

**Biblioteca Central "Vicerrector Ricardo A. Podestá"**  
Repositorio Institucional

**Evaluación de diferentes alternativas de  
manejo de suelo durante el invierno y su  
impacto sobre malezas, contenido de agua,  
disponibilidad de nitrógeno y el rendimiento  
de maíz tardío (*Zea mays*, L.)**

---

---

Año  
2018

Autoras  
Beltrami, Jennifer B. y Cura, Luciana N.

Directores de tesis  
Ustarroz, Diego y Alvarez, Carolina

Este documento está disponible para su consulta y descarga en el portal on line de la Biblioteca Central "Vicerrector Ricardo Alberto Podestá", en el Repositorio Institucional de la **Universidad Nacional de Villa María**.

**CITA SUGERIDA**

Beltrami, J. B. y Cura, L. N. (2018). *Evaluación de diferentes alternativas de manejo de suelo durante el invierno y su impacto sobre malezas, contenido de agua, disponibilidad de nitrógeno y el rendimiento de maíz tardío (*Zea mays*, L.)*. Villa María: Universidad Nacional de Villa María



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

EVALUACIÓN DE DIFERENTES ALTERNATIVAS DE MANEJO  
DE SUELO DURANTE EL INVIERNO Y SU IMPACTO SOBRE  
MALEZAS, CONTENIDO DE AGUA, DISPONIBILIDAD DE  
NITRÓGENO Y EL RENDIMIENTO DE MAÍZ TARDÍO (*Zea  
mays*, L.)

# Universidad Nacional de Villa María

## IAP Ciencias Básicas y Aplicadas

Título del Trabajo Final de Grado: EVALUACIÓN DE DIFERENTES ALTERNATIVAS DE MANEJO DE SUELO DURANTE EL INVIERNO Y SU IMPACTO SOBRE MALEZAS, CONTENIDO DE AGUA, DISPONIBILIDAD DE NITRÓGENO Y EL RENDIMIENTO DE MAÍZ TARDÍO (*Zea mays*, L.).

Autores: Jennifer B. Beltrami, Luciana N. Cura

Director: Ing. Agr. (MSc) Diego Ustarroz

Co-Director: Ing. Agr. (MSc) Carolina Alvarez

***Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Tribunal evaluador*** (Art. Nº 15, Res. Nº 48/2000 del Consejo Superior)

_____	_____
<b>Nombre y apellido</b>	<b>Firma</b>
_____	_____
<b>Nombre y apellido</b>	<b>Firma</b>
_____	_____
<b>Nombre y apellido</b>	<b>Firma</b>

***Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Asesor*** (Art. Nº 2, Res. 77/2006 del Consejo Directivo IAP Ciencias Básicas y Aplicadas)

_____	_____
<b>Nombre y apellido</b>	<b>Firma</b>

**Lugar y fecha de aprobación:**

**Universidad Nacional de Villa María**

**Instituto A. P. Ciencias Básicas y Aplicadas**

**Trabajo Final de Grado para optar al título de  
Ingeniero Agrónomo**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES ALTERNATIVAS DE MANEJO  
DE SUELO DURANTE EL INVIERNO Y SU IMPACTO SOBRE  
MALEZAS, CONTENIDO DE AGUA, DISPONIBILIDAD DE  
NITRÓGENO Y EL RENDIMIENTO DE MAÍZ TARDÍO (*Zea  
mays*, L.)**

**AUTORES**

Jennifer B. Beltrami

Luciana N. Cura

**DIRECTOR**

Ing. Agr. (MSc) Diego Ustarroz

**CO-DIRECTOR**

Ing. Agr. (MSc) Carolina Alvarez

Villa María - Córdoba  
Noviembre 2018

## **DEDICATORIA**

La presente investigación está dedicada a nuestros familiares, padres y hermanos, por el apoyo incondicional que hemos recibido en el transcurso de esta carrera y a nuestros amigos, necesarios aliados.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a nuestro Director Ing. Agr. (MSc) Diego Ustarroz y Codirectora Ing. Agr. (MSc) Carolina Alvarez por guiarnos en el arduo trabajo de la realización de este TFG.

A los Técnicos de laboratorio Sebastián Salas y Ulises Gonzales por la enseñanza y paciencia en su lugar de trabajo.

A la Estación Experimental INTA Manfredi por abrirnos las puertas de su institución.

## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	3
2.1. Generalidades de los cultivos de cobertura.....	3
2.2. Especies utilizadas como cultivo de cobertura .....	4
2.3. Importancia de los cultivos de cobertura en la supresión de malezas.. .....	5
2.4. Importancia de los cultivos de cobertura sobre el contenido de nitrógeno en el suelo .....	7
2.5. Influencia de los cultivos de cobertura sobre el contenido hídrico del suelo.....	8
2.6. Efecto de los cultivos de cobertura sobre el rendimiento del cultivo de renta posterior .....	9
<b>3. HIPÓTESIS</b> .....	11
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	12
4.1. Objetivo General .....	12
4.2. Objetivos Específicos.....	12
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	13
5.1. Sitio de estudio .....	13
5.2. Caracterización climática .....	13
5.3. Caracterización Edáfica .....	14
5.4. Diseño experimental .....	14
5.5. Descripción del ensayo.....	15
5.6. Determinaciones .....	16
5.6.1. Contenido de agua en el suelo.....	16
5.6.2. Biomasa de cultivos de cobertura y maíz.....	18
5.6.3. Contenido de nitrógeno en suelo y planta de cultivo de cobertura y maíz... .....	18
5.6.4. Stand de plantas del cultivo de cobertura .....	18
5.6.5. Presencia de malezas .....	18
5.6.6. Rendimiento de maíz .....	19
5.7. Análisis estadístico .....	19
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	21
6.1. Producción de biomasa y eficiencia de uso del agua de los cultivos de cobertura .....	21
6.2. Presencia de malezas.....	22

6.3.	Contenido de agua en el suelo .....	26
6.4.	Contenido de nitrógeno en suelo .....	30
6.5.	Contenido de nitrógeno en planta.....	33
6.6.	Rendimiento de maíz .....	34
7.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	36
8.	<b>CONSIDERACIONES FINALES</b> .....	37
9.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	38
10.	<b>ANEXO</b> .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Aplicaciones de herbicidas realizadas desde el inicio del ensayo hasta la finalización de los cultivos de cobertura. ....	16
<b>Tabla 2.</b> Biomasa, consumo y eficiencia de uso del agua de los cultivos de cobertura.....	21
<b>Tabla 3.</b> Aplicaciones herbicidas realizadas desde el secado de los CC hasta la siembra del cultivo de maíz.....	23
<b>Tabla 4.</b> Biomasa de malezas otoño-invernales en el muestreo del 23/08/16. ....	24
<b>Tabla 5.</b> Frecuencia y Densidad de malezas primavera-estivales presentes en el muestreo del 10/11/16. ....	26
<b>Tabla 6.</b> Frecuencia y Densidad de malezas primavera-estivales presentes en el muestreo del 15/12/16. ....	26
<b>Tabla 7.</b> Agua útil (mm) hasta los 2 m de profundidad del suelo en parcelas con CC y B en diferentes instancias de evaluación. ....	28
<b>Tabla 8.</b> Agua útil a los 2 m de profundidad en madurez fisiológica del maíz, en parcelas con CC y B y con o sin fertilización. ....	29
<b>Tabla 9.</b> Contenido de N-Nitratos ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) hasta los 40 cm de profundidad en los momentos de siembra de CC, secado de CC y siembra de maíz. ....	31
<b>Tabla 10.</b> Contenido de N-Nitratos ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) hasta los 40 cm de profundidad en madurez fisiológica del maíz en condición de fertilización y no. ....	32
<b>Tabla 11.</b> Producción de materia seca ( $\text{g m}^{-2}$ ) del CC y absorción de nitrógeno ( $\text{g N m}^{-2}$ ) antes del secado del mismo.....	33
<b>Tabla 12.</b> Contenido de N en planta entera de maíz en floración (09/03/17) según tratamientos. ....	33
<b>Tabla 13.</b> Contenido de N en planta entera de maíz en madurez fisiológica (17/05/17) según tratamientos. ....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación del ensayo en la EEA INTA Manfredi.....	13
<b>Figura 2.</b> Precipitaciones históricas (1931-2015) registradas en la EEA de INTA Manfredi.....	14
<b>Figura 3.</b> Disposición de las parcelas experimentales con los distintos tratamientos.....	15
<b>Figura 4.</b> Precipitaciones registradas durante el experimento en la EEA de INTA Manfredi.....	27
<b>Figura 5.</b> Contenido volumétrico de agua a la siembra del cultivo de cobertura (a), secado del cultivo de cobertura (b) y siembra del maíz (c).....	29
<b>Figura 6.</b> Contenido volumétrico de agua en madurez fisiológica de maíz sin fertilizante (a) y con fertilizante (b). ....	30
<b>Figura 7.</b> Contenido de N-Nitratos ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) hasta los 200 cm de profundidad en los momentos de siembra de los cultivos de cobertura (a), secado de los cultivos de cobertura (b) y siembra de maíz (c). ....	31
<b>Figura 8.</b> Contenido de N-Nitratos ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) hasta los 200 cm de profundidad en el suelo a madurez fisiológica del maíz sin fertilización (a) y con fertilización (b).....	32
<b>Figura 9.</b> Rendimiento del maíz según el manejo invernal: sin fertilización (a) y con fertilización (b).....	35

## LISTA DE ABREVIATURAS

**AD:** Agua disponible

**ANAVA:** Análisis de la varianza

**AU:** Agua útil

**B:** Barbecho

**CF:** Con fertilización

**C/N:** Relación Carbono-Nitrógeno

**CC:** Cultivos de Cobertura

**CH:** Costo hídrico

**CMP:** Capacidad de marchitez permanente

**EEA:** Estación experimental agropecuaria

**EUA:** Eficiencia en el uso del agua

**MF:** Madurez fisiológica

**MO:** Materia Orgánica

**MS:** Materia Seca

**Nm:** Nitrógeno mineral

**SD:** Siembra directa

**SF:** Sin fertilización

**V:** Vicia

**V+T:** *V. villosa* +Triticale

# EVALUACIÓN DE DIFERENTES ALTERNATIVAS DE MANEJO DE SUELO DURANTE EL INVIERNO Y SU IMPACTO SOBRE MALEZAS, CONTENIDO DE AGUA, DISPONIBILIDAD DE NITRÓGENO Y EL RENDIMIENTO DE MAÍZ TARDÍO (*Zea mays*, L.)

**Autores:** Jennifer B. Beltrami, Luciana N. Cura

**Director:** Ing. Agr. (MSc) Diego Ustarroz

**Co-Director:** Ing. Agr. (MSc) Carolina Alvarez

## RESUMEN

Teniendo en cuenta el proceso de agriculturización a lo largo de los años y la escasa intensificación de los sistemas, con períodos largos de barbecho, es necesario incorporar prácticas que permitan producir de manera sustentable y sostenible en el tiempo. Una opción para afrontar esta problemática es la incorporación de cultivos de cobertura (CC) durante el período invernal aprovechando sus beneficios y mejorando la eficiencia de los sistemas agrícolas actuales. El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes alternativas de manejo de suelo durante el invierno y su impacto sobre malezas, contenido de agua, disponibilidad de nitrógeno y el rendimiento de maíz tardío (*Zea mays*, L.). El experimento se realizó en la EEA INTA Manfredi. Los tratamientos evaluados fueron: *Vicia villosa* (V), *V. villosa* + triticale (V+T) y Barbecho (B). Luego de la siembra del maíz el ensayo se dividió en dos, ya que se realizó fertilización solo a la mitad del mismo, quedando establecidos dos niveles de nitrógeno (0 y 99 kg N ha<sup>-1</sup>). El tratamiento V+T logró la mayor supresión de malezas en general. *Vicia villosa* permitió la implantación y crecimiento de malezas de ciclo otoño-invernal y tuvo una supresión parcial de las de ciclo primavera estival. Los CC redujeron el agua útil (AU) al momento del secado con respecto a B, sin embargo, estas diferencias se redujeron a la siembra de maíz, no habiendo diferencias en madurez fisiológica (MF) del cultivo. El rendimiento del maíz no presentó diferencias significativa entre los diferentes manejos invernales, tanto en maíz fertilizado como no fertilizado.

**Palabras clave:** Cultivo de cobertura, maíz tardío, malezas, nitrógeno, agua útil.

# EVALUATION OF DIFFERENT ALTERNATIVES OF SOIL MANAGEMENT DURING THE WINTER AND ITS IMPACT ON WEEDS, WATER CONTENT, NITROGEN AVAILABILITY AND THE YIELD OF LATE CORN (*Zea mays*, L.)

**Authors:** Jennifer B. Beltrami, Luciana N. Cura

**Director:** Ing. Agr. (MSc) Diego Ustarroz

**Co-Director:** Ing. Agr. (MSc) Carolina Alvarez

## ABSTRACT

Having into account the agriculturalization process throughout the years and the scarce intensification of the systems with long periods of fallow, it is necessary to incorporate practices that allow us producing in a sustainable manner in time. An alternative to face up these difficulties is the incorporation of cover crops (CC) during the winter period, taking advantage of its benefits and improving the efficiency of the current agricultural systems. The purpose of this work was to evaluate different possibilities of soil management during winter and their impact on weeds, water content, nitrogen availability, and late corn productivity (*Zea mays*, L.). The experiment was carried out in EEA INTA Manfredi. The treatments assessed were: *Vicia villosa* (V), *V. villosa* + triticale (V+T) and Fallow (B). After the corn sowing, the trial was divided into two as the fertilization was made only in the half of it, therefore, two nitrogen levels were established (0 y 99 kg N ha<sup>-1</sup>). The treatment V+T reached the higher weed suppression in general. *Vicia villosa* permitted the implantation and growth of weeds in the autumn-winter cycle, and it had a partial suppression from those in the summer-spring cycle. The CC reduced the useful water (AU) at the time of drying compared to B, however, these dissimilarities were reduced to the corn sowing so there were not differences in physiological maturity (MF) of the crop. The corn production did not present statistical changes among the various winter management, both in fertilized corn and non-fertilized corn.

**Key words:** Cover crop, late corn, weeds, nitrogen, useful water.

# **EVALUACIÓN DE DIFERENTES ALTERNATIVAS DE MANEJO DE SUELO DURANTE EL INVIERNO Y SU IMPACTO SOBRE MALEZAS, CONTENIDO DE AGUA, DISPONIBILIDAD DE NITRÓGENO Y EL RENDIMIENTO DE MAÍZ TARDÍO (*Zea mays*, L.)**

**Autores: Jennifer B. Beltrami, Luciana N. Cura**

**Director: Ing. Agr. (MSc) Diego Ustarroz**

**Co-Director: Ing. Agr. (MSc) Carolina Alvarez**

## **1. INTRODUCCIÓN**

En los sistemas de producción de la región central de Córdoba durante los últimos treinta años han ocurrido importantes cambios en el uso del suelo dedicada a la agricultura. Dichos cambios se caracterizaron por un creciente predominio del cultivo de *Glycine max* (soja) en reemplazo de otros como *Sorghum spp.* (sorgo), *Zea mays* (maíz) y *Arachis hypogaea* (maní), y la implementación de sistemas conservacionistas dentro de los cuales el sistema de siembra directa (SD) es el de mayor adopción en la región (Martellotto *et al.*, 2001).

En SD, el control de malezas se realiza con herbicidas. El excesivo uso de éstos, sobre todo glifosato en cultivares de soja transgénica resistentes al mismo, ha generado una alta presión de selección en la comunidad de malezas, incrementándose las especies con mayor grado de tolerancia o resistencia a los mismos (Rodríguez, 2004; Heap, 2017; REM, 2017). Por la dificultad en su control e incremento en los costos de producción, las malezas se han convertido en uno de los principales problemas de la agricultura extensiva en Argentina. En éste contexto es necesario realizar un manejo integrado de malezas, reduciendo al mínimo posible el uso de herbicidas. Para ello es necesario mantener la mayor proporción del año los lotes con cultivos que reduzcan los nacimientos de malezas y compitan con las mismas.

En los últimos años, la siembra del cultivo de maíz en la región central de Córdoba se ha retrasado de septiembre–octubre a diciembre, con la finalidad de evitar el crecimiento del cultivo durante la primavera en donde

las lluvias tienen una alta variabilidad interanual (De la Casa y Ovando, 2006). Esto genera un largo período de barbecho, durante el cual se deben realizar varias aplicaciones de herbicidas, incrementándose el costo de los insumos y favoreciendo la evolución de malezas resistentes debido a la alta presión de selección ejercida (INTA, 2017).

Los cultivos de cobertura (CC) son especies vegetales establecidas entre dos cultivos de renta, no son pastoreados, incorporados, ni cosechados, quedando en superficie protegiendo el suelo (Zotarelli *et al.*, 2009). Su inclusión como antecesores de un cultivo de maíz de siembra tardía, podría ser una buena alternativa de manejo tendiente a reducir las poblaciones de malezas y el número de aplicaciones de herbicidas. Muchos trabajos han demostrado la reducción de malezas que producen los CC (Webster *et al.*, 2013; Baigorria *et al.*, 2015a; Baigorria *et al.*, 2015b; Cazorla *et al.*, 2010) y en algunos casos del número de aplicaciones de herbicidas (Baigorria *et al.*, 2012a).

Si bien los CC tienen muchos beneficios para el sistema productivo, éstos pueden afectar la disponibilidad de agua y nutrientes para el cultivo siguiente, debido al consumo de los mismos. En este contexto, es necesario estudiar el efecto de diferentes CC invernales sobre las comunidades de malezas, la dinámica del agua y el nitrógeno y su relación con el rendimiento del cultivo de renta posterior.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Generalidades de los cultivos de cobertura

El objetivo más difundido de los CC es el de controlar la erosión del suelo, el cual se logra mediante una cobertura vegetal que protege al mismo de lluvias o vientos intensos, evitando la pérdida del horizonte superficial (Alberts y Neibling, 1994). Por otro lado, la biomasa tanto aérea como radical aportada por los CC puede generar incrementos en el contenido de materia orgánica (MO) del suelo cuando su inclusión se realiza en forma repetida en el tiempo (Wander y Triana, 1996). Algunos autores mencionan que los CC mejoran la eficiencia de uso del agua (EUA) y del nitrógeno a través de la reducción de las pérdidas del sistema, comparándolas con el barbecho convencional (Carfagno, 2008). Sin embargo, el uso de estos pueden afectar la disponibilidad de agua y nutrientes para el cultivo posterior (Ortiz *et al.*, 2012; Basanta y Alvarez, 2015; Caviglia *et al.*, 2013).

Los cultivos de cobertura pueden modificar de manera positiva las propiedades físicas del suelo. Debido al aporte de cobertura superficial disminuyen el impacto de la gota de lluvia, aumentan la macroporosidad de manera directa a través del crecimiento de las raíces e indirectamente mejorando el hábitat y actividad de la mesofauna. Además disminuyen la escorrentía y la evaporación de agua, reduciendo la radiación neta, alterando la presión de vapor y la temperatura superficial del suelo (Dabney, 1998).

En general, los CC utilizados son especies invernales. La fecha de siembra es uno de los factores que determina su potencial productivo, mencionando en diversas publicaciones desde fines de verano hasta mediados de invierno, con variación en la producción de materia seca (MS). Ensayos realizados en Hilario Ascasubi indican que, en fechas de siembra otoñales, *Vicia villosa* (vicia) como CC crece bajo condiciones de mayores temperaturas y fotoperiodo, siendo mayor la producción de MS (6800-7096 kg ha<sup>-1</sup>) que en siembras invernales (4067-6000 kg ha<sup>-1</sup>) (Vanzolini *et al.*, 2009). Por otro lado, en la región de General Villegas, trabajos realizados con *V. villosa* como CC muestra que tuvo una mejor implantación en abril

que en marzo posiblemente por una mejor condición hídrica (Lardone *et al.*, 2013). En la misma región, ensayos realizados con *Triticum aestivum* (trigo) como CC mostraron que existe una gran influencia de la fecha de siembra en la producción de MS, siendo esta mayor en fechas tardías de abril y mayo (7371-8157 kg ha<sup>-1</sup>) que en marzo, debido a la ocurrencia de heladas en encañazón en siembras tempranas. No obstante, estas últimas permiten el secado anticipado y por ende la recarga del perfil (Mandrini *et al.*, 2012).

Para la finalización del CC en general se emplea el uso de herbicidas, principalmente glifosato. El momento de secado del CC dependerá de la cantidad de biomasa que se desea producir y del consumo de agua que se acepte según la región. El secado del CC también puede realizarse en forma mecánica, mediante el uso de un rolo. Para evitar el rebrote es importante realizar el rolado en el momento oportuno. En gramíneas se debe realizar en antesis, y en *V. villosa* en estado de floración cuando se visualizan las primeras vainas (Baldwin, 2009).

## 2.2. Especies utilizadas como cultivo de cobertura

Las especies mayoritariamente utilizadas como CC pertenecen a las familias de las gramíneas y leguminosas. Las gramíneas presentan un rápido crecimiento y una mayor producción de biomasa por lo que ayudaría al control de la erosión, absorción de nutrientes para evitar su lixiviación, disminución de la población de malezas, incrementar el contenido de MO y mejorar la estabilidad estructural del suelo (Clark, 2007). Las especies de gramíneas más utilizadas como CC son las siguientes: *Secale cereale* (centeno), *Avena sativa* (avena), *Hordeum vulgare* (cebada), *Lolium multiflorum* (raigrás anual), *X Triticosecale Wittm* (triticale), *Bromus unioloides* (cebadilla) y *T. aestivum* (Ruffo y Parsons, 2004).

Las leguminosas, aportan N al suelo a causa de la fijación del N atmosférico por la relación raíz-rizobio (Perret *et al.*, 2000). Tienen menor producción de MS que las gramíneas, pero debido a su baja relación C/N, su tasa de descomposición es mayor liberando en un corto período el N disponible en sus tejidos (Rimski-Korsacov y Álvarez, 2016). La cantidad de N fijado es directamente proporcional a la producción de MS de la

leguminosa (Álvarez y Steinbach, 2010). Como leguminosas se destacan las vicias (*V. villosa* y *Vicia sativa*), *Trifolium pratense* (trébol rojo), *Trifolium alexandrinum* (trébol de alejandría), *Trifolium incarnatum* (trébol encarnado) y *Pisum sativum* (arveja). *V. villosa* y *T. incarnatum* acumulan la mayor parte de su biomasa y N entre dos a tres semanas previas a la floración (Ruffo y Parsons, 2004).

Una alternativa de interés son las siembras conjuntas o consociaciones de gramíneas y leguminosas, logrando una rápida cobertura del suelo por parte de la gramínea y la incorporación de N por la leguminosa. Además, el alto consumo de N generado por la gramínea estimula la fijación biológica de N de la leguminosa. El aprovechamiento del agua también se ve favorecido por la inclusión de especies con diferente sistema radical las cuales hacen que puedan explorar distintas profundidades en el perfil del suelo (Rimski-Korsacov y Álvarez, 2016).

La producción de biomasa aérea varía según la especie y momento de secado, registrándose valores de 4700 (Fargioni., *et al.*, 2012), 4919-6596 (Baigorria y Cazorla 2010), 6034 (Scianca *et al.*, 2007), 9685 (Bazán y Cotorás, 2017), 1144 (Rimski-Korsacov *et al.*, 2015) y 11867 kg MS ha<sup>-1</sup> (Bertolla *et al.*, 2013) para triticale y 1700 (Fargioni., *et al.*, 2012), 7307 (Bertolla *et al.*, 2013), 7691 (Baigorria y Cazorla 2010) y 7819 kg MS ha<sup>-1</sup> (Bazán y Cotorás, 2017) para *V. villosa*, correspondiendo en este último caso los menores valores a fechas de secado temprano (etapa vegetativa). En consociaciones de ambas especies se han obtenido producciones de 4713 (Rimsky-Korsacov *et al.*, 2015) y 9208 kg MS ha<sup>-1</sup> (Bazán y Cotorás, 2017).

### **2.3. Importancia de los cultivos de cobertura en la supresión de malezas**

Según la Red de Conocimiento de Malezas Resistentes (REM) que coordina Aapresid, en Argentina se han confirmado 29 biotipos de 17 especies de malezas resistentes a herbicidas, de las cuales siete son dicotiledóneas y diez gramíneas. Los casos de resistencia corresponden a herbicidas con cuatro diferentes sitios de acción. A su vez, se han

confirmado siete casos de resistencia múltiple, es decir biotipos resistentes a dos o más herbicidas con diferente sitio de acción, siendo escasas las alternativas de control químico de estos biotipos (REM, 2017).

Dentro de este contexto el manejo de malezas constituye una de las líneas de investigación importantes en sistemas de SD. Los CC generan una importante supresión de malezas debido a la competencia con especies invernales y la reducción en la germinación de malezas estivales a causa del residuo (biomasa) aportado al suelo luego del secado del CC (Ruffo y Parsons, 2004).

Diferentes estudios han demostrado que incluir un CC disminuye entre un 27 hasta más de un 80% la población de malezas (Baigorria, *et al.*, 2012a; Teasdale *et al.*, 1991; Delfino, *et al.*, 2014). Esto puede implicar la reducción de la cantidad de aplicaciones para el control de malezas, hasta en un 75% con respecto a un barbecho convencional (Baigorria, *et al.*, 2012a).

La habilidad de los CC de reducir la densidad y biomasa de malezas está relacionada con la cantidad de biomasa que producen los mismos y el momento de interrupción de su ciclo (Liebman y Davis, 2000; Kahl *et al.*, 2016). En ensayos realizados en la localidad de Marcos Juárez se registraron reducciones de malezas con triticale como CC, principalmente en especies como *Lamium amplexicaule* (ortiga mansa) y *Gamochaeta spicata* (peludilla) del 77 y 100% respectivamente, respecto al barbecho (Baigorria *et al.*, 2015b). Buratovich y Acciaresi (2016) obtuvieron importantes reducciones del número de malezas otoño-invernales con la inclusión de CC respecto de parcelas en barbecho. En algunas especies como *Digitaria sanguinalis* L. (pasto cuaresma), *Cyperus rotundus* (cebollín) y gramíneas perennes, el efecto supresor de los CC es menor (Baigorria *et al.*, 2012b).

#### **2.4. Importancia de los cultivos de cobertura sobre el contenido de nitrógeno en el suelo**

El N es un nutriente esencial y generalmente el más requerido por las plantas que forma parte de aminoácidos, proteínas, clorofila, enzimas, ácidos nucleicos, reguladores del crecimiento entre otros compuestos (Hawkesford *et al.*, 2012). En la mayoría de los sistemas productivos del mundo se lo ha definido como el segundo factor limitante para el crecimiento de los cultivos después del agua (Álvarez y Grigera, 2005).

El predominio de los cultivos de ciclo primavero-estival (principalmente soja) y la escasa rotación de cultivos condujeron a una importante reducción en el aporte de residuos y una inadecuada reposición de nutrientes (Quiroga *et al.*, 2010). En suelos manejados con producción de soja como monocultivo pasan entre cinco y siete meses bajo barbecho invernal; éstos sistemas presentan riesgos de pérdida de nitrógeno mineral (Nm) por lixiviación durante el barbecho otoño-invernal, ya que coincide con la gran cantidad de Nm proveniente del proceso de mineralización en el suelo, la baja demanda del mismo por la vegetación presente y los balances hídricos positivos que se generan en zonas de altas precipitaciones como en las de pergamino (Portela *et al.*, 2006). Los nitratos se encuentran en la solución edáfica y prácticamente no interactúa con la fase sólida del suelo por lo que son muy móviles y cuando hay balances hídricos positivos se desplazan hacia horizontes más profundos (Rimski-korsacov y Álvarez, 2016).

Bajo éstas circunstancias, los sistemas de producción agrícola necesitan ser mejorados con mayor diversidad de especies para asegurar sistemas sustentables. Los CC constituyen una herramienta estratégica para disminuir la potencial pérdida de N por lixiviación, desnitrificación y volatilización, ya que a través de la producción de MS los CC absorben nitrógeno y lo incorporan a su biomasa (Quiroga *et al.*, 2010; Rimsky-Korsacov *et al.*, 2015). De ésta manera se reduce la disponibilidad de N a la siembra de cultivos estivales, pero finalmente mediante la descomposición y posterior mineralización de los residuos de los CC el N queda disponible para futuros cultivos que se encuentren en la rotación (Ferrera Cerrato y

Alarcón, 2001; Ortiz *et al.*, 2012). La rapidez en la que este nutriente es liberado al suelo y queda disponible para su absorción, depende del tipo de CC implantado. Cuando se utiliza una gramínea, su alta relación C/N (aprox. de 50) produce una inmovilización de N lo que hace que no quede disponible para las plantas a corto plazo (Cazorla *et al.*, 2010; Amado *et al.*, 1998; Aita *et al.*, 2001), mientras que en las leguminosas esta relación es de 15 a 20 por lo que la disponibilidad de este nutriente es inmediata (Zotarelli *et al.*, 2009).

## **2.5. Influencia de los cultivos de cobertura sobre el contenido hídrico del suelo**

Como resultado de la recopilación y análisis de muchos trabajos con CC realizados en la región pampeana Argentina, Rimski-Korsakov *et al.*, (2015) concluyeron que en la región semiárida donde predominan los suelos hapludoles, haplustoles y entisoles, con precipitaciones anuales promedio en general inferiores a los 800 mm, el contenido de agua del suelo a la siembra de los cultivos estivales fue en promedio solo 4 mm inferior cuando se incluyó un CC que cuando no se lo hizo. Sin embargo, en un estudio de 17 años realizado en Manfredi, la inclusión de triticale como CC en un sistema con monocultivo de soja, redujo en promedio 50 mm el agua disponible (AD) en el suelo a los 2 m de profundidad al momento de la siembra del cultivo de soja, lo que redujo su rendimiento (Basanta y Álvarez, 2015).

Cuando el secado del CC se realiza de manera temprana (septiembre) éste no afecta la disponibilidad de agua para el cultivo subsiguiente (Caviglia, *et al.*, 2009; Miranda, *et al.*, 2016; Beltrame, 2013; Ridley, 2007). Por el contrario, el retraso en el momento del secado (fin de octubre) permite que la mayoría de las especies empleadas aporten mayor cantidad de MS con similar EUA, lo que implica un mayor consumo de agua y menor contenido de agua disponible al final del ciclo del CC (Fargioni *et al.*, 2012, Caviglia, *et al.*, 2009; Ridley, 2007). El retraso del secado de *V. villosa* como CC de septiembre a octubre sólo logró incrementar la producción de MS en 138 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que el contenido de agua útil (AU) disminuyó 60 mm (Cazorla *et al.*, 2010). Tratamientos con secado tardío (fin de octubre)

en gramíneas presentaron en promedio entre un 19 y un 73 % menos de AD respecto al anticipado (fin de septiembre) (Lardone *et al.*, 2014).

Cuando se deja un lapso entre el secado del CC y la siembra del cultivo posterior mayor a dos meses, no se han registrado en la región pampeana reducciones en el contenido de agua del suelo a la siembra del cultivo estival (Rimski-Korsakov *et al.*, 2015). Las siembras tardías de maíz permiten incluir un período de barbecho mayor a dos meses, entre el secado del CC (septiembre) y la siembra de maíz (diciembre), que permita la reposición del agua del suelo. Por ésta razón la inclusión de un CC como antecesor de maíz en la región central de Córdoba sería más factible en siembras tardías.

## **2.6. Efecto de los cultivos de cobertura sobre el rendimiento del cultivo de renta posterior**

Los CC pueden afectar positiva o negativamente el rendimiento del cultivo de renta. La competencia por nutrientes, especialmente por N, y por agua entre los CC y el cultivo de cosecha son las principales razones que pueden provocar la disminución de rendimiento (Thorup-Kristen *et al.*, 2003).

El rendimiento del cultivo de maíz tiene en general una importante respuesta a la fertilización nitrogenada y es variable según la especie del antecesor. La inclusión de *V. villosa* como CC en algunos trabajos ha demostrado que sus residuos pueden mejorar la disponibilidad de nitrógeno al cultivo de maíz, aumentando el rendimiento del mismo cuando no se realiza fertilización nitrogenada (Canale *et al.*, 2012; Vilches *et al.*, 2012; Cazorla *et al.*, 2010; Baigorria *et al.*, 2012a). Cuando el cultivo de maíz se fertiliza, en general la inclusión de V como CC no provoca diferencias en el rendimiento del cultivo respecto del barbecho (Cazorla *et al.*, 2010, Baigorria *et al.*, 2012a; Canale *et al.*, 2012). Sin embargo, Pagnan *et al.* (2014) encontró que la inclusión de *V. villosa* como CC previo a maíz tardío, solo incrementó el rendimiento cuando se fertilizó con dosis mayores a 97 kg N ha<sup>-1</sup>.

En general cuando el antecesor es una gramínea, como triticale o *S. cereale* y el cultivo estival no es fertilizado, se reportan disminuciones en el rendimiento del maíz (Minguez y Bollero, 2006; Restovich *et al.*, 2012; Cazorla *et al.*, 2010; Baigorria *et al.*, 2012a).

Ensayos realizados en maíz y soja cultivados en las zonas de la pampa húmeda revelaron que ni el rendimiento de soja ni el de maíz fueron afectados por la inclusión de un CC. Los menores contenidos de agua encontrados en ésta zona al secado de los cultivos de cobertura no afectaron el rendimiento del cultivo posterior ya que las lluvias de primavera-verano lograron revertir la situación. Por otro lado, en la zona de la pampa semiárida el cultivo de soja tampoco mostró diferencias en rendimiento cuando se utilizó previamente un CC con respecto a un barbecho, pero en el caso del maíz, éste rindió en promedio 620 kg ha<sup>-1</sup> más cuando se utilizó un CC. Esto puede deberse a una mejor eficiencia en la dinámica del agua ya que el suelo cubierto con CC disminuye la evaporación, entre otros efectos benéficos de su uso (Rimski-Korsakov *et al.*, 2015). Por el contrario en una experiencia de largo plazo realizada por Basanta y Álvarez (2015), la inclusión de un CC en SD redujo el rendimiento del cultivo de soja en 250 kg ha<sup>-1</sup> y el de maíz en 1500 kg ha<sup>-1</sup> en promedio de 17 años. Resultados similares fueron obtenidos por Fargioni *et al.* (2012) en la región central de Córdoba, en donde la inclusión de triticale y *V. villosa* como CC previo a la siembra de maíz, redujo el agua disponible y el rendimiento del cultivo cuando no se dejó un periodo de barbecho entre el secado del CC y la siembra del maíz.

Por lo expuesto anteriormente se plantea las siguientes hipótesis y objetivos de trabajo para abordar la problemática.

### 3. HIPÓTESIS

- La inclusión de *V. villosa* sola o consociada con triticale como cultivo de cobertura reduce las poblaciones de malezas durante el período comprendido entre dos cultivos estivales en relación a un barbecho.
- La supresión de malezas que produce un cultivo de cobertura consociado (*V. villosa* + triticale), es mayor a la de *V. villosa* sola debido a la mayor producción de materia seca que aporta la gramínea.
- La inclusión de *V. villosa* y triticale + *V. villosa* como cultivos de cobertura invernal, no reducen el agua útil del suelo al momento de siembras tardías (diciembre) de maíz.
- La inclusión de *V. villosa* como cultivo de cobertura invernal incrementa el contenido de nitrógeno del cultivo de maíz, cuando no se realiza fertilización nitrogenada, y por lo tanto aumenta su rendimiento.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. Objetivo General

Evaluar diferentes alternativas de manejo de suelo durante el invierno y su impacto sobre malezas, contenido de agua, disponibilidad de nitrógeno y el rendimiento de maíz tardío en la region central de Córdoba.

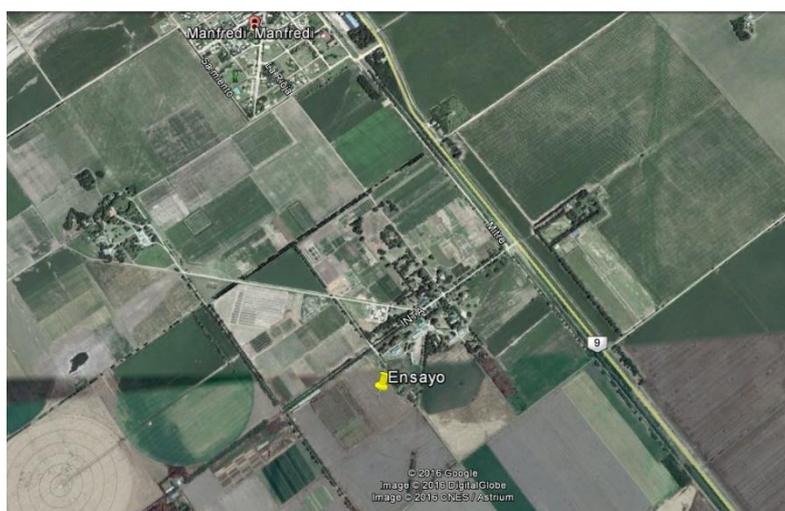
### 4.2. Objetivos Específicos

- Cuantificar la abundancia de malezas de ciclo otoño-invernal y primavera-estival en parcelas con *V. villosa*, *V. villosa* + triticale y barbecho químico.
- Determinar la dinámica del agua en el suelo en parcelas con cultivos de coberutura (*V. villosa*, *V. villosa* + triticale) y en barbecho, como antecesores de maíz tardío en un sistema de siembra directa.
- Determinar la dinámica del N en el sistema suelo-planta en la diferentes alternativas de manejo invernal.
- Establecer si el rendimiento de maíz es afectado por la inclusión de los cultivos de cobertura en tratamientos con y sin fertilización nitrogenada.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Sitio de estudio

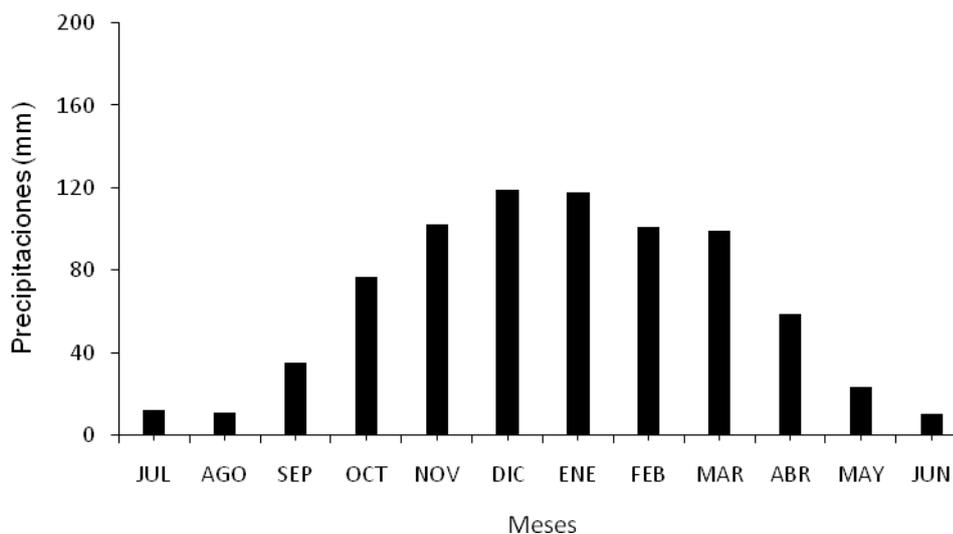
Durante la campaña 2016/2017 se realizó un ensayo a campo en la EEA INTA Manfredi ubicada sobre la Ruta Nacional N° 9 km 636 (Latitud S 31° 56' 55"; Longitud O 63°44' 0"; 292 msnm), departamento Río Segundo, Córdoba, Argentina (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación del ensayo en la EEA INTA Manfredi. (Google Earth; 2008).

### 5.2. Caracterización climática

El régimen climático al que pertenece es el semiárido, con precipitación media anual de 757 mm (promedio de la serie 1931-2010), cuya distribución es de tipo monzónica, con el 75% de las precipitaciones en el semestre cálido (octubre a marzo). Los meses más lluviosos son diciembre y enero y los más secos junio, junio y agosto (Figura 2) . El régimen térmico es templado, la temperatura media anual es de 16,8 °C, la media del mes más frío es de 9,5 °C y la media del mes más cálido es de 23,4 °C (Jarsun *et al.*, 1987).



**Figura 2.** Precipitaciones históricas (1931-2015) registradas en la EEA de INTA Manfredi.

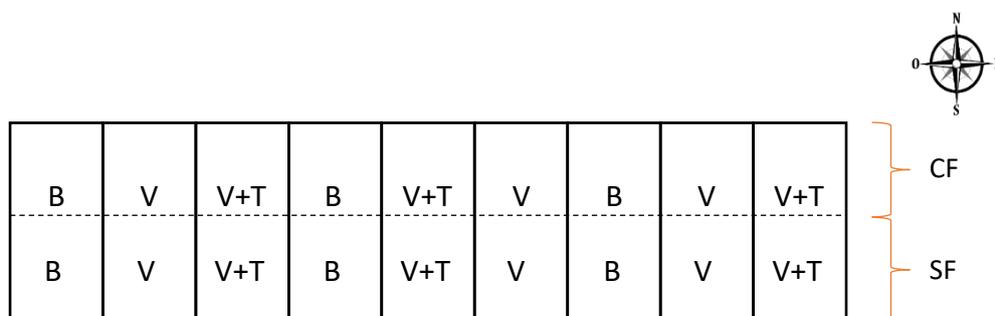
### 5.3. Caracterización Edáfica

El suelo en el cual se desarrolló la investigación fue un Haplustol éntico, Serie Oncativo, desarrollado sobre sedimentos eólicos, de textura franco limosa, cuya secuencia de horizontes es A, A/C, Ck, la densidad aparente de éste suelo es de  $1,25 \text{ g cm}^{-3}$ . La capacidad de uso del mismo es IIIc. Es un suelo profundo a algo excesivamente drenado, está en condiciones naturales moderadamente estructurado y posee muy buena capacidad de almacenaje de agua de hasta 306 mm de AU de 0 a 200 cm de profundidad cuando se encuentra en capacidad de campo. Los suelos de esta serie muestran una moderada limitación climática derivada del régimen de precipitación bajo el cual se encuentra (Jarsun *et al.*, 1987).

### 5.4. Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. Las unidades experimentales tuvieron una dimensión de 10 x 80 m. Los tratamientos consistieron en evaluar diferentes manejos del suelo durante el período invernal previo a la siembra de maíz tardío. Se evaluaron dos CC: *V. villosa* (V) y *V. villosa* + triticale (variedad Espinillo) (V+T) y un tratamiento que se dejó en barbecho (B). Posterior a los cultivos de

cobertura se evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada sobre maíz tardío. La fertilización se realizó en la mitad de las unidades experimentales (Figura 3), quedando el ensayo dividido en dos a partir de la misma debido a la dificultad de fertilizar con la herramienta disponible en parcelas separadas.



**Figura 3.** Disposición de las parcelas experimentales con los distintos tratamientos; CF: Con fertilización, SF: Sin fertilización.

### 5.5. Descripción del ensayo

Los CC se sembraron bajo SD el 17/05/2016 a 17,5 cm de distancia entre hileras con una sembradora a chorillo, después de un cultivo de soja. Para el tratamiento V+T la densidad de siembra fue 20 y 60 kg ha<sup>-1</sup>, para *V. villosa* y triticale respectivamente; la consociación se logró intercalando hileras de ambas especies. Por otra parte, *V. villosa* en monocultura se sembró con una densidad de 20 kg ha<sup>-1</sup> y en ambos casos fue inoculada con *Rhizobium leguminosarum biovar viciae*.

El ensayo comenzó libre de malezas mediante el uso de Glifosato. Las aplicaciones de herbicidas realizadas hasta la finalización de los CC se describen en la Tabla 1. Los CC fueron secados en estado de espiga embuchada, 43 según la escala de Zadocks *et al.* (1974) para triticale y 10 % de floración para *V. villosa*. Las aplicaciones fueron realizadas con una pulverizadora de tres puntos provista de pastillas abanico plano 11002 a una presión constante de 2 bar, erogando un volumen 70 l ha<sup>-1</sup>.

**Tabla 1.** Aplicaciones de herbicidas realizadas desde el inicio del ensayo hasta la finalización de los cultivos de cobertura.

Fecha	Producto	Dosis (g.i.a.ha <sup>-1</sup> )	Objetivo	Tratamiento
03/05/16	Glifosato sal dimetilamina	960	Control de malezas	V, V+T y B
17/05/16	Atrazina	900	Control de malezas	B
28/09/16	Glifosato sal dimetilamina	960	Secado CC	V y V+T
	2,4D amina	420		

El maíz se sembró el 06/01/17 con una sembradora neumática a 0,52 m de distancia entre hileras con el híbrido AX 7822 viptera 2. La densidad de siembra fué de 3,5 semillas por metro lineal. Para mantener el cultivo libre de malezas, previo a la siembra, se aplicó a todo el ensayo Atrazina + S-Metolacloa a dosis de 1800 + 1248 g.i.a. ha<sup>-1</sup> como tratamiento herbicida preemergente residual.

La fertilización del cultivo de maíz se realizó el 21/02/2017 previo a la floración, utilizando un fertilizante líquido cristalino mezcla de UAN (90%) y tiosulfato de amonio (10%) con un contenido de 30% de N y 2,6% de S. La dosis fue de 99 kg N ha<sup>-1</sup> y 8,6 kg S ha<sup>-1</sup>.

## 5.6. Determinaciones

### 5.6.1. Contenido de agua en el suelo

Se determinó el contenido de humedad del suelo a través del método gravimétrico (Dardanelli *et al.*, 2003) hasta los 200 cm de profundidad distribuido de la siguiente forma: 0-20, 20-40, 40-80, 80-120, 120-160 y 160-200 cm mediante el uso de un barreno helicoidal, en 4 momentos del ensayo: I) siembra del CC (30/05/16), II) secado del CC (27/09/16), III) previo a la siembra del maíz (27/12/16) y IV) al estado de MF de éste cultivo (23/05/17). Se determinó de la siguiente forma:

$$H\% = \frac{m - m_s}{m_s} \times 100$$

Donde H% es Humedad gravimétrica expresada en porcentaje; (m) masa total del suelo y (ms) masa de suelo seco. Indica la relación entre la masa de la fracción líquida y la masa de la fracción sólida de dicho suelo.

Además, el contenido de agua en el suelo se presentó en forma de humedad volumétrica ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) y de lámina (mm). Donde,

$$\theta = \frac{V_a}{V} \times 100$$

$\theta$ , corresponde a Humedad volumétrica expresada en porcentaje; indica la relación entre el volúmen de la fracción líquida ( $V_a$ ) y el volúmen de la muestra ( $V$ ); para pasar de Humedad gravimétrica a volumétrica se lo afectó a la densidad aparente del suelo ( $\delta$ ) quedando:

$$\theta = \delta \times H$$

La lámina de agua (L) se calculó relacionando la Humedad volumétrica ( $\theta$ ) con la profundidad deseada (z):

$$L = \theta \times z$$

La disponibilidad de agua útil en cada uno de los momentos se calculó mediante la diferencia del contenido de agua en el suelo en un momento determinado y capacidad de marchitez permanente (CMP) de dicho suelo. Se calculó el consumo de agua de los CC y la variación del contenido hídrico del suelo en el tratamiento de barbecho a través de la siguiente formula:

$$Y = AU_i + PP - AU_f$$

Donde Y es el agua consumida de los CC o la pérdida de agua en el tratamiento de barbecho,  $AU_i$  es el agua útil al inicio del experimento (siembra de los CC), PP son las precipitaciones registradas entre la siembra y el secado de los CC y  $AU_f$  es el agua útil al momento del secado de los CC.

La eficiencia de uso del agua de los CC se calculó realizando el cociente entre la MS producida y el consumo de agua al momento del secado de los mismos. El costo hídrico (CH) se estimó como la diferencia de AU en el suelo en barbecho y en los CC al momento del secado de los mismos (Baigorria y Cazorla, 2010).

### **5.6.2. Biomasa de cultivos de cobertura y maíz**

La producción de MS de ambas especies de CC se determinó previo al secado de los mismos el 22/09/16. Se tomaron 6 muestras de 0,25 m<sup>2</sup> por parcela. Las plantas fueron cortadas al nivel del suelo y se separó el material por especie.

Para estimar la biomasa de maíz se extrajeron 5 plantas consecutivas de la misma línea de siembra en el estado de floración (09/03/17) y MF (17/05/17). Las muestras se secaron en estufa a 55 °C hasta peso constante.

### **5.6.3. Contenido de nitrógeno en suelo y planta de cultivo de cobertura y maíz**

Con las muestras extraídas para la determinación de contenido de agua en el suelo se evaluó el contenido de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a través del método con extracción mediante sulfato de potasio (SO<sub>4</sub>K<sub>2</sub> 0,1N) y dosaje por fotocolorimetría con ácido fenoldisulfónico (Harper, 1982). Los datos se expresaron en mg kg<sup>-1</sup>.

Para determinar el contenido de N absorbido en planta por parte de los CC y del maíz se utilizó el método de Kjeldahl (Bremner, 1965). El material vegetal fue molido y tamizado por un tamíz de 1 mm de apertura de malla.

### **5.6.4. Stand de plantas del cultivo de cobertura**

La densidad de los CC se determinó por conteo manual a los 21 días de la siembra (07/06/16) mediante 6 muestras al azar de 0,25 m<sup>2</sup> en cada parcela. En el tratamiento consociado (V+T) se realizó el conteo por especie.

### **5.6.5. Presencia de malezas**

Para malezas otoño-invernales, se realizó una determinación de su biomasa previo a la finalización del ciclo de las mismas el 23/08/16. La biomasa es el mejor indicador de los recursos consumidos por las malezas (Chaila, 1974). Se tomaron 14 muestras de 0,25 m<sup>2</sup> al azar en cada parcela.

Las malezas fueron cortadas al nivel del suelo, separadas por especie y secadas en estufa a 70 °C por 48 h para luego determinar su peso seco.

Para especies de crecimiento primavero-estival, se evaluó su frecuencia y densidad (plantas m<sup>-2</sup>) el 10/11/16 y el 15/12/16. La frecuencia (número de muestras con presencia de una determinada especie maleza/número total de muestras) se obtuvo arrojando un cuadro de 0,25 m<sup>2</sup> 30 veces en cada parcela a lo largo de una transecta en forma de W. La densidad de cada especie se obtuvo mediante el recuento de plantas en cuatro cuadros de 0,25 m<sup>2</sup> ubicados en zonas con presencia de las malezas. En el muestreo del 15/12/16 se utilizó un cuadro de 1 m<sup>2</sup> para cuantificar mejor las poblaciones de *Conyza bonariensis* (rama negra), que se encontraba a baja densidad en el ensayo.

#### **5.6.6. Rendimiento de maíz**

La cosecha de maíz se efectuó de forma manual el día 21/06/17. Se cosecharon 3 muestras de dos surcos por 5 m lineales en cada parcela (15,6 m<sup>2</sup>). La humedad fué corregida al 14,5 % correspondiente a la humedad comercial.

#### **5.7. Analisis estadístico**

Los datos de agua útil, nitrógeno en suelo, biomasa de malezas, nitrógeno en planta y rendimiento, fueron sometidos a análisis de varianza (ANAVA) utilizando modelos lineales generales y mixtos (Di Rienzo *et al.*, 2017). Cuando el ANAVA indicó diferencias significativas, las medias fueron comparadas con el test DGC ( $\alpha = 0,05$ ). Los datos de agua y nitrógeno hasta la siembra de maíz fueron analizados en forma conjunta. El manejo invernal del suelo, la instancia del muestreo y su interacción fueron los efectos fijos del modelo. Se incorporaron efectos aleatorios de bloque y parcela, ya que se realizaron varias mediciones sobre las mismas parcelas en el tiempo. Los datos de frecuencia y densidad de malezas fueron sometidos a ANAVA utilizando modelos lineales generalizados mixtos, utilizandose una distribución binomial para frecuencia y binomial negativa para densidad.

Cuando el ANAVA indicó diferencias significativas, las medias fueron comparadas con el test DGC ( $\alpha = 0,05$ ).

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Producción de biomasa y eficiencia de uso del agua de los cultivos de cobertura

La densidad media lograda de *V. villosa* fue de 36 y 30 plantas m<sup>-2</sup> por parcela en la monocultura y la consociación respectivamente. Éstas densidades están dentro de los rangos recomendados (Baigorria *et al.*, 2011; Miranda *et al.*, 2016). De triticale se establecieron 82 plantas m<sup>-2</sup>, valor que se encuentra por debajo de la densidad recomendada en monocultura (250 plantas m<sup>-2</sup>), sin embargo para consociaciones es recomendable reducir un 50% la densidad (Bologna, 2014).

La biomasa producida de V y V+T al momento del secado fue de 2264 y 5742 kg MS ha<sup>-1</sup> respectivamente, siendo estadísticamente significativa la diferencia entre ambas (Tabla 2) (Tabla 1 - Anexo). La biomasa de V en consociación (V+T) fue de 955 kg MS ha<sup>-1</sup> (un 58% menor que en la monocultura), aportando solo el 17 % de la biomasa total producida. Capurro *et al.* (2012) obtuvieron valores similares de MS de *V. villosa* (2730 kg MS ha<sup>-1</sup>) al momento de secado en inicio de floración. Mayores valores de biomasa (3956–7691,5 kg MS ha<sup>-1</sup>) han sido reportados cuando el secado se realiza en estados avanzados de desarrollo y con adecuada disponibilidad hídrica (Capurro *et al.*, 2012; Baigorria y Cazorla, 2010). En coincidencia con los resultados obtenidos en éste ensayo, Capurro *et al.* (2012) obtuvieron mayor producción de biomasa con una consociación de *A. sativa* y *V. villosa* (4367 a 7792 kg MS ha<sup>-1</sup>) que con *V. villosa* en monocultura (2730 a 3956 kg MS ha<sup>-1</sup>).

**Tabla 2.** Biomasa, consumo y eficiencia de uso del agua de los cultivos de cobertura.

Tratamiento	Biomasa (kg MS ha <sup>-1</sup> )	Consumo (mm)	EUA (kg MS mm <sup>-1</sup> )
V	2264,2 a	254,4 a	8,9 a
V+T	5742,2 b	275,6 a	20,8 b

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos según el test DGC ( $p < 0,05$ ). Donde V: vicia; V+T: vicia + triticale y EUA: eficiencia en el uso del agua.

En la Tabla 2 se muestra la EUA de los CC, siendo el tratamiento consociado más eficiente que la monocultura de *V. villosa* (Tabla 2 - Anexo). Ambos consumieron similar cantidad de agua, pero la consociación logró producir mayor biomasa (Tabla 3 - Anexo). La EUA de *V. villosa* es menor a la publicada en otros trabajos. Miranda *et al.* (2016) obtuvieron una EUA de 15 a 20 kg MS mm<sup>-1</sup> dependiendo de la densidad de plantas del cultivo. En Marcos Juárez, Baigorria y Cazorla (2010) reportaron valores de 28,3 kg MS mm<sup>-1</sup>. La menor EUA de *V. villosa* estimada en éste trabajo podría estar relacionado a la presencia de malezas durante el ciclo del cultivo y al momento de secado. Debido al escaso crecimiento del cultivo las malezas de ciclo otoño invernal, principalmente *L. amplexicaule*, invadieron el cultivo. Las malezas consumieron agua y produjeron biomasa que no fue incluida en el cálculo de la EUA de *V. villosa*. Por otra parte el secado de *V. villosa* se realizó en inicio de floración, momento en el cual el cultivo tiene la máxima tasa de crecimiento (Miranda *et al.*, 2016). Esto podría haber afectado la EUA, ya que hasta ese momento la componente evaporativa representaría un mayor porcentaje del agua total consumida.

La mayor EUA de V+T estaría relacionada a la alta producción de biomasa de triticale. En un estudio realizado por Bertolla *et al.* (2013) con *V. sativa*, *V. villosa*, *S. cereale* y triticale, las gramíneas tuvieron mayor EUA que las leguminosas. La EUA de V+T es similar a la reportada para triticale (var. Espinillo) en monocultura en Marcos Juárez (15-20 kg MS ha<sup>-1</sup>) (Bologna, 2014).

## 6.2. Presencia de malezas

Desde el secado de los CC hasta la siembra de maíz se aplicaron los herbicidas detallados en la Tabla 3. El tratamiento de B requirió una aplicación el 11/11/16 para el control de malezas, que no fue necesaria en los CC. El control de *Eleusine indica* (pata de gallina) fue parcial y se observó rebrote.

El secado de los CC con glifosato + 2,4D presentó inconvenientes. El control de V en monocultura fue aceptable, aunque algunas plantas no fueron controladas. En el tratamiento V+T las plantas de V no fueron

controladas por los herbicidas. La falla estaría relacionada con la tolerancia de esta especie a los herbicidas utilizados y a la menor cantidad de herbicida que llegó a las plantas de *V. villosa* en la consociación, debido a la intercepción que produjeron las plantas de triticale. Otros trabajos han reportado fallas en el control de *V. villosa* con glifosato (Wiggins *et al.*, 2016). Por otro lado se requirieron 40 días para lograr la muerte de las plantas de triticale. La dificultad para controlar con herbicidas los CC en estados avanzados de desarrollo y bajo estrés hídrico puede ser un inconveniente, ya que en estas situaciones el CC podría seguir consumiendo agua o sería necesaria una segunda aplicación herbicida. La aplicación de Picloram + 2,4D previo a la siembra de maíz (Tabla 3), fue necesaria para el control de V en la consociación y para el control de *C. bonariensis* en V y B.

**Tabla 3.** Aplicaciones herbicidas realizadas desde el secado de los CC hasta la siembra del cultivo de maíz.

Fecha	Producto	Dosis (g.i.a.ha <sup>-1</sup> )	Objetivo	Tratamiento
11/11/16	Glifosato sal dimetilamina	960	Control de malezas	B
	Haloxifop-P-metil	75,6		
19/12/16	Glifosato sal dimetilamina	960	Control de malezas y CC	V, V+T y B
	Haloxifop-P-metil	86,4		
	S-metolacoloro	1248		
	Aceite mineral	1000		
05/01/17	Atrazina	1800	Control de malezas y CC	V, V+T y B
	2,4D Amina	800		
	Picloram	36		
	Aceite metilado	200		

Donde B: barbecho; V: vicia y V+T: vicia + triticale.

En el muestreo de malezas realizado el 23/08/16, estuvieron presentes las siguientes especies: *G. spicata*, *C. bonariensis* L., *Capsella bursa pastoris* (bolsa de pastor), *Bowlesia incana* (perejilillo), *L. amplexicaule* y *Descurainia argentina* (altamisa colorada), de las cuales las dos últimas

aportaron más del 99 % de la biomasa y por lo tanto solo se presentan los resultados de las mismas (Tabla 4) (Tabla 4 y 5 – Anexo). *C. bonariensis* solo se detectó en V y su biomasa fue insignificante (0,07 g m<sup>-2</sup>).

Los tratamientos con V+T y B estuvieron limpios de malezas durante el invierno. Por el contrario V presentó una alta infestación de malezas (Tabla 4). La alta supresión de *L. amplexicaule* y *D. argentina* con Atrazina en el tratamiento B, coincide con experiencias realizadas en INTA Manfredi (Ustarroz, datos no publicados). *V. villosa* tuvo un lento crecimiento durante el invierno, lo que permitió la emergencia y desarrollo de malezas otoño-invernales. Resultados similares fueron encontrados por Buratovich y Acciaressi (2016), en donde *V. villosa* tuvo una menor supresión de malezas de ciclo otoño–invernal respecto de triticale.

**Tabla 4.** Biomasa de malezas otoño-invernales en el muestreo del 23/08/16.

Tratamiento	Biomasa de malezas (g m <sup>-2</sup> )	
	<i>L. amplexicaule</i>	<i>D. argentina</i>
B	0,1 b	0,0 b
V	65,0 a	8,0 a
V + T	12,1 b	0,4 b

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos según el test DGC ( $p < 0,05$ ). Donde B: barbecho; V: vicia y V+T: vicia + triticale.

Luego del secado de los CC las malezas presentes fueron, *D. sanguinalis*, *E. indica*, *C. bonariensis* y *L. amplexicaule*. En el muestreo del 10/11/16 *L. amplexicaule* estuvo presente a alta densidad en B, lo que indica la pérdida de residualidad de la atrazina aplicada al inicio del ensayo (Tabla 6 - Anexo). En esta fecha, las plantas de *L. amplexicaule* establecidas en V durante el otoño ya habían finalizado su ciclo y los CC inhibieron su emergencia primaveral (Tabla 5).

El tratamiento V+T redujo significativamente la frecuencia de infestación y la densidad de *E. indica* (Tablas 5 y 6) (Tabla 7 y 8 - Anexo). *V. villosa* tuvo un efecto menos marcado en esta especie, reduciendo solo su densidad en el muestreo del 10/11/16 (Tabla 5). Teasdale *et al.* (1991) obtuvieron una alta supresión de *E. indica* con *V. villosa* y *S. cereale*, no habiendo diferencias entre CC a iguales producciones de biomasa. Por lo

tanto, es probable que las diferencias observadas en nuestro experimento estén relacionadas con la producción de biomasa de ambos tratamientos.

La densidad de *D. sanguinalis* fue menor en V+T al 10/11/16. Si bien no hubo diferencias estadísticamente significativas para frecuencia, la tendencia fue la misma que para densidad (Tabla 5)( Tabla 9 - Anexo). El 15/12/16 la densidad de esta especie fue mayor en V que en los otros tratamientos (Tabla 6) (Tabla 10 - Anexo) . La menor densidad en B estuvo relacionada al control con herbicidas que se realizó en noviembre (Tabla 3), mientras que V+T suprimió el establecimiento de la maleza.

Si bien *C. bonariensis* germina principalmente en otoño - invierno (Ustarroz y Cerutti, 2015a), debido a su baja densidad en el experimento, las diferencias entre tratamientos para esta especie solo pudieron ser establecidas en el muestreo del 15/12/16 en el cual se utilizó una unidad muestral más grande (Tabla 6). El tratamiento V presentó una mayor frecuencia y densidad de infestación de *C. bonariensis*. (Tabla 11 - Anexo) La baja frecuencia de infestación de *C. bonariensis* en el tratamiento B se debió al control residual de Atrazina, ya que ésta maleza es susceptible a éste herbicida (Ustarroz y Cerutti, 2015b).

Para lograr una alta supresión de malezas se requieren CC que tengan una alta producción de biomasa (Teasdale *et al.*, 1991; Webster *et al.*, 2013; Cazorla *et al.*, 2010). En ambientes semiáridos como la región central de Córdoba en los que el agua es un recurso escaso y cuando el principal objetivo de un CC es la supresión de malezas, deben incluirse gramíneas invernales que tienen un alta EUA y rápido crecimiento inicial con el objetivo de producir la mayor biomasa posible con el agua disponible y así obtener una adecuada supresión de malezas.

**Tabla 5.** Frecuencia y Densidad de malezas primavera-estivales presentes en el muestreo del 10/11/16.

Tratamientos	<i>E. indica</i>		<i>D. sanguinalis</i>		<i>L. amplexicaule</i>	
	Frecuencia %	Densidad pltas m <sup>-2</sup>	Frecuencia %	Densidad pltas m <sup>-2</sup>	Frecuencia %	Densidad pltas m <sup>-2</sup>
B	87,0 a	255,6 a	56,0 a	218,7 a	97,2 a	458,6 a
V	82,0 a	182,5 b	37,0 a	219,0 a	4,2 b	1,4 b
V+T	19,0 b	4,0 c	13,0 a	3,1 b	0,0 b	0,0 b

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos según el test DGC ( $p < 0,05$ ). Donde B: barbecho; V: vicia y V+T: vicia + triticale.

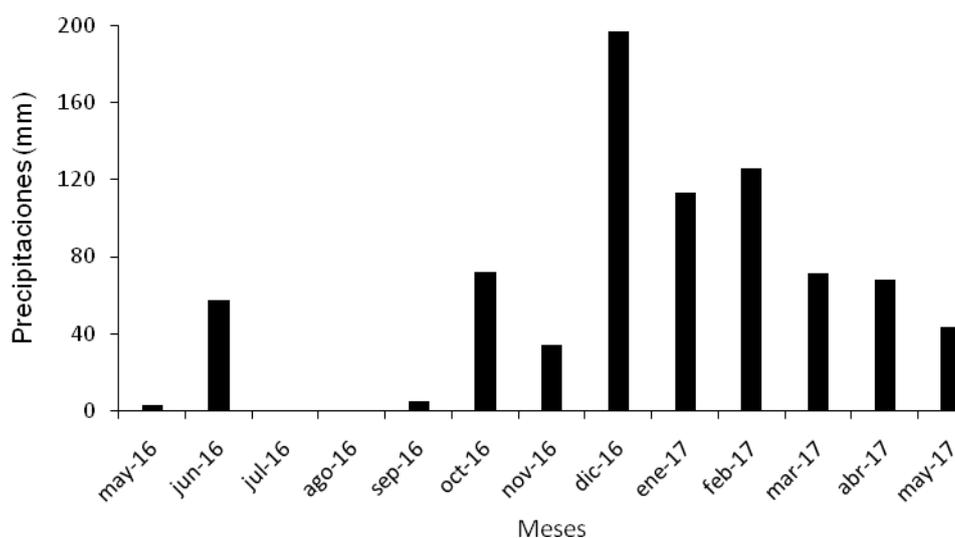
**Tabla 6.** Frecuencia y Densidad de malezas primavera-estivales presentes en el muestreo del 15/12/16.

Tratamientos	<i>E. indica</i>		<i>D. sanguinalis</i>		<i>C. bonariensis</i>	
	Frecuencia %	Densidad pltas m <sup>-2</sup>	Frecuencia %	Densidad pltas m <sup>-2</sup>	Frecuencia %	Densidad pltas m <sup>-2</sup>
B	73,0 a	95,7 a	22,0 a	3,1 a	13,0 a	0,7 a
V	47,0 a	81,5 a	21,0 a	29,4 b	68,0 b	4,9 b
V+T	2,0 b	0,3 b	13,0 a	4,2 a	2,0 a	0,2 a

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos según el test DGC ( $p < 0,05$ ). Donde B: barbecho; V: vicia y V+T: vicia + triticale.

### 6.3. Contenido de agua en el suelo

Durante el ciclo de los CC (17/05/16 al 27/09/16) las precipitaciones fueron de 65 mm (Figura 4), 24 mm menos que el promedio histórico registrado para éste período en la estación meteorológica de la EEA INTA Manfredi (Figura 2). Desde el secado de los CC hasta la siembra del cultivo de maíz (28/09/16 al 06/01/17), si bien la cantidad de precipitaciones fue similar al promedio histórico (305 mm) (Figura 4), la distribución fue desuniforme. Noviembre tuvo un 67 % menos de precipitaciones que la histórica y en diciembre fue superior, pero el 74 % se concentró en los últimos 10 días del mes. En el período de crecimiento del maíz (enero 2016-mayo 2017) llovieron 419 mm, similar al promedio histórico en cuanto a cantidad y distribución (Figura 4).



**Figura 4.** Precipitaciones registradas durante el experimento en la EEA de INTA Manfredi.

Al momento de la siembra de los CC el contenido de agua útil del suelo fue de 210 mm. Al secado de los mismos (27/09/16) el costo hídrico de V y V+T fue de 126 y 136 mm respectivamente a los 200 cm de profundidad, no habiendo diferencias estadísticas entre ellos (Tabla 7). Los CC consumieron toda el agua útil, dejando el suelo en capacidad de marchitez permanente (CMP) (Figura 5). El costo hídrico de V fue similar al obtenido por Pagnan *et al.* (2014). Baigorria y Cazorla (2010), estimaron costos hídricos de 52 a 80 mm para triticale y avena consociada con Vicia. Estos costos hídricos podrían estar subestimados, ya que se cuantificó el agua del suelo solo hasta 120 cm de profundidad.

Al momento de la siembra del maíz el contenido de AU a los 200 cm de profundidad fue menor en los tratamientos con CC que en B (Tabla 7). Sin embargo, las diferencias de AU entre ellos se redujeron desde el secado de los CC hasta la siembra del maíz, indicando una mayor eficiencia de barbecho en los tratamientos V y V+T. Esto podría estar relacionado a la mayor infiltración y menor evaporación de agua en los tratamientos con CC. (Tabla 12 - Anexo) (Eiza *et al.* (2012) demostró que parcelas con CC fueron más eficientes en la captación y el aprovechamiento del agua de las precipitaciones que las parcelas en barbecho.

Las diferencias de contenido de agua en el suelo a la siembra de maíz se produjeron de 100 a 200 cm de profundidad (Figura 5). En el sudeste de la provincia de Córdoba, el costo hídrico de *V. villosa* (117 mm) logró ser revertido a la siembra de maíz en diciembre (Pagnan *et al.*, 2014); pero las diferencias de agua útil al momento del secado en dicha experiencia se produjeron hasta 100 cm de profundidad.

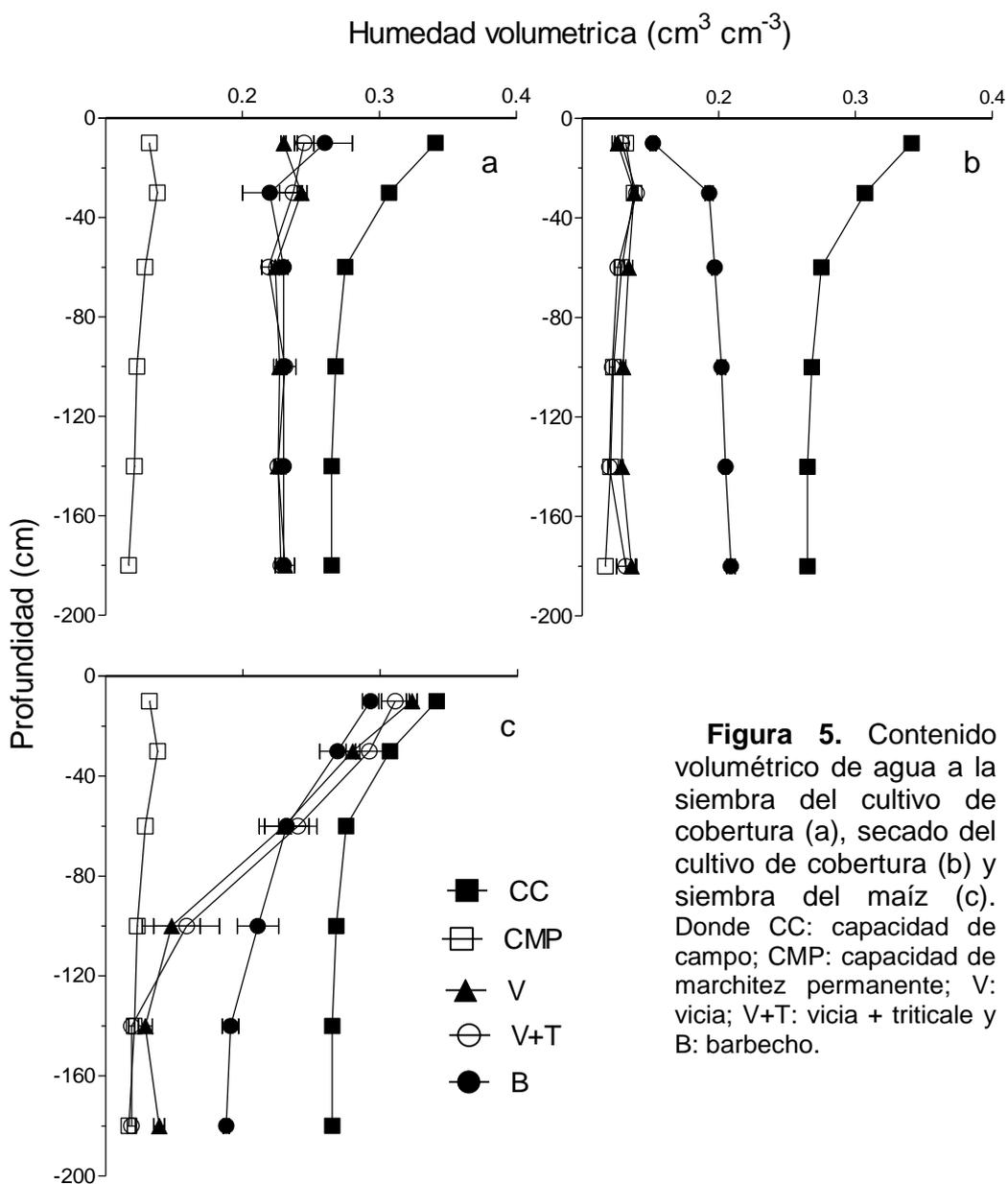
Como resultado de la recopilación y análisis de muchos trabajos con CC realizados en la región pampeana Argentina, Rimski-Korsakov *et al.* (2015) concluyeron que en la región semiárida el contenido de agua del suelo a la siembra de los cultivos estivales no se vio afectada por el uso de CC, sin embargo, en algunos de ellos el AU fue evaluada a 150 cm de profundidad pudiendo llevar a conclusiones erróneas. Los resultados expuestos demuestran que pueden existir diferencias de contenido de agua a mayor profundidad.

**Tabla 7.** Agua útil (mm) hasta los 2 m de profundidad del suelo en parcelas con CC y B en diferentes instancias de evaluación.

Tratamientos	Agua Útil		
	Siembra CC	Secado CC	Siembra Maíz
<b>B</b>	208,3 a	141,9 b	188,6 a
<b>V</b>	205,3 a	15,9 c	126,5 b
<b>V+T</b>	216,8 a	6,2 c	126,0 b

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos según el test DGC ( $p < 0,05$ ). Donde B: barbecho; V: vicia; V+T: vicia + triticale y CC: cultivo decobertura.

A MF del cultivo de maíz no hubo diferencias en el contenido agua en el suelo entre tratamientos (Tabla 8 y Figura 6), lo que indica que las precipitaciones durante el ciclo del cultivo fueron suficientes para reponer el agua de 100 a 200 cm en los tratamientos con CC (Tabla 13 - Anexo). Resultados similares fueron encontrados por Canale *et al.* (2012), donde utilizando *V. villosa* como CC y posterior siembra de maíz, al momento de MF del último, no presentaron diferencias en el contenido hídrico con respecto a tratamientos sin CC.

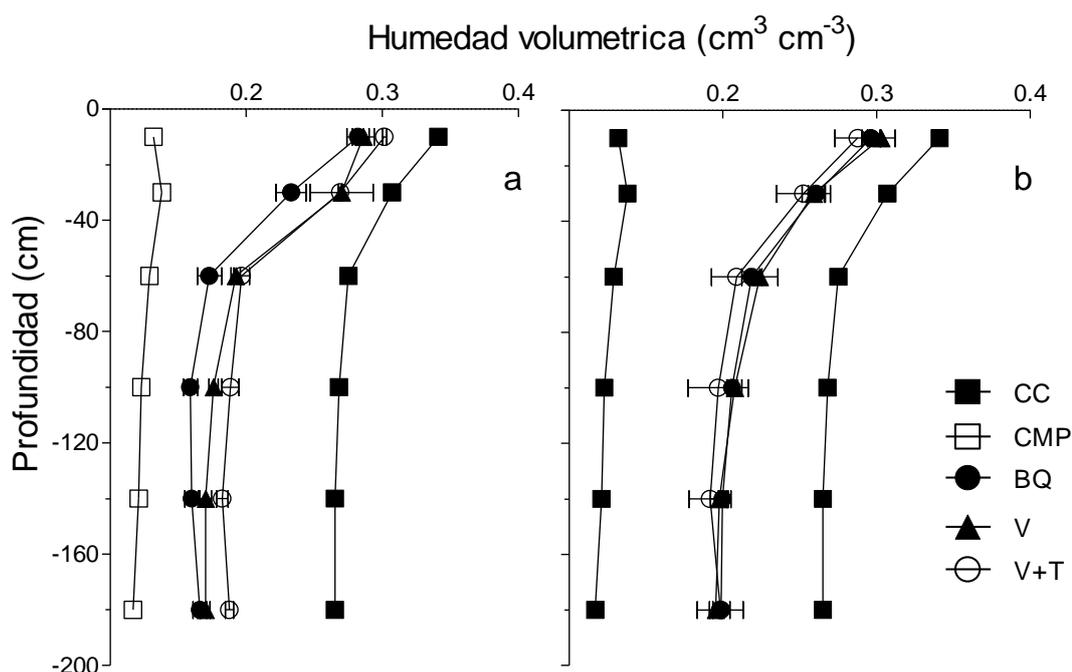


**Figura 5.** Contenido volumétrico de agua a la siembra del cultivo de cobertura (a), secado del cultivo de cobertura (b) y siembra del maíz (c). Donde CC: capacidad de campo; CMP: capacidad de marchitez permanente; V: vicia; V+T: vicia + triticale y B: barbecho.

**Tabla 8.** Agua útil a los 2 m de profundidad en madurez fisiológica del maíz con y sin fertilización nitrogenada, en parcelas con CC y B.

Tratamiento	Agua útil (mm)	
	No Fertilizado	Fertilizado
B	133,1 a	206,7 a
V	141,7 a	189,3 a
V+T	163,1 a	173,3 a

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos según el test DGC (p<0,05). Donde B: barbecho; V: vicia y V+T: vicia + triticale.



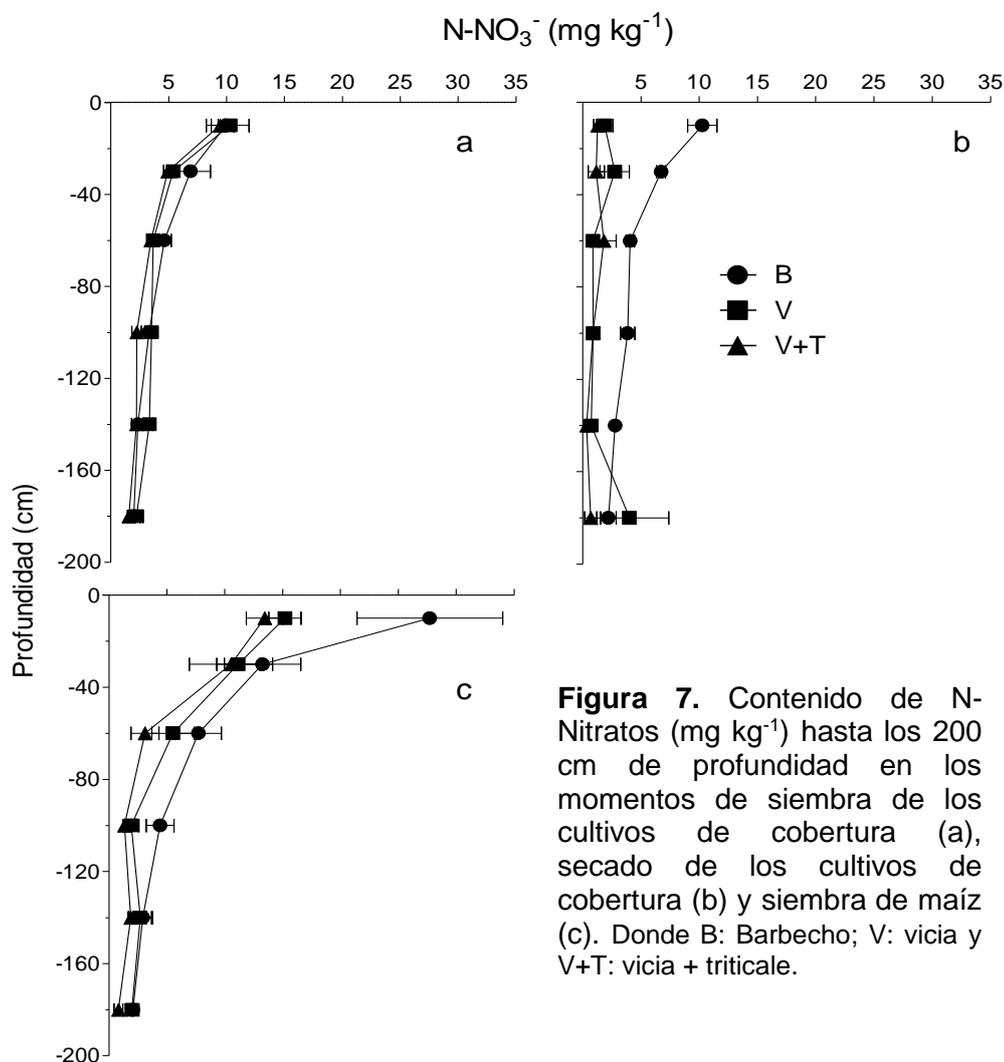
**Figura 6.** Contenido volumétrico de agua en madurez fisiológica de maíz sin fertilizante (a) y con fertilizante (b). Donde CC: capacidad de campo; CMP: capacidad de marchitez permanente; V: vicia; V+T: vicia + triticale y B: barbecho.

#### 6.4. Contenido de Nitrógeno en suelo

Al inicio del experimento, el contenido de N como nitratos fue similar en los distintos tratamientos. Luego, al momento del secado de los CC, los tratamientos V y V+T mostraron una notable disminución de la disponibilidad de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en suelo (86 % menos respecto de B) (Tabla 9) (Tabla 14 - Anexo). Este resultado es esperable ya que los CC a través de la producción de MS absorben N del suelo (Figura 7). Resultados similares fueron encontrados en otros trabajos, en donde la inclusión de CC redujo 65 a 83 % el contenido de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en el suelo al momento de su secado, respecto a un barbecho (Quiroga *et al.* 1999; Bertolla *et al.* 2013). Los manejos invernales con CC absorbieron N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> hasta los 160 cm de profundidad (Figura 7), pero en el tratamiento B el contenido de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> fue similar que al inicio del ensayo.

A la siembra del cultivo estival el contenido de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en el suelo, fue mayor en B que con CC (Tabla 9) (Tabla 14 - Anexo), observándose en esta instancia solo diferencias significativas en los primeros 20 cm del suelo

(Figura 7). Además, todos los tratamientos mostraron incrementos de  $\text{N-NO}_3^-$  con respecto a la fecha anterior (Tabla 9, Figura 7).



**Figura 7.** Contenido de N-Nitratos ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) hasta los 200 cm de profundidad en los momentos de siembra de los cultivos de cobertura (a), secado de los cultivos de cobertura (b) y siembra de maíz (c). Donde B: Barbecho; V: vicia y V+T: vicia + triticale.

**Tabla 9.** Contenido de N-Nitratos ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) hasta 40 cm de profundidad en los momentos de siembra de CC, secado de CC y siembra de maíz.

Tratamiento	$\text{N-NO}_3^-$ ( $\text{mg kg}^{-1}$ )		
	Siembra CC	Secado CC	Siembra Maíz
B	16,8 c	16,9 c	40,9 a
V	15,7 c	4,6 d	26,4 b
V+T	14,4 c	2,4 d	25,4 b

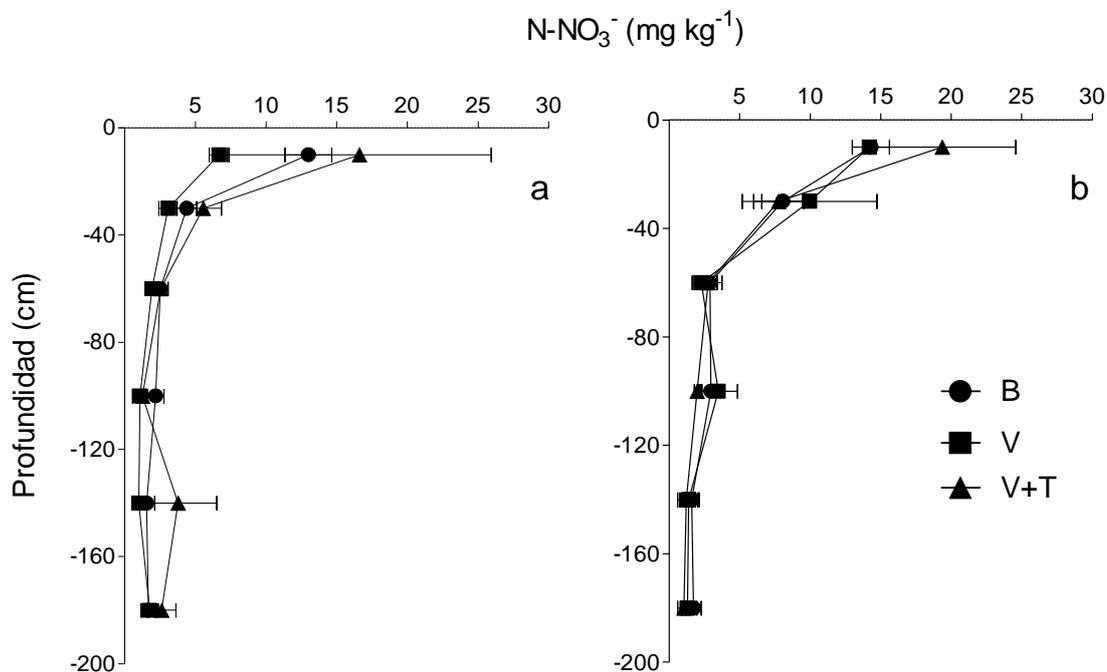
Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos según el test DGC ( $p < 0,05$ ). Donde B: barbecho; V: vicia y V+T: vicia + triticale y CC: cultivo de cobertura.

En madurez fisiológica de maíz, no hubo efecto significativo del manejo invernal en el contenido de nitratos en el suelo hasta 40 cm de profundidad (Tabla 10) (Tabla 15 - Anexo). A su vez en ninguno de los tratamientos se observó acumulación de nitratos por debajo de 1,5 m de profundidad (Figuras 7 y 8), considerados como potencialmente lixiviables (Rimski-Korsakov et al., 2004).

**Tabla 10.** Contenido de N-Nitratos ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) hasta los 40 cm de profundidad en madurez fisiológica del maíz con y sin fertilización.

Tratamiento	N- $\text{NO}_3^-$ ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ) Maíz MF SF	N- $\text{NO}_3^-$ ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ) Maíz MF CF
B	17,4 a	22,4 a
V	9,7 a	24,1 a
V+T	21,5 a	27,1 a

Medias seguidas de las mismas letras no difieren estadísticamente entre tratamientos según el test DGC ( $p > 0,05$ ). Donde B: barbecho; V: vicia y V+T: vicia + triticale; MF: madurez fisiológica; SF: sin fertilización y CF: con fertilización.



**Figura 8.** Contenido de N-Nitratos ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) hasta los 200 cm de profundidad en el suelo a madurez fisiológica del maíz sin fertilización (a) y con fertilización (b). Donde B: Barbecho; V: vicia y V+T: vicia + triticale.

### 6.5. Contenido de Nitrógeno en planta

La absorción de N por parte de los CC fue mayor en V+T que en V (Tabla 11) (Tabla 16 -Anexo) sin embargo, éstos tratamientos no se diferenciaron estadísticamente en el contenido de nitratos en el suelo al momento del secado (Tabla 9).

**Tabla 11.** Producción de materia seca ( $\text{g m}^{-2}$ ) del cultivo de cobertura y absorción de nitrógeno ( $\text{g N m}^{-2}$ ) antes del secado del mismo.

Tratamiento	Producción ( $\text{g MS m}^{-2}$ )	Absorción de N ( $\text{g N m}^{-2}$ )
V+T	574,2 a	8,8 a
V	226,4 b	3,8 b

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos según el test DGC ( $p < 0,05$ ). Donde V: vicia y V+T: vicia + triticale.

Si analizamos la absorción de N por el cultivo de maíz en los tratamientos no fertilizados, el contenido de N de las plantas de maíz al momento de floración, fue menor en los tratamientos con CC que en B (Tabla 12) (Tabla 17 - Anexo). Posiblemente, la sincronización entre el momento de disponibilidad de nitrógeno en el suelo y la demanda del mismo por parte del cultivo de maíz se vieron afectadas; la inmovilización de nitrógeno producida por los CC fue posiblemente la causa de esta baja disponibilidad. Cuando se realizó fertilización nitrogenada, no hubo diferencias en el contenido de nitrógeno en planta al momento de floración. Al estado de madurez fisiológica del maíz no hubo diferencias en el contenido de nitrógeno en planta independientemente si se realizó o no fertilización (Tabla 13) (Tabla 18 - Anexo).

**Tabla 12.** Contenido de N en planta entera de maíz en floración (09/03/17) según tratamientos.

Tratamiento	FLORACIÓN	
	Sin fertilización	Con fertilización
	Absorción N ( $\text{g m}^{-2}$ )	Absorción N ( $\text{g m}^{-2}$ )
B	15,3 b	15,5 a
V	12,7 a	15,7 a
V+T	12,7 a	19,2 a

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos según el test DGC ( $p < 0,05$ ). Donde B: Barbecho; V: vicia y V+T: vicia + triticale.

**Tabla 13.** Contenido de N en planta entera de maíz en madurez fisiológica (17/05/17) según tratamientos.

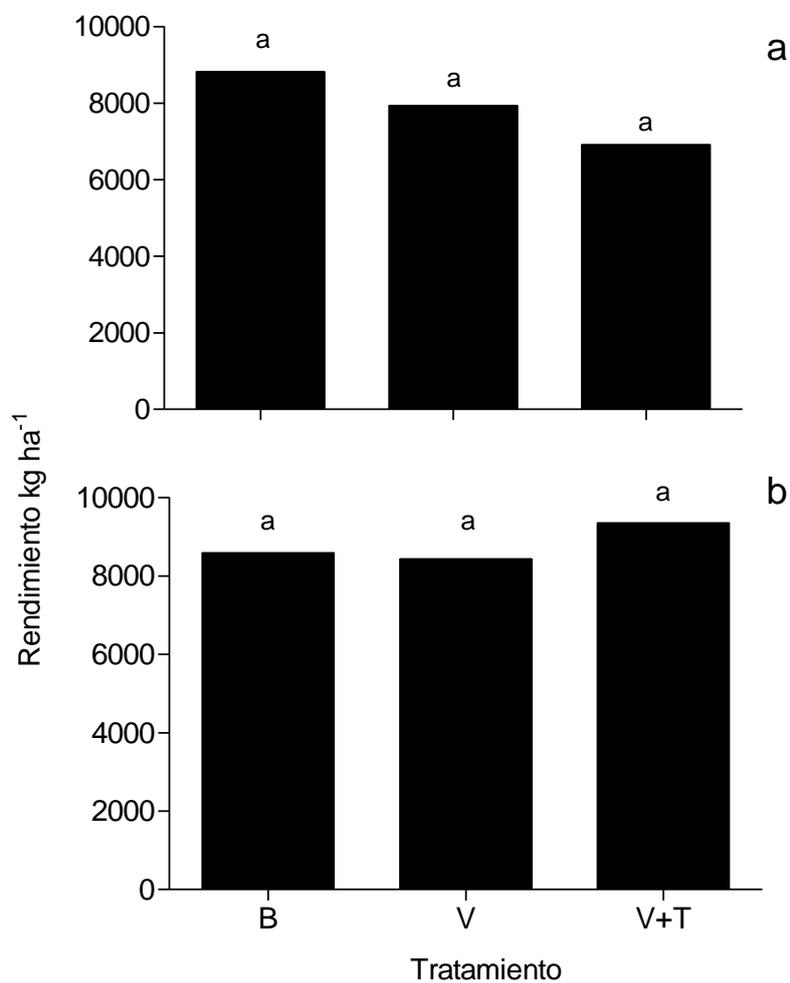
Tratamiento	MADUREZ FISIOLÓGICA	
	No fertilizado	Fertilizado
	Absorción N (g m <sup>-2</sup> )	Absorción N (g m <sup>-2</sup> )
B	21,9 a	26,3 a
V	20,2 a	24,0 a
V+T	23,0 a	25,3 a

Medias seguidas de las mismas letras no difieren estadísticamente entre tratamientos según el test DGC ( $p > 0,05$ ). Donde B: Barbecho; V: vicia y V+T: vicia + triticale.

### 6.6. Rendimiento de maíz

El rendimiento del cultivo de maíz no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes manejos invernales, tanto en maíz fertilizado como no fertilizado (Figura 9) (Tabla 19 - Anexo). Sin embargo, sin fertilización nitrogenada, el rendimiento del tratamiento con antecesor B tendió a ser mayor ( $p = 0,08$ ). Esto podría estar relacionado al mayor contenido de nitrógeno en planta a floración que presentó este tratamiento (Tabla 12). En condiciones sin fertilización Capurro *et al.* (2012), muestran que, en ambientes más secos, no se encontraron diferencias de rendimiento en maíz con antecesor vicia comparado con el barbecho. Por el contrario, bajo mejores condiciones ambientales *V. villosa* como CC incrementó el rendimiento de maíz sin fertilización nitrogenada. Varios trabajos reportan incrementos de rendimiento de maíz mediante el uso de *V. villosa* como CC en comparación a un barbecho (Canale *et al.*, 2012, Pagnan *et al.*, 2014, Baigorria *et al.*, 2012, Capurro *et al.*, 2012), pero generalmente con producciones de biomasa mayor a la obtenida en éste experimento.

La similitud de rendimientos entre tratamientos cuando se realizó fertilización, indica que el contenido de agua del suelo se repuso al inicio del período crítico del maíz en los tratamientos con CC o que el agua no fue un factor limitante durante el mismo. El rendimiento del cultivo se asocia directamente con el consumo de agua durante los 40 días centrados en la floración (Otegui *et al.*, 1995). Si bien en éste experimento no se estableció el contenido de agua durante dicho período, a madurez fisiológica no hubo diferencias de contenido hídrico entre tratamientos.



**Figura 9.** Rendimiento del maíz según el manejo invernal: sin fertilización (a) y con fertilización (b). Medias seguidas de las mismas letras no difieren estadísticamente según el test DGC ( $p > 0,05$ ).

## 7. CONCLUSIONES

- La siembra consociada de *V. villosa* + triticales como cultivo de cobertura logró reducir las malezas entre la cosecha de un cultivo de soja y la siembra de maíz tardío.
- *V. villosa* en monocultura no fue competitiva con malezas de ciclo otoño-invernal.
- Los CC redujeron el contenido de agua y de  $N-NO_3^-$  en el suelo a la siembra del cultivo estival, pero en estado de madurez fisiológica del mismo no hubo diferencias entre tratamientos tanto en maíz fertilizado como no fertilizado.
- La utilización de un CC no determinó diferencias en el contenido de N en planta de maíz con y sin fertilización, en madurez fisiológica.
- La inclusión de cultivos de cobertura de *Vicia villosa* en monocultura o consociada con triticales, no afectó el rendimiento del maíz de siembra tardía.

## 8. CONSIDERACIONES FINALES

Los CC son una buena herramienta para reducir la población de malezas. Si bien *V. villosa* produjo una baja cantidad de biomasa y tuvo un control parcial sobre las malezas, es necesario repetir la experiencia con diferentes fechas de siembra y de sacado (momentos determinantes de producción de kg MS ha<sup>-1</sup>). Aunque esto también podrá determinar diferentes resultados en el contenido de agua y N-NO<sub>3</sub> a lo largo del ensayo y afectar el rendimiento del cultivo posterior.

## 9. BIBLIOGRAFIA

Aita, C.; Basso, C.J.; Ceretta, C.A.; Gonçalves C.N. y Da Ros, C.O. (2001). Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogênio ao milho. R. Bras. Ci. Solo. 25:157-165.

Alberts, E.E., y Neibling, W. H. (1994). Influence of crop residues on water erosion. Managing agricultural residues, 13, 19-44.

Álvarez, R. y Grigera, S. (2005). Analysis of soil fertility and management effects on yields of wheat and corn in the Rolling Pampa of Argentina. Journal of Agronomy and Crop Science. p 121.

Álvarez, R., y Steinbach, H. S. (2010). Ciclado de nitrógeno en agrosistemas. Fertilidad de suelos. Caracterización y manejo en la Región Pampeana. R Álvarez, G RUBIO, CR Álvarez, RS LAVADO (Eds). Editorial Facultad de Agronomía, Buenos Aires, 231-270.

Amado T.J.C.; Mielniczuk, J.; Fernandes, S. B. V. y Bayer, C. (1998). Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. UFRG – Faculdade de Agronomía – Porto Alegre-RS. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 23(3):679-686.

Baigorria, T, y Cazorla, C. (2010). Eficiencia del uso del agua por especies utilizadas como cultivos de cobertura. In Actas XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario (Vol. 31).

Baigorria, T., Álvarez, C., Cazorla, C., Belluccini, P., Aimetta, B., Pegoraro, V y Tuesca, D. (2015a). Cultivos de cobertura: Impacto en el control de malezas y el rendimiento de la soja. En XXII Congreso de la ALAM I Congreso de la ASACIM Buenos Aires.

Baigorria, T., Álvarez, C., Cazorla, C. R., Belluccini, P., Aimetta, M. B., Pegoraro, V y Tuesca, D. (2015b). Cultivos de cobertura. una alternativa sustentable para el control de malezas. En Congreso Latinoamericano de Malezas. 22. Congreso Argentino de Malezas. 1. 2015 09 09A10, 09 y 10 de septiembre de 2015. Buenos Aires.

Baigorria, T., Cazorla, C., Santos Sbuscio, D., Pegoraro, V., y Ortiz, J. (2012a). Evaluación de especies como cultivos de cobertura en sistemas agrícolas puros en siembra directa. Jornada de actualización de Maíz 2012, EEA INTA Marcos Juárez.

Baigorria, T., Cazorla, C., Santos Sbuscio, D., Aimetta, B., y Belluccini, P. (2012b). Efecto de triticale (*xTriticosecale* Witmack) rolado como cultivo de cobertura en la supresión de malezas, rendimiento y margen bruto de soja. Jornada de actualización de Soja 2012, EEA INTA Marcos Juárez.

Baigorria, T; Gómez, D; Cazorla, C; Lardone, A; Bojanich, M; Aimetta, B; Bertolla, A; Cagliero, M; Vilches, D; Rinaudo, D. Canale, A. (2011). Bases para el manejo de vicia como antecesor del cultivo de maíz. INTA Marcos Juarez.

Baldwin, K.R. (2009). Conservation tillage on organic farms. <http://www.cefs.ncsu.edu/resources/organicproductionguide/tillagefinaljan2009.doc>.

Basanta, M., y Álvarez, C. (2015). Manejo sustentable de sistemas agrícolas en la región central de Córdoba: una experiencia de largo plazo en INTA EEA Manfredi. RIA, Vol.41. N°2.

Bazán, C. Y Cotorás, D. (2017). Componentes del rendimiento y eficiencia en el uso del agua en maíz implantado sobre cultivo de cobertura. Trabajo Final de Grado Universidad Nacional de Córdoba.

Beltrame, M. (2013). Efectos del centeno (*Secale cereale* L.) como cultivo de cobertura en el consumo de agua y la producción de materia seca del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). (Tesis de grado, Ing agronómica). Universidad Nacional de Río Cuarto Facultad De Agronomía Y Veterinaria.

Bertolla, A., Baigorria, T., Gómez, D., Cazorla, C., Cagliero, M., Lardone, A., y Aimetta, B. (2013). Efecto de la fertilización sobre la eficiencia del uso del agua de especies invernales utilizadas como cultivos de cobertura. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción, p.138.

Bologna, J. (2014). Claves del manejo de triticale. Departamento Técnico de Barenbrug Palaversich. Consultado el 24/03/18 en:

<https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/claves-manejo-triticales-t30683.htm>.

Bremner, J. (1965). Inorganic forms of nitrogen. In: Black CA, Evans DD, Esminger LE, Dinauer RC (eds) Methods of soil analysis, Part 2. American Society of Agronomy. Madison, Wisc, USA Agronomy N° 9, pp1179-1237.

Buratovich, M. V. y Acciaresi, H. A. (2016). Emergencia de malezas en diferentes cultivos de cobertura otoño-invernales. Periodo: agosto-octubre. EEA INTA Pergamino.

Canale, A., Aimetta, B., Baigorria, T., Bertolla, A., Cazorla, C y Lardone, A. (2012). Inclusión de *Vicia Villosa* para incrementar el rendimiento del cultivo de maíz. Informe de actualización técnica. EEA Marcos Juárez, (24).

Capurro, J., Dickie, M. J., Ninfi, D., Zazzarini, A., Tosi, E., y Gonzales, M. C. (2012). Gramíneas y leguminosas como cultivos de cobertura para soja. Para mejorar la producción (47) INTA Oliveros.

Capurro, J., Dickie, M. J., Ninfi, D., Zazzarini, A., Tosi, E., y Gonzales, M. C. (2012). Vicia y avena como cultivos de cobertura en maíz. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica (LACS). Número 6, Junio 2012.

Carfagno, P. (2008). Cultivos de cobertura en agricultura de secano en Región Pampeana. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Instituto de suelos INTA Castelar. (Fecha de verificación: 23/08/2017). Disponible en: <http://www.insuelos.org.ar/Informes/CultivosSecano.pdf>.

Caviglia, O. P., Novelli, L., Gregorutti, V. C., Van Opstal, N. V., y Melchiori, R. J. (2013). Cultivos de cobertura invernales: una alternativa de intensificación sustentable en el centro-oeste Entre Ríos. EEA INTA Anguil: Ediciones INTA, p. 148-157.

Caviglia, O.P.; Novelli, L.; Gregorutti V.C.; Van Opstal N.V. y Melchiori R.J. (2009) Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. Cultivos de cobertura invernales: una alternativa de intensificación sustentable en el centro-oeste de Entre Ríos. Ediciones INTA. EEA INTA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas". 18:148-157

Cazorla, C.; Baigorria, T.; Lardone, A.; Bojanich, M.; Aimetta, B. y Vilches, D. (2010). Antecesoros de maíz: barbecho o cultivo de cobertura. EEA INTA Marcos Juárez. Publicaciones INTA.

Chaila, S. (1974). Resumen del panel de métodos de evaluación de control de malezas en Latinoamérica. Revista de la Asociación Latinoamericana de malezas, 14(2), 6-38.

Clark A. (2007). Managing cover crops profitably, Handbook Series Book 9 (3rd ed.), Sustainable Agriculture Network, Beltsville, MD. 246 p.

Dabney, S. M. (1998). Cover crops impacts on watershed hydrology. J. Soil Water Cons. 53(3): 207-213.

Dardanelli, J.; Collino, D.; Otegui, M.E. y Sadras, V.O. (2003). Producción de granos, bases funcionales para su manejo. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano. 16:405.

De la Casa, A., y Ovando, G. (2006). Relación entre la precipitación e índices de vegetación durante el comienzo del ciclo anual de lluvias en laprovincia de Cordoba, Argentina. RIA Revista de Investigaciones Agropecuarias, 35(1), p. 67-85.

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. Área de consolidación sistemas agrícolas de producción extensivos. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad De Ciencias Agropecuarias.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2017). InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

Eiza, M.J., Carfagno, P. F., Quiroga, A. y Michelena R. O. (2012).Inclusión de cultivos de cobertura en monocultivo de soja: un paso hacia el mejor aprovechamiento del agua pluvial. Instituto de Suelos, INTA Castelar.

Fargioni, M., Vega, C. R., Baigorria, T., Pietrantonio, J., y Cazorla, C. R. (2012). Efecto de los cultivos de cobertura sobre la disponibilidad hídrica y

nitrogenada a la siembra y el rendimiento de maíz. Informe de actualización técnica. EEA Marcos Juárez, (24).

Ferrera Cerrato, R. y Alarcón, A. (2001). La microbiología del suelo en la agricultura sustentable. Toluca. México. Ciencia Ergo Sum, vol 8:2.

Harper. (1982). Methods of Soil Analysis. Pp. en: AL Page; RH Miller y DR Keeney (eds.). Chemical and Microbiological Properties. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. Madison, WI.

Hawkesford, M., Horst, W. y Kichey, T. (2012). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Functions of macronutrients. 3<sup>rd</sup>edn. London. U.K. Academic Press. Petra Marschner. p 135.

Heap, I. (2017). The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. Disponible en: [www.weedscience.org](http://www.weedscience.org)

INTA. (2017). Manejo integrado para controlar al yuyo colorado. Disponible en: <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=39755>.

Jarsun, B., Bosnero, H., y Lovera, E. (1987). Carta de suelos de la Republica Argentina. Hoja 3163-32 Oncativo. Córdoba .

Kahl, M., De Carli, R. y 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. EEA INTA Paraná. Serie de Extensión INTA Paraná Nro. 78:09-16.

Lardone, A; Barraco, M; Scianca, C; Walter, M y Justo, C. (2013). Manejo de Cultivo de Cobertura de *Vicia Villosa* como antecesor de maíz tardío en General Villegas. Memoria Técnica 2012-2013. EEA INTA Villegas. 17-20.

Lardone, A; Scianca, C; Barraco, M; Walter, M; Álvarez, C; Quiroga, A y Babinec, F. (2014). Momento de Secado de especies de Cultivo de Cobertura. Memoria Técnica 2013-2014 EEA INTA Villegas. 16-20.

Liebman, M. y Davis, A. S. (2000). Integration of soil, crop, and weed management in low-external-input farming systems. Weed Res. London. 40:27-47.

Mandrini, M; Barraco, M; Scianca, C y Costa, C. (2012). Trigo como cultivo de cobertura: efecto de la fecha de siembra. XIX Congreso

Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata. Argentina.

Martellotto, E., Salas, H., y Lovera, E. (2001). Sustentabilidad de los sistemas agrícolas en la provincia de Córdoba: Factores que la condicionan. Información técnica. INTA Manfredi. 9 p.

Minguez, F y Bollero, G. (2006). Winter cover crops in illions: Evaluation of ecophysiological characteristics of corn. *Crop science* 45:1536-1545.

Miranda, W.; Girón, P.; Pérez, M. y Barraco, M. (2016). Cultivo de cobertura: espaciamiento entre hileras de siembra y manejo de malezas. INTA. EEA. General Villegas. Memoria técnica 2014-2015

Ortiz, J., Bojanich, M., Ferreyra, L., Cazorla, C. Baigorria, T., Canale, A. y Pegoraro, V. (2012) Evaluación de cultivos de cobertura antecesores de soja en suelos de texturas contrastantes. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata.

Otegui, M.E., Andrade, F.H y Suero E.E. (1995). Growth, wáter use, and kernel abortion of maize subjected to drought at silking. *Field Crops Research*, 40: 87-94.

Pagnan, L., Errasquin, L., Alladio, R. M. y Saavedra, A. (2014). Efecto de la inclusión de *Vicia villosa* como cobertura sobre el rendimiento del cultivo de maíz tardío en el sudeste de la provincia de Córdoba. INTA. EEA Marcos Juarez. Ediciones del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Perret, X., Staehelin C., y Broughton J. W. (2000). Molecular basis of symbiotic promiscuity. *Microbial Mol. Biol. Rev.* 64: 180-201.

Portela, S.I., Andriulo, A.E., Sasal, M. y Jobbágy, EG. (2006). Fertilizer vs. organic matter contributions to nitrogen leaching in cropping systems of the Pampas: 15N application in field lysimeters. *PlantSoil*. 289: 265-277.

Quiroga, A., Álvarez, C., Santos, D. y Bodrero, M. (2010). Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. EEA INTA Anguil. pp 29-40.

Quiroga, A., Ormeño, O., Fernández, D. y Vallejo, A. (1999). Verdeo de invierno: necesidad de reconocer y manejar limitantes de su productividad en suelos de la región semiárida pampeana. *Bol. téc* 61. INTA Anguil.

Red de conocimiento en malezas resistentes (REM). (2017) (s.f.).  
Obtenido de [www.aapresid.org.ar/rem/alertas/](http://www.aapresid.org.ar/rem/alertas/)

Restovich, S; Andriulo, A y Portela, S. (2012). Introduction of cover crops in a maize-soybean rotation of the Humid Pampas: Effect on nitrogen and water dynamics. *Filed crops research* 128: 62-70.

Ridley, N. (2007). Cultivos de cobertura en el sur de Santa Fé: Efectos sobre la eficiencia de barbecho y la porosidad del suelo. EEA INTA Anguil.

Rimski-Korsacov, H. y Álvarez, C. R. (2016). Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos. *Nitrógeno*. Facultad de Agronomía. Buenos Aires. 6:70-77/122-131.

Rimski-Korsakov, H., Álvarez, C. R., y Lavado, R. S. (2015). Cover crops in the agricultural systems of the Argentine Pampas. *Journal of Soil and Water Conservation*, 70(6), 134A-140A.

Rodríguez, N. E. (2004). Malezas nuevas? o viejas que se adaptan a los nuevos sistemas. INTA, Centro Regional Córdoba, EEA Manfredi, Boletín N°1.

Ruffo, M., y Parsons, A. A. T. (2004). Cultivos de cobertura en sistemas agrícolas. *Informaciones agronómicas del cono sur*, 21, 13-16.

Scianca, C; Álvarez, C; Barraco, M y Quiroga, A. (2007). Cultivos de Cobertura: Aporte de nutrientes y rastrojo de las diferentes especie. *Memoria Técnica 2006-2007*. EEA INTA Villegas, 13-15.

Teasdale, J.R., Beste, C.E. y Potts, W.E. (1991). Response of weeds to tillage and cover crop residue. *Weed Sci.* 39:195–199

Thorup-Kristensen K.; Magid. J; Jensen L.S. (2003). Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Advances in Agronomy*, Vol 79. ACADEMIC PRESS INC, San Diego. pp. 227-302.

Ustarroz D. y D. Cerutti. (2015a). Dinámica de emergencia de *Conyza bonariensis* (L.). cronquist. durante el período de barbecho.. XXII Congreso de ALAM. I Congreso de la ASACIM 2015, Buenos Aires.

Ustarroz D. y D. Cerutti. (2015b). Control de *Conyza bonariensis* (L.). cronquist. durante el período de barbecho con herbicidas residuales. XXII Congreso de ALAM. I Congreso de la ASACIM 2015, Buenos Aires

Vanzolini, J.I., Galantini, J., Agamennoni, R. y Reinoso, O. (2009). Momento de control de cultivos de cobertura de *Vicia villosa* roth. y su efecto sobre la producción de biomasa. Jornadas Nacionales Sistemas Productivos Sustentables, Comisión Química de Suelos. AACCS. Bahía Blanca, Bs.As. Agosto 2009.

Vilches, D., Baigorria, T., Cazorla, C., Aimetta, B., Santos, D., Bojanich, M y Pegoraro, V. (2012). Efecto de *Vicia villosa* como cultivo antecesor y la fertilización nitrogenada sobre la producción del cultivo de maíz. INTA Marcos Juárez, Argentina. Informe técnico INTA.

Wander, M. M., y Triana, S. J. (1996). Organic matter fractions from organically and conventionally managed soils: I. Carbon and nitrogen distribution. Soil Science Society of America Journal, 60(4), 1081-1087.

Webster, T. M., Scully, B. T., Grey, T. L., y Culpepper, A. S. (2013). Winter cover crops influence *Amaranthus palmeri* establishment. ELSEVIER, crop production 52. 130-135.

Wiggins, M. S., Hayes, R. M., y Steckel, L. E. (2016). Evaluating cover crops and herbicides for glyphosate-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) control in cotton. Weed Technology, 30(2), 415-422.

Zadocks, J. C., Chang, T. T. y Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals Weeds Res., 14: 415-421.

Zotarelli, L., Avila, L., Scholberg, J., y Alves, B. (2009). Benefits of vetch and rye cover crops to sweet corn under no-tillage. Agronomy journal , 252-260.

## 10. ANEXO

### Producción de biomasa y eficiencia de uso del agua de los CC

**Tabla 1.** ANAVA de la producción de biomasa de los cultivos de cobertura.

<b>Análisis de la varianza</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Biomasa gr/m <sup>2</sup>	6	0.98	0.98	6.90	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18145282.48	1	18145282.48	237.52	0.000
Tratamiento	18145282.48	1	18145282.48	237.52	0.0001
Error	305579.66	4	76394.91		
Total	18450862.14	5			

**Tabla 2.** ANAVA de la eficiencia de uso del agua de los cultivos de cobertura.

<b>Análisis de la varianza</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Consumo AU	6	0.96	0.95	10.56	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	216.72	1	216.72	87.29	0.0007
Tratamiento	216.72	1	216.72	87.29	0.0007
Error	9.93	2.48			
Total	226.65	5			

**Tabla 3.** ANAVA del consumo de agua por parte de los cultivos de cobertura.

<b>Análisis de la varianza</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Consumo AU	9	0.96	0.95	6.90	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36362.41	2	18181.21	78.60	<0.0001
Tratamiento	36362.41	2	18181.21	78.60	<0.0001
Error	1387.80	6	231.30		
Total	37750.21	8			

**Presencia de malezas****Tabla 4.** Biomasa de *Lamium amplexicaule* en el muestreo del 23/08/16.

<b>Análisis de la varianza</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Lamium	8	0.94	0.92	39.61	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5416.91	2	2708.46	39.77	0.0009
Tratamiento	5416.91	2	2708.46	39.77	0.0009
Error	340.56	5	2708.46		
Total	5757.47	7			

**Tabla 5.** Biomasa de *Descurainia argentina* en el muestreo del 23/08/16.

<b>Análisis de la varianza</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Descurainia	8	0.91	0.88	61.18	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	91.72	2	45.86	25.90	0.0023
Tratamiento	91.72	2	45.86	25.90	0.0023
Error	8.85	5	1.77		
Total	100.57		7		

**Tabla 6.** Frecuencia y densidad de *Lamium amplexicaule* en el muestreo del 10/11/16.

<b>FRECUENCIA</b>				
<b>General</b>				
Familia	Enlace	nAGQ		
Binomial	logit	1		
<b>Medidas de ajuste del modelo</b>				
N	AIC	BIC	logLik	Deviance
8	19.68	20.00	-5.84	5.94
<b>Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos</b>				
Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento	2	5	15.44	0.0075

<b>DENSIDAD</b>				
<b>General</b>				
Familia	Enlace	nAGQ		
Negative Binomial(395953.8...	log	1		
<b>Medidas de ajuste del modelo</b>				
N	AIC	BIC	logLik	Deviance
8	50.84	51.24	-20.42	5.49
<b>Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos</b>				
Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento	2	5	71.72	0.0002

**Tabla 7.** Frecuencia y densidad de *Eleusine indica* en el muestreo del 10/11/16.

<b>FRECUENCIA</b>				
<b>General</b>				
Familia	Enlace	nAGQ		
Binomial	logit	1		
<b>Medidas de ajuste del modelo</b>				
N	AIC	BIC	logLik	Deviance
8	35.35	35.67	-13.68	9.07
<b>Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos</b>				
Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento	2	5	12.46	0.0114

<b>DENSIDAD</b>				
<b>General</b>				
Familia	Enlace	nAGQ		
Negative Binomial(576471.4..)	log	1		
<b>Medidas de ajuste del modelo</b>				
N	AIC	BIC	logLik	Deviance
8	82.73	83.21	-35.37	8.54
<b>Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos</b>				
Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento	2	5	45.70	0.0006

**Tabla 8.** Frecuencia y densidad de *Eleusine indica* en el muestreo del 15/12/16.

<b>FRECUENCIA</b>				
<b>General</b>				
Familia	Enlace	nAGQ		
Binomial	logit	1		
<b>Medidas de ajuste del modelo</b>				
N	AIC	BIC	logLik	Deviance
8	31.32	31.64	-11.66	4.49
<b>Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos</b>				
Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento	2	5	13.45	0.0097

<b>DENSIDAD</b>				
<b>General</b>				
Familia	Enlace	nAGQ		
Negative Binomial(3.0483)	log	1		
<b>Medidas de ajuste del modelo</b>				
N	AIC	BIC	logLik	Deviance
8	66.93	67.33	-28.46	7.38
<b>Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos</b>				
Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento	2	5	13.34	0.0099

**Tabla 9.** Frecuencia y densidad de *Digitaria sanguinalis* en el muestreo del 10/11/16.

<b>FRECUENCIA</b>				
<b>General</b>				
Familia	Enlace	nAGQ		
Binomial	logit	1		
<b>Medidas de ajuste del modelo</b>				
N	AIC	BIC	logLik	Deviance
8	54.92	55.32	-22.46	2.39
<b>Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos</b>				
Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento	2	5	2.51	0.1759

<b>DENSIDAD</b>				
<b>General</b>				
Familia	Enlace	nAGQ		
Negative Binomial(1.2552)	log	1		
<b>Medidas de ajuste del modelo</b>				
N	AIC	BIC	logLik	Deviance
8	90.50	90.90	-40.25	8.44
<b>Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos</b>				
Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento	2	5	11.72	0.0130

**Tabla 10.** Frecuencia y densidad de *Digitaria sanguinalis* en el muestreo del 15/12/16.

<b>FRECUENCIA</b>				
<b>General</b>				
Familia	Enlace	nAGQ		
Binomial	logit	1		
<b>Medidas de ajuste del modelo</b>				
N	AIC	BIC	logLik	Deviance
7	38.15	37.93	-15.07	5.43
<b>Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos</b>				
Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento	2	4	3.47	0.1335

<b>DENSIDAD</b>				
<b>General</b>				
Familia	Enlace	nAGQ		
Negative Binomial(2.2187)	log	1		
<b>Medidas de ajuste del modelo</b>				
N	AIC	BIC	logLik	Deviance
8	66.45	66.85	-28.23	7.93
<b>Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos</b>				
Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento	2	5	3.09	0.1341

**Tabla 11.** Frecuencia y densidad de *Conyza bonariensis* en el muestreo del 15/12/16.

<b>FRECUENCIA</b>				
<b>General</b>				
Familia	Enlace	nAGQ		
Binomial	logit	1		
<b>Medidas de ajuste del modelo</b>				
N	AIC	BIC	logLik	Deviance
8	28.77	29.09	-10.39	4.02
<b>Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos</b>				
Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento	2	5	13.26	0.0100

<b>DENSIDAD</b>				
<b>General</b>				
Familia	Enlace	nAGQ		
Negative Binomial(102170.5..	log	1		
<b>Medidas de ajuste del modelo</b>				
N	AIC	BIC	logLik	Deviance
8	33.61	34.01	-11.80	3.59
<b>Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos</b>				
Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento	2	5	7.00	0.0355

### Contenido de agua en el suelo

**Tabla 12.** Agua útil (mm) hasta los 2 m de profundidad del suelo en parcelas con CC y B en diferentes instancias de evaluación.

<b>Medidas de ajuste del modelo</b>							
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R <sup>2</sup> 0	R <sup>2</sup> 1	R <sup>2</sup> 2
27	194.07	204.76	-85.04	20.71	0.95	0.95	0.95
<b>Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)</b>							
	numDF	denDF	F-value	p-value			
(Intercept)	1	12	1186.72	<0.0001			
Tratamiento	2	4	28.14	0.0044			
Momento	2	12	128.28	<0.0001			
Tratamiento :momento	4	12	10.60	0.0007			

**Tabla 13.** Agua útil a los 2 m de profundidad en madurez fisiológica de maíz con y sin fertilización nitrogenada en parcelas con CC y B.

<b>Maíz MF S/F</b>					
<b>Análisis de la varianza.</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
MAIZ MF S/F	9	0.54	0.07	19.63	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3799.74	4	949.94	1.16	0.4453
Tratamiento	1435.01	2	717.51	0.87	0.4841
Bloque	2364.73	2	1182.37	1.44	0.3378
Error	3282.17	4	820.54		
Total	7081.91	8			

<b>Análisis de la varianza. Maiz MF C/F</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
MAIZ MF S/F	9	0.71	0.41	14.30	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7060.07	4	1765.02	2.40	0.2090
Tratamiento	1669.63	2	834.81	1.13	0.4074
Bloque	5390.44	2	2695.22	3.66	0.1249
Error	2945.95	4	736.49		
Total	10006.03	8			

## Contenido de nitrógeno en suelo

**Tabla 14.** Contenido de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg kg<sup>-1</sup>) hasta los 40 cm de profundidad en los momentos de siembra de CC, secado de CC y siembra de maíz.

Medidas de ajuste del modelo							
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R <sup>2</sup> 0	R <sup>2</sup> 1	R <sup>2</sup> 2
27	132.98	144.56	-53.49	0.19	0.88	0.88	0.89
Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)							
	numDF	denDF	F-value	p-value			
(Intercept)	1	12	338.89	<0.0001			
Tratamiento	2	4	9.44	0.0306			
Momento	2	12	57.76	<0.0001			
Tratamiento :momento	4	12	4.16	0.0243			

**Tabla 15.** Contenido de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg kg<sup>-1</sup>) hasta los 40 cm de profundidad en madurez fisiológica del maíz con y sin fertilización.

Análisis de la varianza. Maíz MF S/F					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
MAIZ MF S/F	9	0.22	0.00	70.40	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	214.70	2	107.35	0.82	0.4833
Tratamiento	214.70	2	107.35	0.82	0.4833
Error	782.82	6	130.47		
Total	997.52	8			

<b>Análisis de la varianza. Maíz MF C/F</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
MAIZ MF S/F	9	0.09	0.00	31.48	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	34.35	2	17.17	0.29	0.7598
Tratamiento	34.35	2	17.17	0.29	0.7598
Error	358.21		6	59.70	
Total	392.56		8		

### **Contenido de nitrógeno en planta**

**Tabla 16.** Absorción de nitrógeno (g N m<sup>-2</sup>) de los cultivos de cobertura antes del secado de los mismos

<b>Análisis de la varianza. Absorción de N en cultivos de cobertura</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Absorción de N	6	0.96	0.95	9.94	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	37.72	1	37.72	105.38	0.0005
Tratamiento	37.72	1	37.72	105.38	0.0005
Error	1.43	4	0.36		
Total	39.15	5			

**Tabla 17.** Contenido de N (g N m<sup>-2</sup>) en planta entera de maíz en floración (9/03/17) con y sin fertilización.

<b>Análisis de la varianza. Contenido de N en Maíz S/F en floración</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Abs de N planta entera	9	0.75	0.67	6.39	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13.68	2	6.84	9.09	0.0153
Tratamiento	13.68	2	6.84	9.09	0.0153
Error	4.52	6	0.75		
Total	18.20	8			

<b>Análisis de la varianza. Contenido de N en Maíz C/F en floración</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Abs de N planta entera	9	0.48	0.31	12.81	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25.55	2	12.78	2.76	0.1414
Tratamiento	25.55	2	12.78	2.76	0.1414
Error	27.79	6	4.63		
Total	53.34	8			

**Tabla 18.** Contenido de N (g N m<sup>-2</sup>) en planta entera de maíz en madurez fisiológica (17/05/17) según tratamientos.

<b>Análisis de la varianza. Contenido de N en Maíz S/F en madurez fisiológica</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Abs de N planta entera	9	0.21	0.00	12.71	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11.81	2	5.90	0.78	0.5014
Tratamiento	11.81	2	5.90	0.78	0.5014
Error	45.64	6	7.61		
Total	57.45	8			

<b>Análisis de la varianza. Contenido de N en Maíz C/F en madurez fisiológica</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Abs de N planta entera	9	0.22	0.00	8.74	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.00	2	4.00	0.82	0.4833
Tratamiento	8.00	2	4.00	0.82	0.4833
Error	29.1	6	4.86		
Total	37.16	8			

## Rendimiento de maíz

**Tabla 19.** Rendimiento de maíz con y sin fertilización según manejo invernal.

<b>Rendimiento de maíz S/F</b>						
<b>Medidas de ajuste del modelo.</b>						
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R <sup>2</sup> 0	R <sup>2</sup> 1
9	106.53	105.49	-48.27	573.03	0.62	0.62
<b>Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)</b>						
	numDF	denDF	F-value	p-value		
(Intercept)	1	4	1773.11	<0.0001		
Tratamiento	2	4	4.82	0.0859		

<b>Rendimiento de maíz C/F</b>						
<b>Medidas de ajuste del modelo.</b>						
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R <sup>2</sup> 0	R <sup>2</sup> 1
9	106.88	105.84	-48.44	564.69	0.35	0.46
<b>Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)</b>						
	numDF	denDF	F-value	p-value		
(Intercept)	1	4	1581.71	<0.0001		
Tratamiento	2	4	1.81	0.2752		