Error: 28262.5578 gl: 4

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
TH	88.33	3	97.06 A
TR	98.93	3	97.06 A
B	704.17	3	97.06 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=381.10891

Error: 28262.5578 gl: 4

CAMPAÑA	Medias	n	E.E.
2012/2013	172.07	3	97.06 A
2014/2015	173.90	3	97.06 A
2013/2014	545.47	3	97.06 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla A-2 Análisis de la varianza para rendimientos de maíz durante tres campañas en experimentos para valorar antecesores barbecho (BSH y BCH, sin y con herbicida, respectivamente) y vicia (VSH y VCH sin y con aplicación de herbicidas, respectivamente).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO	12	0.87	0.76	17.58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	79919698.75	5	15983939.75	7.81	0.0132
CAMPAÑA	9762453.17	2	4881226.58	2.38	0.1729
TRATAMIENTO	70157245.58	3	23385748.53	11.43	0.0068
Error	12280492.17	6	2046748.69		
Total	92200190.92	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2475.34363

Error: 2046748.6944 gl: 6

CAMPAÑA	Medias	n	E.E.
14/15	7184.00	4	715.32 A
15/16	7881.50	4	715.32 A
16/17	9348.25	4	715.32 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2858.28062

Error: 2046748.6944 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
BSH	4160.00	3	825.98 A
VSH	8333.33	3	825.98 B
BCH	9599.00	3	825.98 B
VCH	10459.33	3	825.98 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla A-3. Análisis de la varianza para el rendimiento de soja durante tres campañas en tratamientos con antecesor barbecho (B), triticale rolado (TR) y triticale secado con herbicida (TH).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO	9	0.75	0.49	7.92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	981302.32	4	245325.58	2.94	0.1608
CAMPAÑA	779813.70	2	389906.85	4.67	0.0900
TRATAMIENTO	201488.62	2	100744.31	1.21	0.3892
Error	334136.72	4	83534.18		
Total	1315439.04	8			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=655.20240

Error: 83534.1798 gl: 4

CAMPAÑA	Medias	n	E.E.
2012/2013	3355.89	3	166.87 A
2014/2015	3539.67	3	166.87 A B
2013/2014	4051.58	3	166.87 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=655.20240

Error: 83534.1798 gl: 4

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
TH	3464.29	3	166.87 A
TR	3652.10	3	166.87 A
B	3830.76	3	166.87 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)