

Trabajo de Intensificación

Evaluación de la inclusión de un cultivo de cobertura y  
fertilización nitrogenada sobre la producción de maíz semilla  
bajo riego

**Tomás Alberdi**

Tutor

Ing. Agr. (Mag.) Juan Pablo Renzi

Consejeros

Dr. Juan Manuel Martínez

Dr. Alejandro Presotto

Departamento de Agronomía  
Universidad Nacional del Sur



Diciembre 2020

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a mis padres y mi hermana por sus consejos, compañía y apoyo incondicional a lo largo de esta carrera.

Gracias a mis amigos, por todos los momentos compartidos y su apoyo incondicional. Disfruté mucho mi paso por la Universidad y se lo debo a ellos.

Gracias a mi tutor Juan Pablo Renzi, por guiarme en la realización de este trabajo.

Gracias a mis consejeros Alejandro Presotto y Juan Manuel Martínez, por sus valiosas correcciones y sugerencias.

Gracias al establecimiento La Guía y al Ing. Agr. Francisco Lodos por permitirme realizar este trabajo.

Gracias a Lihué Perdigón por su apoyo en las distintas actividades de este proyecto, sobre todo en los meses en los que no estuve presente. Así mismo, gracias a Emilio y Santiago por su ayuda.

Gracias a la Universidad Nacional del Sur (UNS) y a todas las personas que componen el Departamento de Agronomía, por brindarme las herramientas para poder formarme como profesional.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. OBJETIVOS.....	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1. Sitio experimental.....	13
3.1.1. Ubicación geográfica .....	13
3.1.2. Características generales de la empresa .....	14
3.1.3. Clima .....	14
3.1.4. Ubicación y características edáficas del sitio de ensayo .....	15
3.2. Registro de temperatura, precipitaciones y riegos .....	16
3.3. Diseño experimental, tratamientos y manejo de los cultivos .....	16
3.4. Medición del impacto ambiental de los herbicidas utilizados .....	18
3.5. Determinaciones en el suelo .....	18
3.6. Determinaciones en el CC.....	19
3.6.1 Acumulación de materia seca (MS) en la biomasa aérea.....	19
3.6.2. Apreciación visual del efecto supresor de malezas .....	19
3.7. Determinaciones en el cultivo de maíz semilla .....	20
3.7.1. Plantas logradas .....	20
3.7.2. Rendimiento.....	20
3.8. Análisis estadísticos .....	21
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1. Características meteorológicas del período de ensayo.....	22
4.2. Impacto ambiental de los herbicidas utilizados .....	24
4.3. Determinaciones en el CC.....	25
4.3.1 Acumulación de materia seca (MS) en la biomasa aérea.....	25
4.3.2. Apreciación visual del efecto supresor de malezas .....	26
4.4. Efecto del cultivo de cobertura y la fertilización en rendimiento del maíz.....	26
5. CONCLUSIONES .....	31
6. BIBLIOGRAFÍA.....	32
ANEXO IMÁGENES .....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Superficie y producción de los principales cultivos agrícolas del Partido de Coronel Suárez (AER INTA Coronel Suárez, 2020).....	4
<b>Tabla 2.</b> Producción de biomasa ( $t\ ha^{-1}$ ) y ciclo promedio (días) de diferentes antecedentes de uso de cultivos de cobertura en base a gramíneas (avena, centeno, raigrás, etc.) en la Región Pampeana dividido por Provincia (Prov) y Partido o Departamento. ....	9
<b>Tabla 3.</b> Niveles de los factores “CC” y “Dosis N” que definen los distintos tratamientos. 16	
<b>Tabla 4.</b> Herbicidas aplicados en la parcela Barbecho (sin CC). ....	17
<b>Tabla 5.</b> Herbicidas aplicados en la parcela con CC.....	18
<b>Tabla 6.</b> Resultados del análisis de suelo.....	19
<b>Tabla 7.</b> Escala de apreciación visual de malezas. ....	20
<b>Tabla 8.</b> Valores de la probabilidad ( <i>p</i> -valor) de los factores CC y dosis N para el rendimiento de maíz semilla y sus componentes. Coeficiente de variación (CV%) .....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de producción de biomasa ( $t\ ha^{-1}$ ) de diferentes antecedentes de uso de cultivos de cobertura en base a gramíneas (avena, centeno, raigrás, etc.) en la Región Pampeana. Fuente: elaboración propia.....	11
<b>Figura 2.</b> Ubicación geográfica del establecimiento “La Guía” y localidades aledañas. ....	13
<b>Figura 3.</b> Ubicación en amarillo del sitio de ensayo dentro del establecimiento. ....	15
<b>Figura 4.</b> Temperatura media, mínima media y máxima media del periodo marzo 2018 a marzo de 2019 y temperatura media histórica, mínima media histórica y máxima media histórica del periodo 1981-2010.....	22
<b>Figura 5.</b> Precipitación (PP) mensual del período marzo de 2018 a marzo de 2019 y media histórica mensual del período 1999-2017. ....	23
<b>Figura 6.</b> Precipitaciones diarias (PP) y riegos aplicados durante el período de ensayo. En la parte superior se indican las fechas de siembra del CC (SCC), quemado del CC (QCC), siembra (SM) y cosecha (CM) del maíz. También se indican los mm recibidos en cada período. ....	24
<b>Figura 7.</b> Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los herbicidas aplicados en las parcelas Avena y Barbecho.....	25
<b>Figura 8.</b> Valores de plantas $m^{-2}$ (n), espigas $m^{-2}$ (n), granos espiga $^{-1}$ (n), $P_{1000}$ (g) y rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ) según presencia/ausencia de CC y dosis de N. Medias de 3 observaciones. Letras mayúsculas distintas difieren significativamente con $p < 0,10$ (e) y $p < 0,05$ (g y h) según DMS. ....	30

## RESUMEN

Ante un escenario mundial de demanda creciente de productos y subproductos de la agricultura, cuidar el suelo resulta fundamental para que la producción agropecuaria sea sostenible. La inclusión de cultivos de cobertura (CC) en el período comprendido entre dos cultivos de cosecha permite mitigar los efectos perjudiciales de la agricultura continua. El objetivo del siguiente trabajo fue evaluar el efecto de la inclusión de *Avena sativa* como CC y de dosis variables de nitrógeno (N) sobre el rendimiento de maíz para semilla bajo riego en el Partido de Coronel Suárez. El estudio se realizó en un lote del establecimiento “La Guía” (37°16'41,3 “S; 61°42'18.1” O), en el período comprendido entre marzo de 2018 y marzo de 2019. El diseño experimental del ensayo fue en franjas (n=3) con un arreglo de tratamientos en parcelas divididas con tres repeticiones. A las parcelas principales se les asignó el factor “CC” con dos niveles: 1) con Avena como CC y 2) Barbecho (sin CC). A las sub-parcelas se les asignó el factor “Dosis N” con tres niveles de fertilización en el cultivo de maíz: 1) 0N, 2) 130N-X y 3) 180N-X. Los tratamientos quedaron definidos por las combinaciones entre los niveles de cada factor.

En el CC se determinó la producción de materia seca (MS) de *A. sativa* al secado y su efecto supresor de malezas. En el cultivo de maíz semilla se determinó el rendimiento y sus componentes. La producción de MS de la avena al momento del secado fue de 3351 kg ha<sup>-1</sup> con un desvío estándar de 403 kg ha<sup>-1</sup>. Se observó un eficiente control de malezas por parte del CC. No se observó un efecto del CC y los niveles de fertilización sobre el rendimiento de semilla de maíz y sus componentes, excepto en el P1000. Este componente mostró interacción entre CC y dosis N. En el CC, la dosis de 180N-X mostró el menor valor de granos por espiga en relación al testigo sin N. En contraste, en el testigo se registró el menor valor de P<sub>1000</sub> en relación a los tratamientos fertilizados con 130N-X y 180N-X. Para el barbecho sin CC se encontraron diferencias significativas en el P<sub>1000</sub> entre los tres niveles de fertilización, siendo los valores medios 142, 185 y 218 gramos para las dosis 0N, 180N-X y 130N-X, respectivamente. Cuando no se fertilizó, los tratamientos con CC mostraron un mayor P<sub>1000</sub> (175 vs 142 g; p<0,05) que aquellos bajo barbecho sin CC. En los tratamientos fertilizados, y considerando un nivel de significancia del p<0,10 se pudo observar un mayor rendimiento del maíz semilla con ausencia del CC (8,9 vs 7,0 t ha<sup>-1</sup>).

## 1. INTRODUCCIÓN

A partir de la segunda guerra mundial la población mundial comenzó a crecer a una tasa de mil millones de habitantes por década y se estima que para el año 2100, el mundo estará habitado por doce mil millones de personas. Este incremento poblacional trae aparejado un aumento en la demanda de producción de alimentos, no sólo en cantidad sino también en su calidad. Además, los productos y subproductos de la agricultura deberán cubrir la demanda creciente de bioenergía (biocombustibles y biogás), biomateriales (insumos industriales), bioproductos (bioplásticos) y bioservicios (servicios ecosistémicos y eco-turismo) (Trigo, 2017). En este escenario, cuidar los recursos naturales, entre ellos el suelo, resulta fundamental para que la producción agropecuaria pueda mantenerse a lo largo del tiempo sin afectar la calidad de vida de la población actual ni de las generaciones futuras (Caviglia y Andrade, 2010; Almada, 2017).

Argentina se encuentra entre los países con mayor participación en los mercados internacionales de productos agroalimenticios gracias a sus destacadas condiciones agroecológicas y al capital humano del sector agropecuario y agroindustrial. Presenta una gran diversidad en cuanto a sus sistemas de producción y a los distintos tipos de productos que se obtienen, haciendo que el país sea un actor protagónico en la contribución a la oferta mundial de alimentos, fibras y energía de origen biológico (Almada, 2017).

El sector agropecuario aporta más del 50% del valor total de las exportaciones argentinas y tiene una participación aproximada del 7 % en el Producto Bruto Interno (PBI) total, llegando al 18-22% si se considera la contribución indirecta de la cadena de procesamiento de los productos agropecuarios. En poco más de 50 años, la producción agropecuaria argentina se ha casi cuadruplicado. Comparativamente, tanto a escala mundial como nacional, la tasa de crecimiento de la agricultura está muy por encima de la ganadería. Este crecimiento se debe principalmente al aumento en la productividad y el avance tecnológico (Andrade, 2017).

La actividad agrícola de la región pampeana está orientada principalmente a la producción de soja (*Glycine max L.*), maíz (*Zea mays L.*), trigo, (*Triticum aestivum L.*) y girasol (*Helianthus annuus L.*). En las últimas décadas, esta región se ha transformado profundamente. La superficie destinada a estos cultivos ha crecido en detrimento de las pasturas, pasando de esquemas mixtos con 4-5 años de pasturas perennes seguidos de 4-8 años de cultivos anuales a secuencias continuas de cereales y oleaginosas anuales.

Además, la productividad de los cultivos ha aumentado significativamente debido al mayor uso de tecnologías (Rillo, 2010).

La llegada de la tecnología de la siembra directa (SD) ha tenido un gran impacto en la producción agropecuaria del país. Hoy en día, la adopción promedio nacional de SD se encuentra por encima del 90%. Esta práctica tiene un gran potencial en el secuestro de carbono, en la mejora de la calidad del suelo y en el logro de una productividad sostenida de los cultivos. Sin embargo, en ciertas regiones se observa el avance de procesos de degradación debido a la ausencia de gramíneas en las rotaciones (Rainaud, 2019). Además, la adopción masiva de esta tecnología junto al uso sistemático de glifosato y otros herbicidas con el mismo modo de acción han causado la aparición de malezas resistentes.

En los últimos años, más del 70% de los suelos agrícolas de la región pampeana han sido destinados a la siembra continua de soja. Esto provocó cambios importantes en su cobertura debido a la escasez de los rastrojos de este cultivo y a su rápida descomposición (Espina, 2016). La materia orgánica (MO) se ve afectada en gran medida por el uso intensivo del suelo. La elevada frecuencia de cultivos con bajo aporte de rastrojos en las rotaciones provoca disminuciones en el contenido de MO, afectando la productividad del suelo. Esta disminución también se ve favorecida por el aumento de procesos erosivos asociados a menor cobertura. Esto genera una pérdida de fertilidad química y física por el rol de la MO en el suministro de muchos nutrientes y a su efecto como agente cementante que determina la estructura y estabilidad del suelo. Ante esta situación, los productores han recurrido al uso cada vez mayor de fertilizantes de síntesis química, especialmente nitrogenados, para lograr rendimientos que garanticen la rentabilidad de la producción. Esta situación puede ocasionar efectos negativos sobre el ambiente, asociados al lavado de N proveniente de fertilizantes hacia las napas y a pérdidas gaseosas hacia la atmósfera. Además, la producción de fertilizantes nitrogenados depende de la energía de combustibles fósiles, lo cual conlleva un elevado costo económico-ambiental (Echeverría y Sainz Rozas, 2015).

En los suelos agrícolas del partido de Coronel Suárez se comienza a observar los efectos negativos de una alta frecuencia del monocultivo de soja o trigo/soja (Sá Pereira *et al.*, 2012). Este partido posee una superficie de 540.000 hectáreas, con un 60% dedicado a la agricultura y el resto a la ganadería (Municipalidad de Coronel Suárez, 2013). La superficie y la producción de los principales cultivos agrícolas del partido se resume en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Superficie y producción de los principales cultivos agrícolas del Partido de Coronel Suárez (AER INTA Coronel Suárez, 2020).

	Cultivo				
	Trigo	Cebada	Soja	Girasol	Maíz
Superficie (ha)	107.800	35.400	137.800	26.000	34.300
Producción (t)	342.400	125.020	350.000	72.600	151.250

A partir de 1997, con la introducción de la soja resistente al herbicida glifosato (RR), este cultivo pasó a dominar el paisaje y las pasturas perennes disminuyeron su superficie quedando en el orden del 12% del área del partido. Dado que el maíz es más sensible que la soja a la disponibilidad de agua y nutrientes, la degradación del suelo genera un círculo vicioso en el que la soja es cada vez más rentable en relación al maíz (Capurro *et al.*, 2012). En consecuencia, los procesos erosivos y la degradación del suelo se han incrementado en los últimos 15 años (Sá Pereira *et al.*, 2018).

En este partido, las precipitaciones no logran cubrir el uso consuntivo de los cultivos, limitando frecuentemente el rendimiento y la respuesta a la fertilización (Sá Pereira *et al.*, 2012). Además, la escasa cantidad y la baja perdurabilidad en el tiempo de los residuos de cosecha producen un menor aprovechamiento de las lluvias estivales, ya que gran parte del agua de lluvia se pierde por escurrimiento superficial. Por lo tanto, el riego complementario es una tecnología muy adoptada por los productores, ya que el partido cuenta con 15.540 hectáreas bajo riego con pivot central. El gran impacto de esta tecnología se observa especialmente en el maíz, en donde durante algunas campañas los rendimientos con riego complementario llegan a duplicar los de secano (Marini, 2015).

La inclusión del maíz en las rotaciones de cultivos puede incidir positivamente en el contenido de MO del suelo, ya que aporta al sistema un alto volumen de rastrojo con alta relación carbono/nitrógeno (C/N). La importancia de este cultivo se evidencia en el incremento de la superficie sembrada y la cantidad de grano producido en los últimos años, gracias al mejoramiento genético y la tecnología que se emplea en su producción. Es así que en la última campaña (19/20), fue el grano de mayor producción a nivel nacional, alcanzando la cifra de 56 millones de toneladas y superando a la producción de soja por primera vez en 20 años (BCSF, 2020). Argentina es el quinto productor mundial de maíz y ocupa el tercer lugar entre los principales exportadores, luego de Estados Unidos y Brasil. El complejo maicero es el tercer complejo exportador del país y representa

aproximadamente el 10% del total de las exportaciones. El grano de maíz es un insumo clave de diversas industrias, que abarca desde su uso como alimento humano y forraje de las producciones de carne o leche, hasta su procesamiento industrial, cuyo producto final es bebida, alimento o biocombustible.

Dada la importancia de este cultivo en el país, las empresas dedicadas a la producción de semillas de maíz enfrentan el desafío de aumentar su producción para satisfacer la demanda nacional. La semilla de maíz utilizada en los planteos productivos se denomina semilla híbrida. Esta se forma cuando dos plantas no emparentadas se cruzan. Cada variedad híbrida consiste en una combinación específica de una progenitora hembra (que produce la semilla) y un progenitor macho (que produce el polen). La semilla híbrida producida posee una configuración genética única, resultado de ambos progenitores y produce una planta con características genéticas mejoradas, por ejemplo, mayor rendimiento y resistencia a enfermedades o condiciones ambientales adversas (MacRobert *et al.*, 2014)

En la producción de semillas de maíz se deben minimizar los distintos tipos de estrés para lograr un buen resultado. Esto se debe a que los progenitores tienden a ser más susceptibles por su condición endogámica. Por otro lado, debido a la susceptibilidad de algunas líneas, los herbicidas disponibles para maíz no pueden utilizarse en la producción de semillas. Por ejemplo, algunas líneas muestran sensibilidad al herbicida dicamba y a las sulfonilureas (Jándula, 2007). Ante esta situación, es necesario que los lotes destinados a esta producción sean manejados de una manera sustentable con el fin de brindar las mejores condiciones para el desarrollo del cultivo.

El logro de una agricultura sustentable debería optimizar el balance de carbono orgánico (CO) del suelo para incrementar su contenido de MO y utilizar prácticas que permitan aportar N a los cultivos con el mínimo riesgo ambiental. La optimización del balance de CO puede llevarse a cabo mediante una reducción de las pérdidas por mineralización o erosión y/o un mayor aporte de biomasa vegetal al suelo a través del aumento de los rendimientos de los cultivos y del número de cultivos por año en la secuencia agrícola (Quiroga y Studdert, 2014). En general, en los planteos de agricultura continua se reponen alrededor del 25 % de N y 55 % del P que se extrae. En el caso de calcio (Ca), azufre (S) y magnesio (Mg) se aporta mucho menos (Sá Pereira, 2013).

En este contexto, una de las prácticas más recomendadas para contrarrestar los problemas asociados con la agricultura continua es la siembra de cultivos de cobertura (CC)

en los periodos de barbecho (Pinto y Piñeiro, 2018). Los CC o cultivos de servicios (CS) se siembran entre dos cultivos de cosecha y no son incorporados al suelo (a diferencia de los abonos verdes), pastoreados (a diferencia de los verdes) ni cosechados (Ruffo y Parsons, 2004). Sus residuos quedan en superficie protegiendo al suelo y liberando gradualmente nutrientes como resultado de procesos de degradación de su biomasa aérea y radical.

Los CC son utilizados para prevenir la erosión, mejorar la captación, distribución y almacenaje de agua, controlar recargas del nivel freático y disminuir el ascenso de sales a la superficie, reducir la compactación, atenuar temperaturas extremas en superficie y mitigar el estrés abiótico, minimizar la lixiviación de nitratos, “anclar” residuos de cosecha, incrementar el contenido de C y N del suelo, controlar malezas y aportar N mineral al cultivo siguiente. Para que sea factible su adopción, el CC no debería afectar la implantación del cultivo de renta, ni comprometer su rendimiento por reducir las reservas hídricas del perfil del suelo (Novelli *et al.*, 2010). De esta manera, los CC son una herramienta ideal ya que cumplen con el doble rol de aportar C e incrementar el potencial de rendimiento de los cultivos siguientes. Es así que surgen como una alternativa para ayudar a la intensificación agrícola en forma sustentable, ya que ayudarían a incrementar la productividad del suelo al aumentar el C orgánico total (COT) (Crespo, 2016).

La elección de la especie a sembrar y su manejo varía ampliamente de acuerdo con la problemática a resolver. Carfagno *et al.* (2012), mencionaron que en la elección de la especie se deben considerar cuatro parámetros: la tasa de descomposición de residuos, la recarga de humedad del perfil, la rotación en la que se incluye el CC y la sincronización entre la mineralización de N acumulado en la biomasa de los CC con los requerimientos del cultivo siguiente. Diversas especies pueden utilizarse como CC. En zonas templadas las más utilizadas son principalmente gramíneas y leguminosas. Dentro de las primeras, las especies más utilizadas son centeno (*Secale cereale L.*), por su tolerancia al frío y al estrés hídrico, la avena (*Avena sativa L.*), debido entre otras razones a la disponibilidad de variedades adaptadas a diferentes regiones (AAPRESID, 2017) y el triticale (*x Triticosecale Wittmack*), muy utilizado en regiones donde el objetivo es consumir el agua que se presenta en exceso. También se utilizan trigo (*Triticum aestivum*), cebada (*Hordeum vulgare L.*) y ray grass (*Lolium multiflorum L.*).

La inclusión de una gramínea como CC permite mejorar la infiltración de agua de lluvia y su almacenaje en el perfil de suelo. Los restos vegetales de estos cultivos, cuando son manejados superficialmente, constituyen excelentes coberturas que podrían disminuir

las pérdidas de agua por escurrimiento y evaporación, lo cual aumenta la eficiencia de uso del agua (EUA) y reduce las necesidades de riego y los riesgos de salinización. Otro aspecto potencialmente beneficioso es la disminución de las pérdidas de nitratos por lixiviación, especialmente en barbechos largos. El proceso consta de dos etapas: i) la absorción por el CC de los nitratos residuales (aquellos presentes en los primeros 150 cm del suelo luego de la cosecha del cultivo), o los producidos por la mineralización de la materia orgánica o rastrojo durante el período entre los cultivos de renta, y ii) la liberación de ese N durante el cultivo siguiente, debido a la descomposición de los residuos del CC (Rimski-Korsakov *et al.*, 2012). Este N incorporado al suelo proveniente de biomasa es utilizado de manera más eficiente por el cultivo siguiente que el N derivado de fertilizantes (Fernandez *et al.*, 2012). Además, los CC pueden reducir esta lixiviación porque su transpiración disminuye la cantidad de agua percolante que desplaza a estos nitratos hacia las napas (Rimski-Korsakov *et al.*, 2012). Al consumir el exceso de agua, generan condiciones para mejor transitabilidad de las maquinarias, que en muchos casos condiciona el desarrollo de la práctica de siembra directa (Scianca, 2010).

A su vez, las gramíneas utilizadas como CC son una herramienta útil para el control de malezas ya que limitan su emergencia gracias a la abundante cubierta vegetal que producen. La habilidad de los CC para suprimir el crecimiento de las malezas está relacionada con la liberación de sustancias inhibitorias (efecto alelopático), la reducción de los niveles de luz en la superficie del suelo (efecto de sombreo), la desaceleración de la fotosíntesis, el consumo de agua, la competencia por nutrientes y los cambios en la temperatura del suelo. Estas condiciones reducen la germinación de la semilla y actúan como una barrera física de la emergencia de las plántulas (Gamerro y Picco, 2019).

Es muy importante el aporte que logra esta práctica en cuanto al balance de C. En un ensayo de 4 años empleando gramíneas como CC, Scianca *et al.* (2012) verificaron un aumento en los tenores de carbono orgánico y una mejora en la condición física de los suelos (infiltración, velocidad de infiltración, resistencia a la penetración, densidad aparente).

Si bien la utilización de CC está asociada a múltiples beneficios, un manejo inadecuado de los mismos puede implicar reducciones en la productividad de los suelos. El conocimiento del impacto de los CC en cada ambiente en particular permite, por lo tanto, tomar las mejores decisiones para maximizar los efectos positivos de los mismos. El principal problema de esta práctica radica en que su utilización en regiones con limitantes

hídricas puede reducir la disponibilidad de agua para el cultivo siguiente (Cazorla *et al.*, 2018). Es así que el momento en que se finalice el CC mediante secado químico o mecánico, debe ajustarse a las precipitaciones de la región para garantizar la recarga del perfil previo a la siembra del cultivo siguiente. Además, debe considerarse que el ciclo del CC debe ser lo suficientemente largo como para lograr una acumulación de biomasa que garantice cobertura y aportes de C (Rillo *et al.*, 2012).

Aquellos CC que producen mayor cantidad de materia seca en forma anticipada, permiten adelantar su secado, beneficiando a los cultivos estivales, con un mayor aprovechamiento de las precipitaciones que ocurren al principio de la primavera (barbecho) (Bertolla *et al.*, 2012). Este aspecto es muy importante para la producción de semillas de maíz, teniendo en cuenta que la fecha de siembra suele ser temprana. Las especies de rápido crecimiento mejoran la EUA, ya que cubren el suelo rápidamente evitando pérdidas de agua por evaporación.

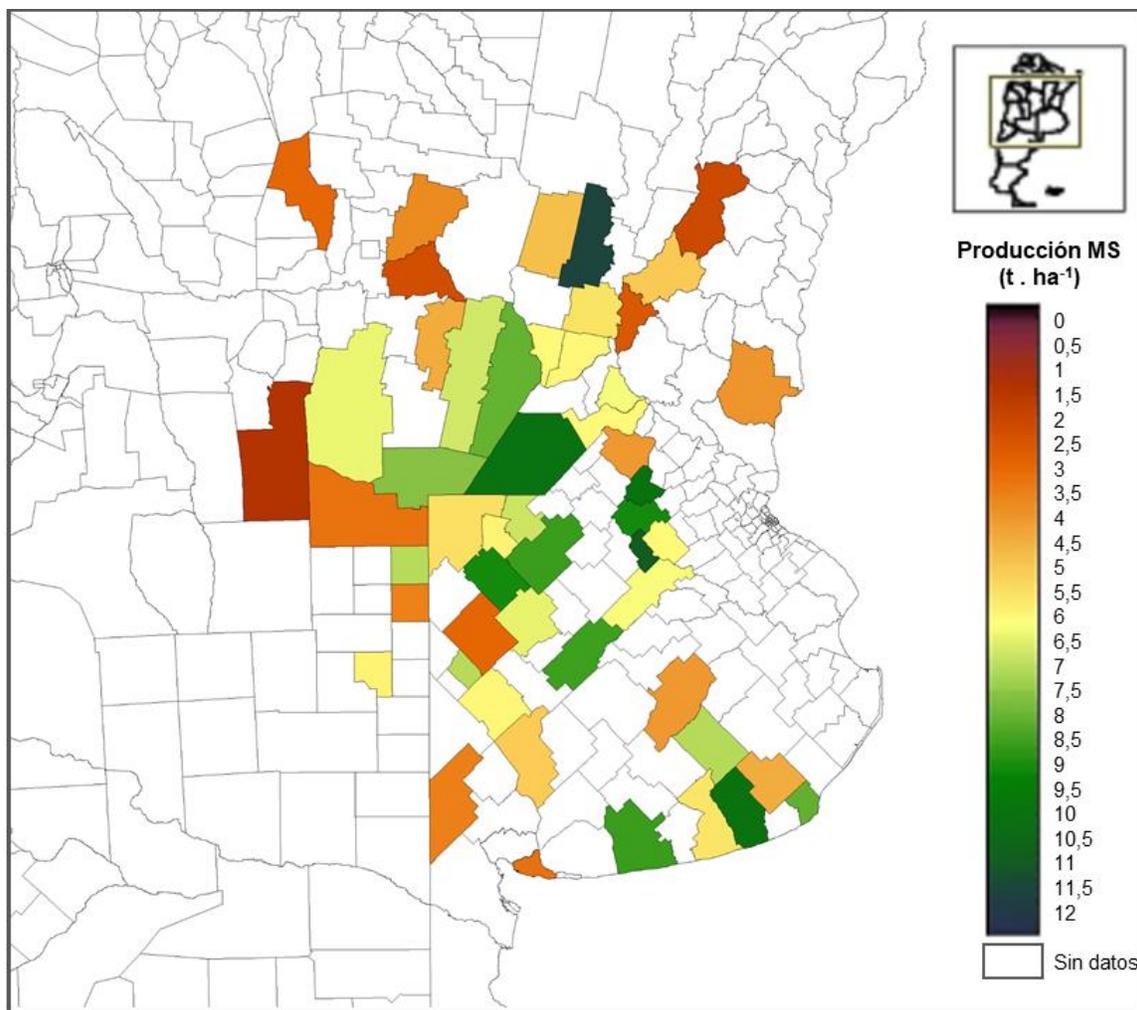
La producción de biomasa aérea de los CC puede variar entre años, dependiendo de las características del lugar y de las condiciones climáticas en donde se desarrollan. En la región pampeana, la producción de biomasa de gramíneas utilizadas como CC se ha evaluado de numerosas ocasiones. En la Tabla 2 y la Figura 1 se presentan distintos antecedentes que han sido publicados. Los mismos están representados por un 37% de centeno, 31% de avena, 12% de triticale y ray grass, 5% de trigo, 3% de cebada y 1% de cebadilla.

**Tabla 2.** Producción de biomasa ( $t\ ha^{-1}$ ) y ciclo promedio (días) de diferentes antecedentes de uso de cultivos de cobertura en base a gramíneas (avena, centeno, raigrás, etc.) en la Región Pampeana dividido por Provincia (Prov) y Partido o Departamento.

Prov	Partido/Departamento	n	Ciclo (días)		Biomasa CC		Referencia
			Media	D.E.	Media	D.E.	
BA	Alberti	2	156	0	10,8	0,4	61
	Azul	1	189	0	4,0	0,0	61
	Balcarce	11	158	20	4,3	2,4	16;17;18;57
	Bolívar	3	163	0	8,5	0,9	59
	Carlos Tejedor	3	145	0	9,0	2,2	59
	Chacabuco	3	170	0	9,0	2,3	55
	Chivilcoy	3	127	0	6,0	1,3	59
	Coronel Rosales	5	275	0	3,3	1,0	20
	<b>Coronel Suárez</b>	<b>19</b>	<b>216</b>	<b>32</b>	<b>4,9</b>	<b>2,8</b>	22;24;70
	Florentino Ameghino	19	164	23	5,8	2,5	33;34;42;44
	General Pinto	6	139	0	6,8	2,0	48
	General Pueyrredón	3	198	27	8,0	3,6	52;54
	General Villegas	74	165	28	5,5	2,9	8;29;31;32;35;36;37;38;39;40;41;46;48;65;66
	Guaminí	4	176	18	5,9	1,1	59;61
	Lincoln	4	153	0	8,5	1,5	46
	Lobería	2	167	0	9,8	2,5	54
	Necochea	7	217	16	5,6	1,5	51;59;61
	Pehuajó	4	153	0	6,4	1,3	46
	Pergamino	17	142	20	3,9	1,8	3;28
	Puan	10	228	0	3,6	0,8	20
	Salto	2	185	0	9,8	1,1	61
	Tandil	1	176	0	7,0	0,0	61
	Trenque Lauquen	12	154	7	2,8	1,1	4;46;61;64
	Tres Arroyos	9	200	26	8,7	2,5	25
Tres Lomas	4	169	18	7,0	1,1	58	
Veinticinco de Mayo	24	175	7	6,1	3,1	6;67	
CO	Cruz del Eje	3	94	0	2,8	1,3	59
	General Roca	9	166	26	3,2	2,3	59;60;61
	General San Martín	2	154	4	4,3	3,2	61
	Marcos Juárez	41	139	31	8,0	4,2	10;19;21;30;59;61
	Roque Sáenz Peña	4	168	17	7,5	2,3	15
	Río Cuarto	4	153	0	6,3	1,4	45;49
	Río Primero	4	162	10	3,6	2,5	59;61
	Río Segundo	11	141	19	2,2	1,1	5;59
	Unión	4	168	17	6,6	2,5	15
SF	Belgrano	1	183	0	6,0	0,0	23

	Castellanos	28	120	15	4,7	1,6	12;14
	Constitución	1	163	0	6,0	0,0	61
	General López	3	223	0	9,8	0,3	59
	Iriondo	10	162	16	5,9	2,2	1;7
	Las Colonias	7	139	0	11,5	2,0	13
	Rosario	3	178	0	6,2	1,0	59
	San Jerónimo	7	95	40	5,6	2,8	61;69
LP	Capital	34	162	23	5,8	1,5	9;26;27;43;47;53;56;62;63
	Chapaleufú	4	160	27	7,0	1,8	50
	Maracó	4	134	15	3,5	3,0	4,48
ER	Paraná	20	152	31	5,0	2,8	11;59;61;68
	Gualeguaychú	1	176	0	4,0	0,0	68
	Diamante	1	201	0	2,5	0,0	68
	La Paz	1	139	0	2,0	0,0	68
SL	General Pedernera	2	184	43	1,3	1,1	2

**Ref:** 1) Ridley, 2012; 2) Sáenz y Colazo, 2012; 3) Restovich y Andriulo, 2012; 4) Carfagno *et al.*, 2012; 5) Basanta *et al.*, 2012; 6) Rillo *et al.*, 2012; 7) Capurro *et al.*, 2012; 8) Scianca *et al.*, 2012; 9) Fernandez *et al.*, 2012; 10) Bertolla *et al.*, 2012; 11) Caviglia *et al.*, 2012; 12) Basanta, 2019; 13) Imvinkelried *et al.*, 2019; 14) Gamarro y Picco, 2019; 15) Cazorla *et al.*, 2018; 16) Corral, 2015; 17) Crespo, 2016; 18) Díez, 2017; 19) Leguizamón y Verdelli, 2011; 20) Balbarrey, 2009; 21) Bella, 2015; 22) Sá Pereira *et al.*, 2014; 23) Capurro y González, 2010; 24) Sá Pereira *et al.*, 2016; 25) Ross, 2010; 26) Frasier *et al.*, 2012; 27) Gareis y Sanchez, 2017; 28) Portela *et al.*, 2016; 29) Lardone *et al.*, 2014; 30) Baigorria *et al.*, 2016; 31) Girón *et al.*, 2016; 32) Rampó *et al.*, 2018; 33) Lobos *et al.*, 2018; 34) Scianca *et al.*, 2009; 35) Barraco *et al.*, 2012; 36) Mandrini *et al.*, 2012; 37) Varela *et al.*, 2012; 38) Scianca *et al.*, 2012; 39) Lardone *et al.*, 2014; 40) Scianca *et al.*, 2011; 41) Scianca *et al.*, 2007; 42) Scianca *et al.*, 2008; 43) Uhaldegaray *et al.*, 2018; 44) Frasier *et al.*, 2018; 45) Parra *et al.*, 2018; 46) Pereyro *et al.*, 2018; 47) Raposo *et al.*, 2018; 48) Scianca, 2010; 49) Grassi *et al.*, 2011; 50) Alvarez *et al.*, 2013; 51) Divito *et al.*, 2019; 52) Briguglio *et al.*, 2019; 53) Di Nasso, 2019; 54) Carciochi *et al.*, 2019; 55) Alzueta *et al.*, 2016; 56) Fernandez *et al.*, 2013; 57) Martínez *et al.*, 2013; 58) Eleno *et al.*, 2019; 59) Piñeiro *et al.*, 2019; 60) Garcia Frugoni *et al.*, 2019; 61) Madias *et al.*, 2020; 62) Raspo y Tassone, 2016; 63) Fernandez *et al.*, 2012; 64) Escobar Ortega, 2017; 65) Heiler, 2015; 66) Mosca, 2012; 67) Rillo, 2010; 68) Eclesia *et al.*, 2019; 69) Martins *et al.*, 2017; 70) Ducos, 2020.



**Figura 1.** Mapa de producción de biomasa ( $t\ ha^{-1}$ ) de diferentes antecedentes de uso de cultivos de cobertura en base a gramíneas (avena, centeno, raigrás, etc.) en la Región Pampeana. Fuente: elaboración propia.

En general, se observa un mayor potencial de producción de biomasa en el sudeste de Córdoba, sur de Santa Fe, noroeste y sudeste de Buenos Aires. Las mayores EUA se observan en el sur de Córdoba, este de La Pampa y noroeste de Buenos Aires, con valores promedio de 65, 50 y 31  $Kg\ MS\ ha^{-1}\ mm^{-1}$ , respectivamente. Allí, el centeno y el triticale son las especies más utilizadas como CC, destacándose por su alto potencial de producción de biomasa y la tolerancia al estrés hídrico (centeno). En general, en las provincias de Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos y el norte de Buenos Aires los ciclos de los CC suelen ser cortos. Los ciclos más largos se observan en el sur y centro de Buenos Aires (Tabla 2). Esto último se debe a que los CC generalmente se siembran temprano luego de la cosecha de cultivos de invierno. Además, el riesgo de heladas tardías obliga a que la siembra de cultivos

de verano ocurra en fechas más tardías que en el norte de la región, permitiendo un retraso en el secado de los CC.

Con una producción media de 4,9 t MS ha<sup>-1</sup>, el partido de Coronel Suárez presenta buenas condiciones para la implementación de esta práctica. Comparado con el resto del país, los ciclos suelen ser largos (Tabla 2). Las mayores productividades se observan cuando se utiliza centeno y triticale, pudiendo alcanzar valores de 12 t ha<sup>-1</sup> (Ducos, 2020). La productividad de la avena en el partido suele ser menor, con una media de 3,4 t ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, cuando se posterga la fecha de secado su producción suele aumentar gracias a su alto crecimiento primaveral (Scianca, 2010).

## 2. OBJETIVOS

En función de las ventajas de la utilización de CC, la importancia de la producción de semilla híbrida de maíz en el Partido de Coronel Suarez y la ausencia de antecedentes, se plantearon los siguientes objetivos:

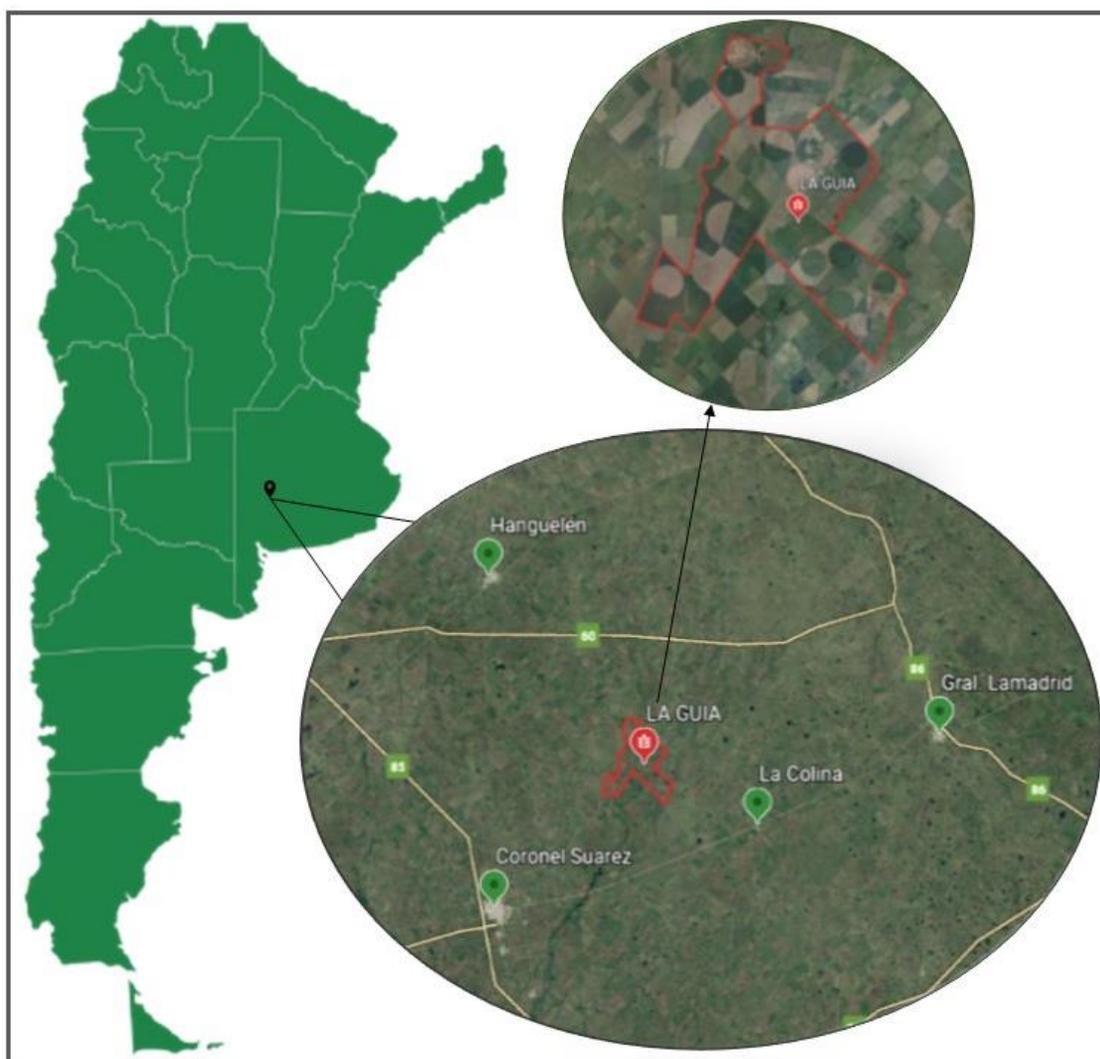
1. Evaluar el efecto de la inclusión de un CC de *Avena sativa* sobre la producción posterior de maíz para semilla bajo riego en el sudoeste bonaerense.
2. Estudiar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el maíz con y sin inclusión del CC.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Sitio experimental

##### 3.1.1. Ubicación geográfica

La experiencia se llevó a cabo en el período comprendido entre marzo de 2018 y marzo de 2019 en un lote del establecimiento “La Guía” ( $37^{\circ}16'41,3$  “S;  $61^{\circ}42'18.1$ ” O), en el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. El establecimiento se encuentra ubicado a 15, 35 y 49 kilómetros de las localidades de La Colina, Coronel Suarez y General Lamadrid, respectivamente (Figura 2).



**Figura 2.** Ubicación geográfica del establecimiento “La Guía” y localidades aledañas.

### **3.1.2. Características generales de la empresa**

Actualmente, La Guía produce 3600 hectáreas agrícolas de las cuales 2100 hectáreas se encuentran bajo riego con 19 equipos de riego por pivote central. Se encuentra en una zona con grandes reservas de agua disponible para riego y habilitada para tal fin por la autoridad correspondiente. Desde 2008, la empresa se ha especializado en la producción y multiplicación de semillas bajo riego. Se realiza la producción de semillas híbridas de maíz, girasol, sorgo y colza y la multiplicación de semillas de especies autógamias como trigo, cebada y soja. Además, en los últimos años la empresa comenzó a producir semillas de forrajeras como raigrás, pasto ovillo y trébol. En todas las áreas del campo que no están sistematizadas con equipos de riego se realiza agricultura de cultivos comerciales tradicionales: trigo pan, trigo candeal, cebada, girasol, soja y maíz.

### **3.1.3. Clima**

El clima se puede clasificar como subhúmedo, seco, mesotermal (Thornwaite, 1948). La temperatura media anual es de 13,7°C, la temperatura media mínima es de 8,1°C y la temperatura media máxima es de 22°C. En los meses de enero y julio se registran las temperaturas máximas y mínimas medias mensuales, con valores de 21,6°C y 6,6°C, respectivamente. El periodo libre de heladas se extiende desde mediados de octubre hasta mediados de abril y la mayor ocurrencia de heladas se da en los meses de julio y agosto.

La precipitación media anual es de 770 mm, presentando una variabilidad considerable mensual e interanual, siendo la alternancia de períodos con excesos y déficits hídricos la característica climática destacable. En base a los datos históricos, en el mes de marzo se registran las mayores precipitaciones mientras que a los meses invernales le corresponden los mínimos valores medios de precipitación.

Los vientos predominan del Norte y del Sureste con frecuencias medias de 141 y 92 días, respectivamente. La velocidad máxima y mínima media es de 23 y 17 km hora<sup>-1</sup>, respectivamente (IGRM, 2001).

### 3.1.4. Ubicación y características edáficas del sitio de ensayo

El ensayo se realizó en un lote de 57 ha equipado con riego por pivote central (Figura 3), sobre un suelo Hapludol típico (Soil Survey Staff, 2010), oscuro y profundo, con textura franco arcillosa y sin limitaciones de tosca. Es importante mencionar que en algunos sitios del lote se comprobó, mediante la utilización de un pinche, la presencia de un horizonte Bt de acumulación de arcilla entre los 50 y 60 cm de profundidad. La presencia de estos horizontes resulta negativa para la penetración de las raíces y el agua.



**Figura 3.** Ubicación en amarillo del sitio de ensayo dentro del establecimiento.

### 3.2. Registro de temperatura, precipitaciones y riegos

Los registros de temperatura fueron tomados de la estación meteorológica del INTA Coronel Suárez (SIGA, 2020), ubicada a 35 km del ensayo. Las precipitaciones y el agua de riego aplicado fueron registradas en el establecimiento.

### 3.3. Diseño experimental, tratamientos y manejo de los cultivos

Al momento del inicio del ensayo, el lote se encontraba con buena cobertura de suelo por el abundante rastrojo que había dejado el trigo cosechado a fines de diciembre de 2017. Se dividió la superficie del lote en dos partes iguales; en una mitad se realizó barbecho químico tradicional (sin CC) a fin de tener un testigo y en la otra mitad se realizó la siembra de *Avena sativa* como CC.

El diseño experimental del ensayo fue en franjas (n=3) con un arreglo de tratamientos en parcelas divididas con tres repeticiones. A las parcelas principales se les asignó el factor “CC” con dos niveles: 1) con CC y 2) barbecho (sin CC). A las sub-parcelas se les asignó el factor “Dosis N” con tres niveles de fertilización en el cultivo de maíz: 1) 0N, 2) 130N-X y 3) 180N-X. Los tratamientos quedaron definidos por las combinaciones entre los niveles de cada factor, tal como se presenta en la tabla 3.

**Tabla 3.** Niveles de los factores “CC” y “Dosis N” que definen los distintos tratamientos.

CC	Dosis N		
	0N	130N-X	180N-X
Con CC	CC 0N	CC 130N-X	CC 180N-X
Barbecho (B)	B 0N	B 130N-X	B 180N-X

El 13 de febrero de 2018 se decidió pulverizar el lote de ensayo debido a la presencia de plántulas de yuyo colorado (*Amaranthus quitensis*) (Tablas 4 y 5). La siembra de *A. sativa* se realizó a principios de marzo de 2018 con una sembradora de siembra directa, empleando una dosis de 50 kilogramos de semilla por hectárea. La suspensión de su

crecimiento se realizó el 7 de septiembre mediante la aplicación de glifosato, 2,4-D y picloram (Tabla 5). Con el objetivo de mantener la parcela Barbecho libre de malezas hasta la siembra del maíz, los días 15 de junio y 13 de octubre se aplicaron los herbicidas detallados en la tabla 4.

El maíz fue sembrado a fines de octubre de 2018 con una sembradora de siembra variable en función del potencial del ambiente. La densidad de siembra varió entre 110.000 y 125.000 plantas por hectárea, con un promedio de 120.000. En preemergencia del cultivo (1 de noviembre) y al estadio de dos hojas desplegadas (V2) (Ritchie y Hanway, 1982) (29 de noviembre), se pulverizó el lote con los herbicidas mencionados en las tablas 4 y 5.

El 20 de diciembre, al estadio de cinco hojas desplegadas (V5) (Ritchie y Hanway, 1982), se fertilizó el ensayo con urea (grado 46-0-0). Se delimitaron dos franjas de 50 metros de ancho cada una. En una no se aplicó fertilizante y en la otra se aplicó la cantidad necesaria para que la suma del N del fertilizante y el N disponible en el suelo (determinado mediante análisis de laboratorio) resulte 130 kg de N (130N-X). En el resto del lote se aplicó la cantidad necesaria para que dicha suma resulte 180 kg de N (180N-X).

**Tabla 4.** Herbicidas aplicados en la parcela Barbecho (sin CC).

Fecha	Principio activo	Dosis	
13/02/18	Glifosato	2	l ha <sup>-1</sup>
	2,4-D	0,6	l ha <sup>-1</sup>
	Dicamba	0,2	l ha <sup>-1</sup>
15/06/18	Glifosato	2	l ha <sup>-1</sup>
	2,4-D	0,5	l ha <sup>-1</sup>
	Atrazina	1,5	kg ha <sup>-1</sup>
13/10/18	Glifosato	2	l ha <sup>-1</sup>
	2,4-D	0,505	l ha <sup>-1</sup>
	Picloram	0,12	l ha <sup>-1</sup>
01/11/18	Glifosato	2,138	l ha <sup>-1</sup>
	Atrazina	2,5	kg ha <sup>-1</sup>
	Metolaclor	1,54	l ha <sup>-1</sup>
29/11/18	Atrazina	1	kg ha <sup>-1</sup>
	Acetoclor	1,2	l ha <sup>-1</sup>
	Dicamba	0,15	l ha <sup>-1</sup>

**Tabla 5.** Herbicidas aplicados en la parcela con CC.

Fecha	Principio activo	Dosis	
13/02/18	Glifosato	2	l ha <sup>-1</sup>
	2,4-D	0,6	l ha <sup>-1</sup>
	Dicamba	0,2	l ha <sup>-1</sup>
07/09/18	Glifosato	2	l ha <sup>-1</sup>
	2,4-D	0,505	l ha <sup>-1</sup>
	Picloram	0,12	l ha <sup>-1</sup>
01/11/18	Glifosato	2,138	l ha <sup>-1</sup>
	Atrazina	2,5	kg ha <sup>-1</sup>
	Metolaclor	1,54	l ha <sup>-1</sup>
29/11/18	Atrazina	1	kg ha <sup>-1</sup>
	Acetoclor	1,2	l ha <sup>-1</sup>
	Dicamba	0,15	l ha <sup>-1</sup>

### 3.4. Medición del impacto ambiental de los herbicidas utilizados

Con el fin de comparar el impacto ambiental de los herbicidas aplicados en cada parcela del ensayo (con y sin CC), se calculó el coeficiente de impacto ambiental (EIQ) de campo para cada una de ellas. Para el cálculo se utilizó el calculador online de la universidad de Cornell (Grant, 2020). El mismo calcula el EIQ de campo a partir del EIQ del herbicida aplicado, su dosis y porcentaje de ingrediente activo.

### 3.5. Determinaciones en el suelo

El día 3 de septiembre se tomaron muestras de suelo a dos profundidades (0-20 y 20-40 cm) y se enviaron a un laboratorio para determinar los parámetros detallados en la tabla 6. La muestra compuesta enviada al laboratorio se obtuvo a partir de muestras simples tomadas al azar dentro del lote.

**Tabla 6.** Resultados del análisis de suelo.

Profundidad (cm)	MO	Pe	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	pH	CIC	K <sub>d</sub>	Zn	B	S <sub>d</sub>
	(g kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(meq 100g <sup>-1</sup> )		(mg kg <sup>-1</sup> )				
0-20	31	13	10,9	26,1	7,29	14,1	841	0,38	<0,1	8,2
20-40	17	-	1,3	3	8,01	-	-	-	-	-

**Ref.** MO: materia orgánica; Pe: fósforo disponible; N-NO<sub>3</sub>: nitrógeno de nitratos; pH: reacción del suelo; CIC: capacidad de intercambio catiónico; K<sub>d</sub>: potasio disponible; Zn: zinc; B: boro; S<sub>d</sub>: azufre disponible.

### 3.6. Determinaciones en el CC

#### 3.6.1 Acumulación de materia seca (MS) en la biomasa aérea

Esta determinación se realizó el día 3 de septiembre de 2018, utilizando un marco de 0,40 m de lado (0,16 m<sup>2</sup>). Las muestras se tomaron en 4 sitios representativos dentro del lote arrojando el marco al azar y cortando el material verde correspondiente al CC en cuestión. Luego se colocaron las muestras en estufa con ventilación forzada a 60°C hasta obtener peso constante. Por último, el peso obtenido se expresó como producción de MS en kg ha<sup>-1</sup>.

#### 3.6.2. Apreciación visual del efecto supresor de malezas

El mismo día que se realizó el muestreo de acumulación de MS se evaluó el efecto supresor de malezas del CC mediante apreciación visual. Para ello, se utilizó la escala detallada en la tabla 7, recomendada por el INTA. De esta manera, se asignó un valor de manera subjetiva a medida que se recorría el lote.

**Tabla 7.** Escala de apreciación visual de malezas.

Escala	Descripción
0	Nula
1	Aisladas
2	Manchones aislados
3	Manchones frecuentes
4	Macizos irregulares
5	Macizos regulares

### **3.7. Determinaciones en el cultivo de maíz semilla**

#### **3.7.1. Plantas logradas**

El 19 de diciembre de 2018 se realizó el conteo de plantas logradas, estando el maíz en el estadio de cinco hojas desplegadas (V5) (Ritchie y Hanway, 1982). El objetivo de esta determinación fue registrar el componente de rendimiento plantas por m<sup>2</sup> para cada repetición. En cada una se contaron las plantas de 3 m lineales de un surco tomado al azar, se dividió el valor por 1,56 y se las registró como plantas m<sup>-2</sup>. El factor 1,56 surge de multiplicar 3 m por 0,52 m que fue el distanciamiento entre hileras.

#### **3.7.2. Rendimiento**

El 30 de marzo de 2019, luego de madurez fisiológica (R6) (Ritchie y Hanway, 1982), se realizó la cosecha manual de las espigas pertenecientes a las mismas plantas que habían sido contadas en la determinación de plantas m<sup>-2</sup>. Las espigas fueron contadas, se las registró como espigas m<sup>2</sup> y se las introdujo en bolsas previamente rotuladas.

Una vez en el laboratorio, se procedió a deschalar las espigas y se las llevó a estufa a 60°C hasta obtener peso constante. Al momento de retirarlas de la estufa, se midió su humedad remanente mediante un higrómetro Delver HD-1021-J. Luego se determinó el componente granos por espiga utilizando la máquina MVEspigas que fotografía las espigas en tres dimensiones y de esta forma cuenta los granos presentes en cada una de ellas. A continuación, se desgranaron las espigas manualmente y se contaron 1000 semillas al azar

de cada muestra para obtener el componente peso de 1000 semillas ( $P_{1000}$ ). Estas semillas fueron pesadas con una balanza digital y el valor se expresó en gramos.

Finalmente, el rendimiento se calculó multiplicando los componentes espigas  $m^{-2}$ , granos espiga y  $P_{1000}$ . El valor obtenido fue corregido a 14,5% de humedad y se lo expresó como toneladas  $ha^{-1}$ .

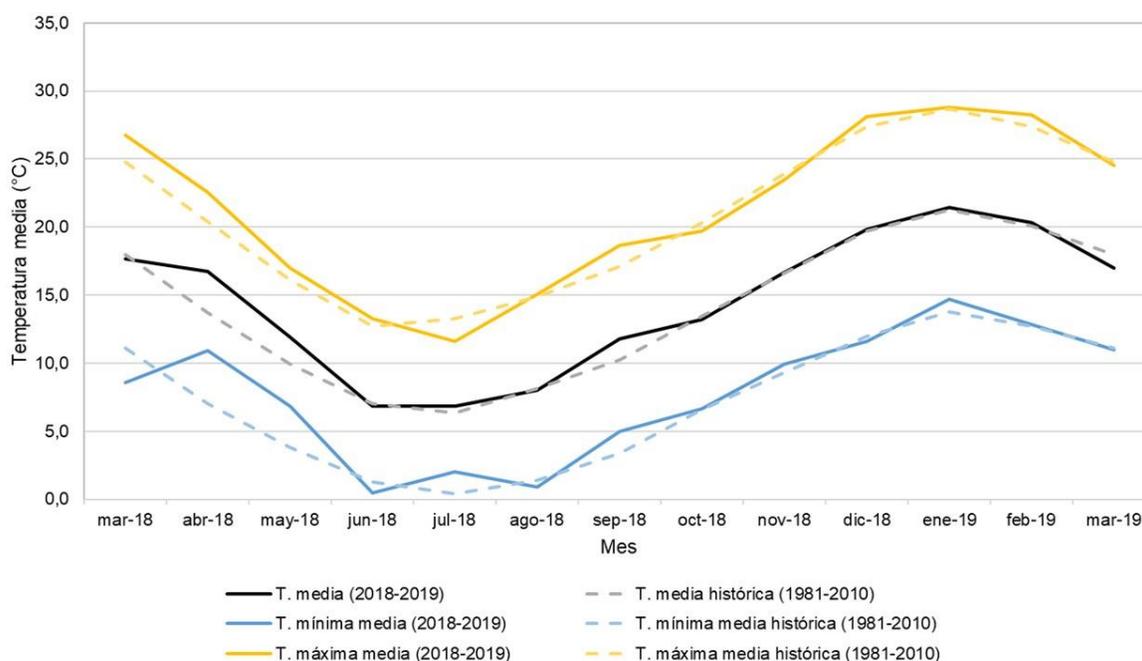
### **3.8. Análisis estadísticos**

Los resultados obtenidos fueron procesados a través del software estadístico InfoStat. Se realizó el análisis de la varianza (ANOVA) con un arreglo en parcelas divididas con CC o barbecho como factor principal y dosis de N como factor secundario. Para esto se tomaron como variables dependientes rendimiento ( $kg\ ha^{-1}$ ), plantas  $m^{-2}$ , espigas  $m^{-2}$ , granos espiga $^{-1}$  y  $P_{1000}$ . Las comparaciones de medias se realizaron mediante la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher (DMS) con  $p < 0,05$ .

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

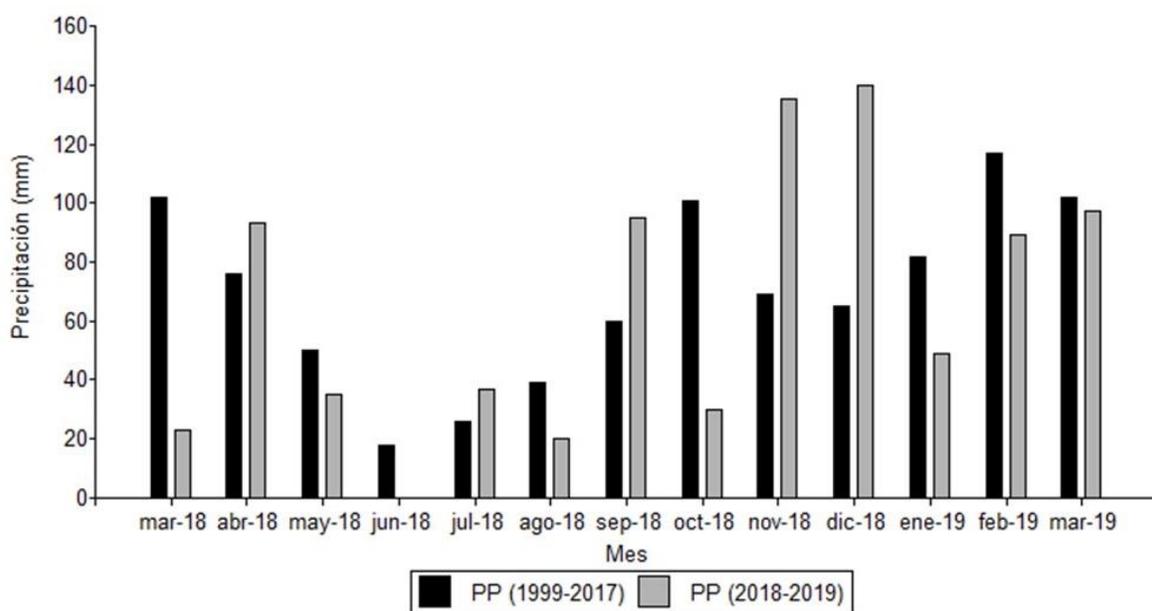
### 4.1. Características meteorológicas del período de ensayo

Con excepción de los meses de marzo, junio y agosto de 2018, las temperaturas medias mensuales superaron a las medias históricas durante el período de crecimiento del CC, lo que habría permitido un adecuado crecimiento del mismo. Por su parte, las temperaturas medias mensuales registradas durante el ciclo del maíz resultaron similares a la media histórica (Figura 4). En el año 2018 se registraron 41 heladas, siendo la primera de ellas el 13 de abril y la última el 4 de octubre. Por lo tanto, la implantación del maíz no se vio afectada por este evento meteorológico. Los meses con mayor número de heladas fueron junio, julio y agosto con 11, 7 y 15 heladas, respectivamente. Durante los primeros tres meses del 2019 no se registraron heladas.



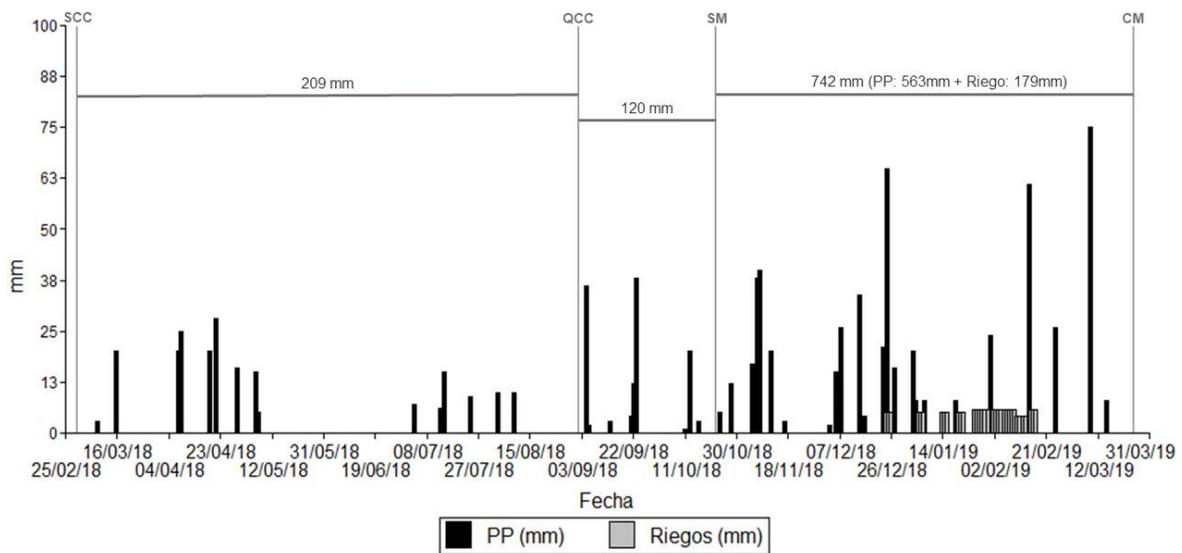
**Figura 4.** Temperatura media, mínima media y máxima media del periodo marzo 2018 a marzo de 2019 y temperatura media histórica, mínima media histórica y máxima media histórica del periodo 1981-2010.

Los registros mensuales de precipitaciones durante el período de ensayo y las precipitaciones medias históricas (1999-2017) registradas en el establecimiento se presentan en la Figura 5. La precipitación total del período de estudio (marzo 2018 a marzo 2019) (892 mm) fue levemente inferior que la media histórica (906 mm). Se destacan las importantes precipitaciones registradas en los meses de noviembre y diciembre, lo cual permitió que el primer riego de la campaña se realice a fines del mes de diciembre.



**Figura 5.** Precipitación (PP) mensual del período marzo de 2018 a marzo de 2019 y media histórica mensual del período 1999-2017.

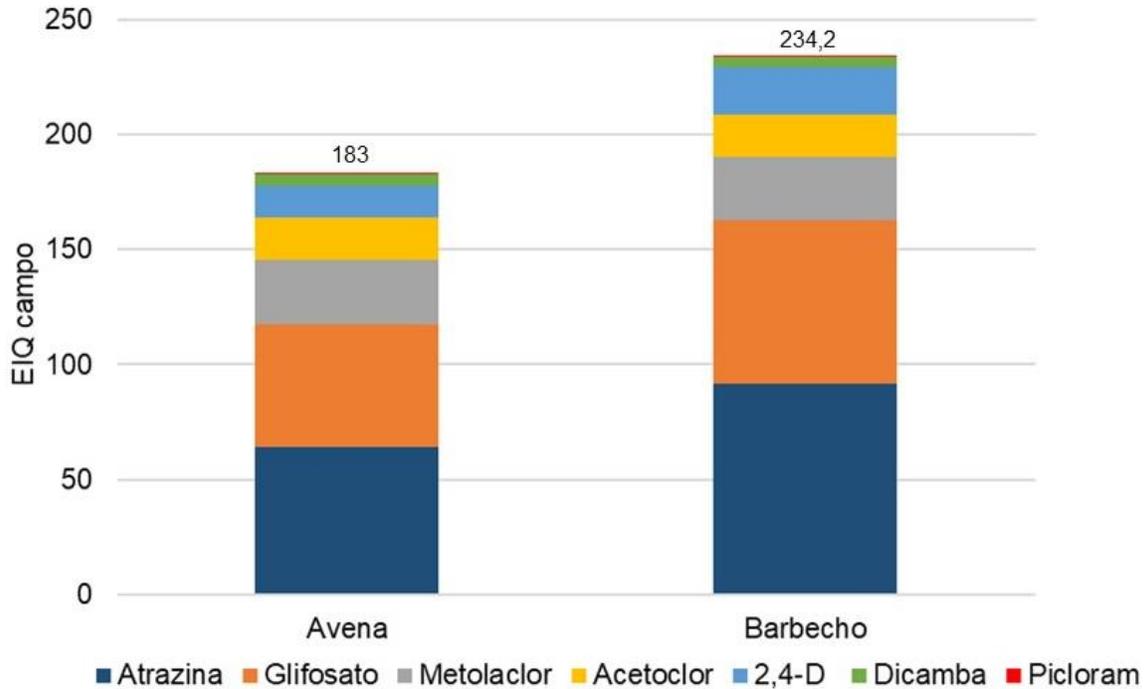
En la figura 6 se indican los mm que recibió el suelo entre precipitación y riego desde la siembra del CC hasta el momento de la cosecha del maíz. Para el período de desarrollo del CC, llovieron 101 mm menos que la media histórica (310 mm). Dichas condiciones podrían indicar que el CC haya tenido limitaciones hídricas en su crecimiento, sobre todo durante su implantación ya que en el mes de marzo solo se registraron 23 mm. Las precipitaciones ocurridas entre el quemado del CC y la siembra del maíz (120 mm) fueron útiles para recargar el perfil. Durante el ciclo del maíz llovieron 563 mm y se aplicaron 179 mm de riego en aquellos momentos en que las precipitaciones no lograban cubrir la demanda hídrica del cultivo. Por lo tanto, el cultivo de maíz completó su ciclo sin restricciones hídricas.



**Figura 6.** Precipitaciones diarias (PP) y riegos aplicados durante el período de ensayo. En la parte superior se indican las fechas de siembra del CC (SCC), quemado del CC (QCC), siembra (SM) y cosecha (CM) del maíz. También se indican los mm recibidos en cada período.

#### 4.2. Impacto ambiental de los herbicidas utilizados

En las tablas 4 y 5 se observa que el número de aplicaciones fue menor (4 vs 5) cuando se utilizó la avena como CC, en comparación al barbecho químico tradicional. En consecuencia, el impacto ambiental total de los herbicidas utilizados fue menor cuando se utilizó el CC en comparación con el barbecho (183 vs 234,2) (Figura 7).



**Figura 7.** Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) de los herbicidas aplicados en las parcelas Avena y Barbecho.

### 4.3. Determinaciones en el CC

#### 4.3.1 Acumulación de materia seca (MS) en la biomasa aérea

La producción de MS del CC de avena fue de  $3351 \text{ kg ha}^{-1}$  con un desvío estándar de  $\pm 403 \text{ kg ha}^{-1}$ . Este nivel de productividad resultó menor al valor medio ( $4900 \text{ kg ha}^{-1}$ ) de diferentes antecedentes de uso de cultivos de cobertura en base a gramíneas en el partido de Coronel Suárez (Tabla 2). Esto puede ser atribuido a dos factores: a) por un lado, las precipitaciones acumuladas durante el mes de marzo fueron muy escasas y pueden haber afectado la implantación del CC y b) por otro lado, la duración del ciclo del CC en el ensayo fue de 183 días mientras que el valor medio de los antecedentes del partido es de 216 días. La suspensión temprana del crecimiento del CC impidió que la avena desarrolle su potencial de crecimiento primaveral.

#### 4.3.2. Apreciación visual del efecto supresor de malezas

Al momento de realizar la apreciación visual no se encontraron malezas dentro de la parcela con CC, registrándose como “nula” su presencia. Por su parte, en la parcela barbecho se observaron “manchones aislados” (Tabla 7). Esto confirma que la avena es una especie muy útil para el control de malezas durante el barbecho gracias a la abundante cubierta vegetal que produce. Resultados similares de supresión fueron informados por Scianca *et al.* (2008), Scianca (2010), Sardiña *et al.* (2008), Gamero y Picco (2019), Lardone *et al.* (2014), Eleno *et al.* (2019), Piñeiro *et al.* (2019) y Jándula (2007).

#### 4.4. Efecto del cultivo de cobertura y la fertilización en rendimiento del maíz

Los resultados del análisis estadístico incluyendo los dos factores (CC y Dosis N) se presentan en la tabla 8. En el rendimiento y los componentes plantas m<sup>-2</sup>, espigas m<sup>-2</sup> y granos espiga<sup>-1</sup> no se observó interacción entre CC y dosis de N ( $p > 0,05$ ). El P<sub>1000</sub> fue el único componente del rendimiento que mostró interacción entre CC y dosis N ( $p < 0,05$ ). Se observó un efecto significativo del CC y la dosis de N influyendo sobre el final del ciclo del maíz ya que los distintos componentes de rendimiento reflejan las condiciones que enfrentó el cultivo durante su desarrollo. En este caso, el P<sub>1000</sub> refleja las condiciones posteriores a antesis.

**Tabla 8.** Valores de la probabilidad (*p*-valor) de los factores CC y dosis N para el rendimiento de maíz semilla y sus componentes. Coeficiente de variación (CV%)

Factor de Anova	Variables				
	Rendimiento	Plantas m <sup>-2</sup>	Espigas m <sup>-2</sup>	Granos espiga <sup>-1</sup>	P <sub>1000</sub>
CC	0,2330	0,7278	0,1028	0,2930	0,8740
Dosis N	0,2688	0,8690	0,2928	0,0999	0,0008
CC x Dosis N	0,1207	0,8690	0,2544	0,1076	<b>0,0034</b>
CV%	25,1	5,1	20,4	12,1	6,5

El número de plantas por m<sup>2</sup> fue semejante en los distintos tratamientos (Figura 8, a y b), reflejando las buenas condiciones que permitieron una buena implantación y descartando un posible efecto deletéreo de la cobertura de la avena.

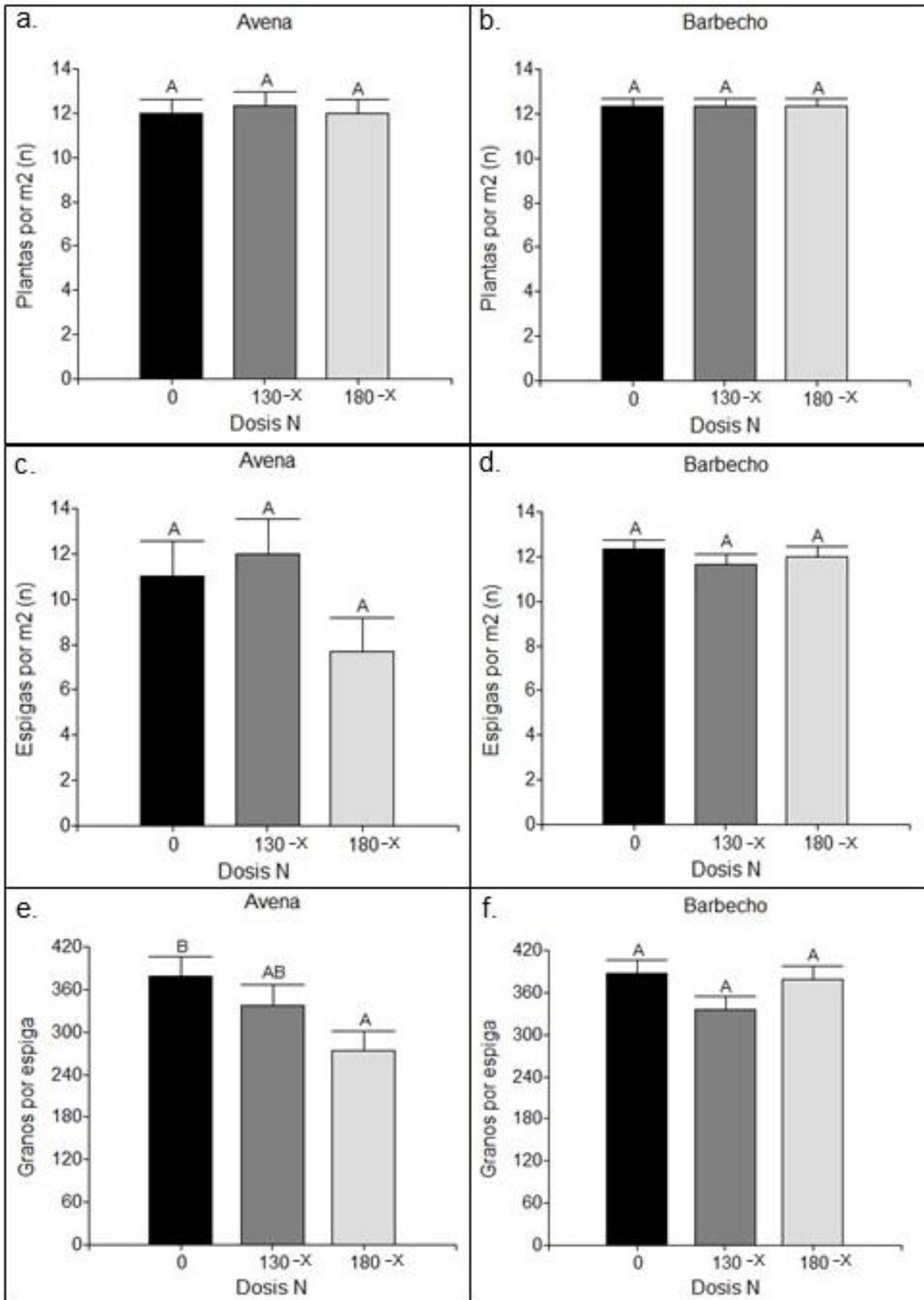
En el número de espigas por m<sup>2</sup> tampoco se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (Figura 8, c y d). Sin embargo, si bien no fueron significativas las diferencias, se observó un menor número de espigas en el tratamiento CC 180N-X. Muchas de las espigas de ese tratamiento no se consideraron por manifestar problemas en la fecundación o debido a que estaban totalmente dañadas por carbón del maíz (*Ustilago maydis*) (Imagen 10). La ocurrencia de una polinización deficiente durante la aparición de estigmas puede favorecer la infección de esta enfermedad, ya que los mismos permanecen susceptibles y receptivos por largos períodos de tiempo. A su vez, la fertilización nitrogenada se correlaciona positivamente con el incremento de la enfermedad aumentando la intensidad del ataque a mayores dosis de N (Carmona *et al.*, 2012). Esto explicaría la mayor ocurrencia de la enfermedad en la franja fertilizada con la dosis de N más alta.

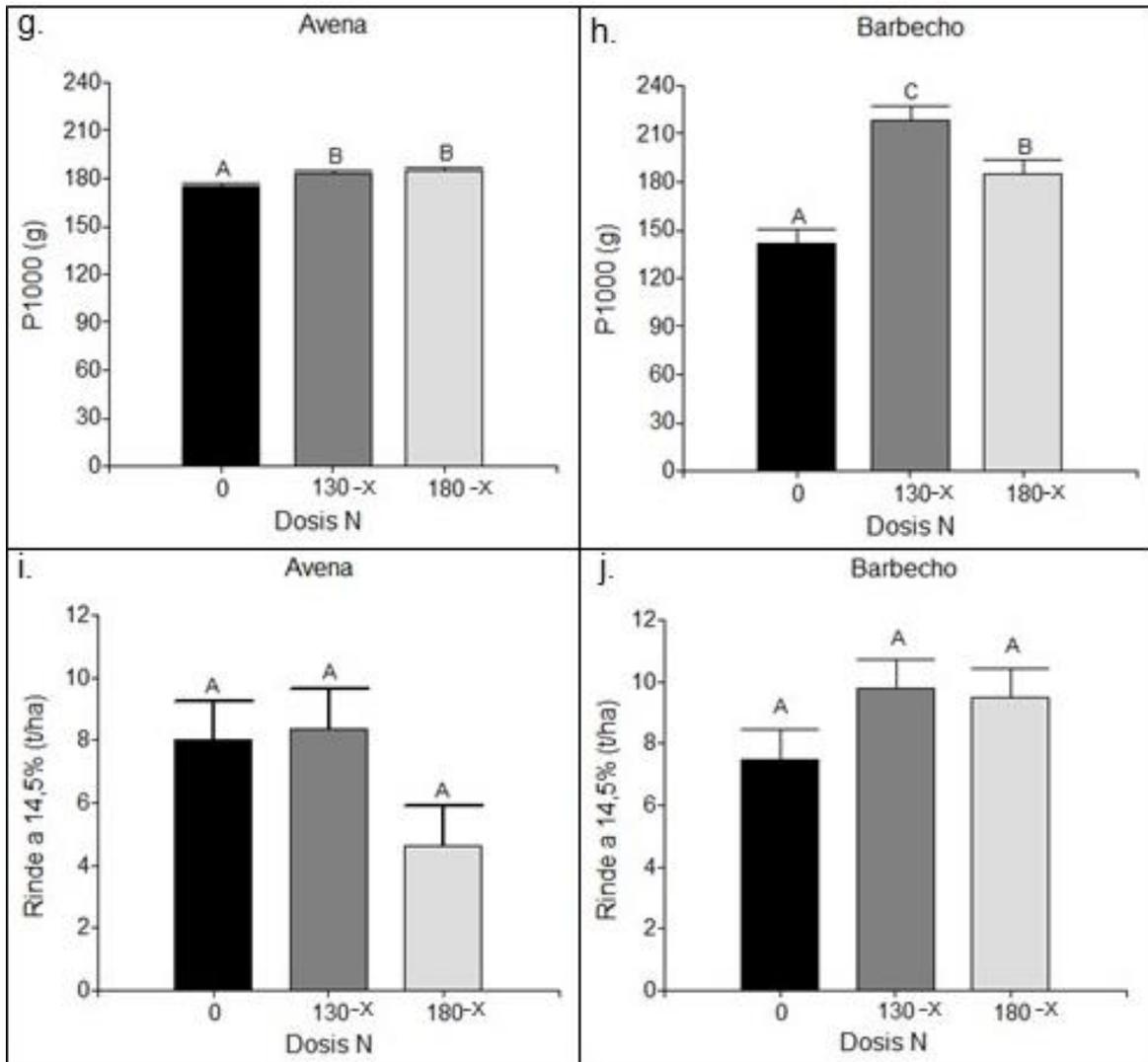
Sobre la parcela con inclusión de CC, la dosis de 180N-X mostró el menor valor de granos por espiga en relación al testigo sin N ( $p < 0,05$ ), pero sin diferencias significativas respecto a 130N-X ( $p > 0,05$ ) (Figura 8, e). Nuevamente, esto probablemente se deba a la problemática de la fecundación y el carbón en una zona del área fertilizada con 180N-X. Para Barbecho sin CC no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p > 0,05$ ) (Figura 8, f).

En el P<sub>1000</sub> se encontraron diferencias con inclusión y sin CC (Figura 8, g y h). En el caso del CC, el testigo que no fue fertilizado mostró el menor valor de P<sub>1000</sub> en relación a los tratamientos fertilizados con 130N-X y 180N-X ( $p < 0,05$ ). Para el barbecho se encontraron diferencias significativas entre los tres niveles de fertilización ( $p < 0,05$ ), siendo los valores medios 142, 185 y 218 gramos para las dosis 0N, 180N-X y 130N-X, respectivamente. Como se mencionó previamente, fue en la etapa final del cultivo donde los efectos de la inclusión o ausencia del CC y del N se hicieron más evidentes.

En los tratamientos sin fertilización nitrogenada y con CC, el cultivo mostró un mayor P<sub>1000</sub> (175 vs 142 g;  $p < 0,05$ ) que aquellos bajo barbecho (Figura 8, g y h). Esto se debió, posiblemente, a que la buena disponibilidad de humedad (lluvias y riego) durante el ciclo del maíz habría permitido la descomposición paulatina de los residuos del CC, con una liberación gradual del N presente en su biomasa a medida que los requerimientos del maíz aumentaban. Este aporte de N complementario proveniente de la descomposición del CC, no habría estado disponible para el maíz sin CC sumado a las posibles pérdidas por lixiviación durante el barbecho.

Con un nivel de significancia  $p < 0,10$ , en los tratamientos fertilizados se pudo observar un mayor rendimiento en barbecho en comparación a la inclusión del CC de avena ( $8,9$  vs  $7,0$  t ha<sup>-1</sup>) (Figura 8, i y j). Sin embargo, no se puede asegurar que esta diferencia se deba a un efecto de los factores estudiados debido a los problemas en la fecundación y el carbón en los tratamientos con CC (Figura 8, c y e). En la figura 8 i se observa que el rendimiento obtenido en el tratamiento CC 180N-X fue considerablemente menor que en los demás tratamientos. No obstante, la comparación de medias realizada mediante la prueba de Fisher (DMS) no encontró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Esto estaría explicado por la alta variabilidad en los valores de rendimiento de cada muestra dentro del tratamiento, lo que podría haberse atenuado aumentando el número de muestras (n).





**Figura 8.** Valores de plantas  $m^{-2}$  (n), espigas  $m^{-2}$  (n), granos espiga $^{-1}$  (n),  $P_{1000}$  (g) y rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ) según presencia/ausencia de CC y dosis de N. Medias de 3 observaciones. Letras mayúsculas distintas difieren significativamente con  $p < 0,10$  (e) y  $p < 0,05$  (g y h) según DMS.

## 5. CONCLUSIONES

La inclusión del CC de avena produjo aportes de materia seca importantes, aún con un ciclo de crecimiento más corto que los comúnmente utilizados en el partido de Coronel Suárez. Sin embargo, su influencia como la fertilización nitrogenada sobre la producción de maíz resultó evidente sobre la calidad del grano, afectando el  $P_{1000}$ .

Los resultados del presente estudio ponen de manifiesto que los CC con avena representan una herramienta promisorio para el posterior cultivo de maíz semilla en el sudoeste bonaerense. Su aporte de biomasa permite un eficiente control de malezas y, en consecuencia, una disminución en el uso de herbicidas y su impacto ambiental. A su vez, pueden contribuir a mantener o aumentar los niveles de MO del suelo, lo que genera ventajas en el corto y largo plazo, aportando a la sustentabilidad de la agricultura en esta región. Además, se pudo observar un efecto diferencial sobre la dinámica del N del sistema suelo-planta proveniente del aporte de sus residuos, lo que permitiría una menor utilización de fertilizantes nitrogenados.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Extensión Rural Coronel Suárez. 2020. Disponible en: <https://inta.gob.ar/coronelsuarez> . Fecha de consulta: 29 de septiembre de 2020.

Almada M. 2017. Los recursos biomásicos argentinos. Curso virtual “Bioeconomía: conceptos generales”. Bolsa de cereales de Buenos Aires.

Álvarez C., Bagnato R., Lienhard C. P., Quiroga A. 2013. Cultivos de cobertura: manejo y efectos sobre la nutrición de suelos y cultivos. Simposio Fertilidad 2013. Nutrición de cultivos para la intensificación productiva sustentable. Rosario, 2013.

Alzueta I., Laffan P., Madias A. 2016. Cultivos de cobertura como herramienta de intensificación en ambientes con alta probabilidad de excesos hídricos otoñales. Disponible en: <http://cultivosdeservicios.agro.uba.ar/wp-content/uploads/2018/05/Cultivos-de-servicios-como-herramienta-de-intensificaci%C3%B3n-en-ambientes-con-alta-probabilidad-de-excesos-h%C3%ADdricos-oto%C3%B1ales.pdf> . Fecha de consulta: 29 de septiembre de 2020.

Andrade F. 2017. Los desafíos de la agricultura argentina. Satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental. Ediciones INTA.

Baigorria T., Alvarez C., Cazorla C., Belluccini P., Aimetta B., Pegoraro V., Boccolini M., Conde B., Faggioli V., Ortiz J., Tuesca D. 2016. Análisis temporal de métodos de secado en cultivos de cobertura: dinámica del agua y malezas. En: XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo: ordenamiento territorial: un desafío para la ciencia del suelo: trabajos de investigación /; compilado por Carmen Gloria Cholaky ; José Cisneros. - 1a ed. - Río Cuarto: UniRío Editora, 2016. Libro digital, PDF - (Actas de Congresos). Trabajo N° 327.

Balbarrey G. P. 2009. Fertilización nitroazufrada en verdeos invernales puros y consociados con vicias y efectos sobre el suelo. Tesis de magíster en ciencias agrarias. Universidad Nacional del Sur.

Barraco M., Scianca C., Lardone A., Álvarez C., Díaz-Zorita M. 2012. Cereales de invierno como cultivos de cobertura en secuencias continuas de soja. En: Memoria técnica 2011-2012. INTA. EEA General Villegas. p. 48-53.

Basanta M. 2019. Evaluación de cultivos de cobertura en INTA Rafaela. Periodo 2015 – 2018. En: Información técnica de cultivos de invierno. Campaña 2019. Estación

Experimental Agropecuaria Rafaela. Publicación miscelánea año VII N° 2. Ediciones INTA. p. 48-57.

Basanta M., Alvarez C., Giubergia J. P., Lovera E. 2012. Cultivos de cobertura en sistemas de agricultura continua en la región central de Córdoba. En: Álvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. (Eds.) Contribuciones de los cultivos de coberturas a la sostenibilidad de los sistemas de producción. 1° ed. La Pampa: Ediciones INTA. p. 50-57.

Bella M. 2015. Evaluación de la inclusión de cultivos de cobertura como antecesor de maíz y soja en el sudeste de Córdoba, Argentina. Trabajo Final para optar al Grado Académico de Especialista en Producción de Cultivos Extensivos. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Escuela para Graduados.

Bertolla A., Baigorria T., Gómez D., Cazorla C., Cagliero M., Lardone A., Bojanich M., Aimetta B. 2012. Efecto de la fertilización sobre la eficiencia del uso del agua de especies invernales utilizadas como cultivos de cobertura. En: Álvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. (Eds.) Contribuciones de los cultivos de coberturas a la sostenibilidad de los sistemas de producción. 1° ed. La Pampa: Ediciones INTA. p. 138-147.

Briguglio M., Berg G., Palmieri R., Berger H., Berone G. D., Marino M. A. 2019. Cultivos de servicios: cosecha de forraje en el sudeste bonaerense.

Bolsa de Comercio de Santa Fe (BCSF). 2020. Estadísticas de producción granaria. Disponible en: <https://www.bcsf.com.ar/ces/estadisticas-de-produccion-granaria.php> . Fecha de consulta: 28 de septiembre de 2020.

Capurro J., Dickie M. J., Surjack J., Monti J., Ninfi D., Zazzarini A., Tosi E., Andriani J., Gonzalez M. C. 2012. Cultivos de cobertura en el sur de la provincia de Santa Fe. En: Álvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. (Eds.) Contribuciones de los cultivos de coberturas a la sostenibilidad de los sistemas de producción. 1° ed. La Pampa: Ediciones INTA. p. 92-104.

Capurro J., González M. C. 2010. Fertilización y cultivos de cobertura en maíz. Revista "Para mejorar la producción" N° 44. INTA EEA Oliveros 2010. p. 45-48.

Carciochi W., Contreras L., Crespo C., Barbieri P. 2019. Cultivos de cobertura: efecto sobre la disponibilidad de azufre en soja. Ciencias del Suelo (Argentina) 37 (2): 269-280.

Carfagno P., Eiza M., Babinec F., Quiroga A. 2012. Inclusión de cultivos de cobertura en la dinámica hídrica de hapludoles y haplustoles del oeste de la provincia de Buenos Aires y noreste de La Pampa. En: Álvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. (Eds.) Contribuciones de los cultivos de coberturas a la sostenibilidad de los sistemas de producción. 1° ed. La Pampa: Ediciones INTA. p. 36-49.

Carmona M., Formento A. N., Scandiani M. 2012. Carbón común del maíz. Nota Técnica. Disponible en:

[https://www.agroconsultasonline.com.ar/documento.html?op=d&documento\\_id=313](https://www.agroconsultasonline.com.ar/documento.html?op=d&documento_id=313) .

Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2020.

Caviglia, O.P.; Novelli, L.; Gregorutti V.C.; Van Opstal N.V. y Melchiori R.J. 2012. Cultivos de cobertura invernales: una alternativa de intensificación sustentable en el centro-oeste de Entre Ríos. En: Álvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. (Eds.) Contribuciones de los cultivos de coberturas a la sostenibilidad de los sistemas de producción. 1° ed. La Pampa: Ediciones INTA. p. 148-157.

Caviglia O.P., Andrade F.H. 2010. Sustainable intensification of agriculture in the Argentinean Pampas: capture and use efficiency of environmental resources. Am. J. Plant Sci. Biotech. 3 (Special Issue 1):1-8.

Cazorla C. R., Baigorria T., Videla Mensegue H., Canale A., Ortiz J., Pegoraro V. 2018. Inclusión de cultivos de cobertura en secuencias agrícolas del sudeste de Córdoba (Argentina). Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/324885917\\_Inclusion\\_de\\_cultivos\\_de\\_cobertura\\_en\\_secuencias\\_agricolas\\_del\\_sudeste\\_de\\_Cordoba\\_Argentina](https://www.researchgate.net/publication/324885917_Inclusion_de_cultivos_de_cobertura_en_secuencias_agricolas_del_sudeste_de_Cordoba_Argentina) . Fecha de consulta: 28 de septiembre de 2020.

Corral R. A. 2015. Uso de cultivos de cobertura/abonos verdes para la producción sustentable de maíz (*Zea mays* L.). Trabajo de Tesis para ser presentado como requisito parcial para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de ciencias agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Crespo C. 2016. Efecto de cultivos de cobertura/abonos verdes sobre la disponibilidad de nitrógeno, agua y el rendimiento de maíz bajo dos sistemas de labranza. Trabajo de Tesis para ser presentado como requisito parcial para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de ciencias agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Diez S. N. 2017. Cultivos puente: Efecto sobre la disponibilidad de agua y de nitrógeno para un cultivo de maíz. Trabajo de Tesis para ser presentado como requisito parcial para optar al Título de Magister Scientiae Ciencias de las Plantas y Recursos Naturales. Producción Vegetal. Facultad de ciencias agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Divito G. A., Torres A., Cendoya J., Madias A., Piñeiro G., Pinto P., Barbieri P. A., Crespo C. 2019. Características agronómicas de distintas especies para su uso como cultivo de servicio en el sudeste bonaerense. Regional Necochea AAPRESID.

Di Nasso L. Y. 2019. Evaluación de efluentes de tambo como abonos orgánicos para una forrajera invernal. Tesina presentada para obtener el grado académico de ingeniería en recursos naturales y medio ambiente. Universidad Nacional de La Pampa.

Ducos I. 2020. Cultivos de servicios: Resultados y novedades. Criadero El Cencerro. Charla online sobre cultivos de servicio. Disponible en: [https://www.youtube.com/watch?v=1cf\\_RRJLCok&fbclid=IwAR2fySolacxSIJdCZfbwAwX3WYV-v0f4FOICK1c15\\_K4bZDnu1QccCM6bn8](https://www.youtube.com/watch?v=1cf_RRJLCok&fbclid=IwAR2fySolacxSIJdCZfbwAwX3WYV-v0f4FOICK1c15_K4bZDnu1QccCM6bn8) . Fecha de consulta: 15 de octubre de 2020.

Echeverría H.E., Sainz Rosas H. 2015. Nitrógeno. En: Echeverria, H.E.; Garcia, F.O. (eds.) Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. 2ª ed. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. pp. 189-228.

Eclesia R. P., Wingeyer A. B., Ré A. E., Rampoldi A., Marnetto M. J., Pautasso J. M., Valentinuz E., Wouterlood N., Roman L., Engler P., Caviglia O., Novelli L., Dupleich J., Piñeiro G., Corte F. 2019. Cultivos de servicios para uso forrajero. En: Revista técnica cultivos de invierno 2019. Aapresid. p. 59-66.

Eleno N., Adema I., Álvarez C., Quiroga A., Frasier I., Montoya J., Fernández R. 2019. Nuestros mejores aliados. Una experiencia de trabajo colaborativo en el Oeste Arenoso. En: Revista CREA N° 461. Marzo 2019. p. 46-48.

Escobar Ortega J.S. 2017. Efecto de los cultivos de cobertura avena y centeno y de su inoculación con rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal sobre las características microbiológicas del suelo. Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires, Área Ciencias Agropecuarias. Departamento de Biología Aplicada y Alimentos FAUBA.

Espina H. 2016. "La rotación de cultivos es necesaria para conservar los suelos". Disponible en: <https://intainforma.inta.gob.ar/la-rotacion-de-cultivos-es-necesaria-para-conservar-los-suelos/> . Fecha de consulta: 28 de septiembre de 2020.

Fernández R., Saks M., Uhaldegaray M., Quiroga A., Noellemeyer E. 2013. Estudio de la contribución de nitrógeno por parte de los cultivos de cobertura al cultivo de maíz. Disponible en: <http://cultivosdeservicios.agro.uba.ar/estudio-de-la-contribucion-de-nitrogeno-por-parte-de-los-cultivos-de-servicios-al-cultivo-de-maiz/> . Fecha de consulta: 28 de septiembre de 2020.

Fernandez R., Quiroga A., Noellemeyer E. 2012. Cultivo de cobertura como antecesor del cultivo de maíz en la Región Semiárida Pampeana. En: Álvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. (Eds.) Contribuciones de los cultivos de coberturas a la sostenibilidad de los sistemas de producción. 1° ed. La Pampa: Ediciones INTA. p. 117-127.

Fernández R., Quiroga A., Noellemeyer E. 2012. Cultivos de cobertura, ¿Una alternativa viable para la región semiárida pampeana? Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/264605390\\_CULTIVOS\\_DE\\_COBERTURA\\_EN\\_REGION\\_SEMIARIDA\\_CULTIVOS\\_DE\\_COBERTURA\\_UNA\\_ALTERNATIVA\\_VIABLE\\_PARA\\_LA\\_REGION\\_SEMIARIDA\\_PAMPEANA\\_1\\_INTA\\_EEA\\_Anguil\\_-CC\\_11-6326-Anguil\\_L](https://www.researchgate.net/publication/264605390_CULTIVOS_DE_COBERTURA_EN_REGION_SEMIARIDA_CULTIVOS_DE_COBERTURA_UNA_ALTERNATIVA_VIABLE_PARA_LA_REGION_SEMIARIDA_PAMPEANA_1_INTA_EEA_Anguil_-CC_11-6326-Anguil_L) . Fecha de consulta: 28 de septiembre de 2020.

Frasier I., Gómez M. F., Álvarez C., Barraco M., Raspo S. M., Aria M. T., Scherger E., Adema Bernal M. I., Rampo M., Noellemeyer E., Quiroga A. 2018. Cultivos de cobertura: una mirada hacia los policultivos. En: Actas XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo; compilado por Gerardo Agustín Sanzano ... [et al.]. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo -AACS, 2018. p. 1029-1034.

Frasier, I., Riestra, D., Noellemeyer, E., Quiroga, A. 2012. Aporte de C y N de raíces de cultivos de cobertura. XXIII Congreso argentino de la ciencia del suelo. Mar del Plata, Argentina.

Gamerro U., Picco J. M. 2019. Incidencia de cultivos de cobertura sobre las malezas, en el centro de Santa Fe. En: Información técnica de cultivos de invierno. Campaña 2019. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Publicación miscelánea año VII N° 2. Ediciones INTA. p. 71-80.

García Frugoni F., Bello J., Paolini M., Campos M. 2019. El aporte de los cultivos de cobertura. Crece el uso de esta práctica agronómica. En: Revista CREA N° 466. Agosto 2019. p. 24-36

Gareis R., Sanchez E. A. 2017. Cultivos de cobertura de vicia y centeno como antecesores de maíz de fecha de siembra tardía: Efecto de la fecha de quemado sobre producción de biomasa, control de malezas y aporte de nitrógeno. Trabajo final de graduación para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Pampa.

Girón P., Miranda W., Macchiavello A., Barraco M. 2016. Evaluación de cultivos de cobertura y herbicidas para el control de yuyo colorado (*Amaranthus hybridus*) en soja. En: Memoria técnica 2015-2016. INTA. EEA General Villegas. p. 15-18.

Grant, J. A. 2020. Calculator for Field Use EIQ (Environmental Impact Quotient). New York State Integrated Pest Management Program, Cornell Cooperative Extension, Cornell University. Disponible en: <https://nysipm.cornell.edu/eiq/calculator-field-use-eiq/> . Fecha de consulta: 25 de noviembre de 2020.

Grassi E., Scaldaferro M., Reynoso L., Ferreira A., Castillo E., Ferreira V. 2011. Líneas de tricepuro: acumulación de materia seca, fertilidad y rendimiento de grano en Río Cuarto, Córdoba. Revista Argentina de Producción Animal. Vol 31 (1): 1-16 (2011).

Heiler R. 2015. Sistemas agrícolas basados en producción de soja: ¿es posible mejorar el balance de N de los suelos mediante cultivos de cobertura? Tesis de grado presentada para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía.

Imvinkelried, H. O., Riestra J.M., Pietrobón M., Basanta M., Haidar L. 2019. Eficiencia en el uso del agua y producción de biomasa para diferentes cultivos de cobertura en el centro norte de Santa Fe. En: Información técnica de cultivos de invierno. Campaña 2019. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Publicación miscelánea año VII N° 2. Ediciones INTA. p. 58-66.

Instituto de Geología y Recursos Minerales (IGRM). 2001. Carta de Línea de Base Ambiental 3763-IV CORONEL SUÁREZ. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina.

Jándula T. 2007. Cultivos de cobertura como herramienta para reducir el nivel poblacional de malezas en lotes de producción de semilla de maíz. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía.

Lardone A., Barraco M., Girón P., Perez M., Miranda W. 2014. Efecto del antecesor y nivel de fertilización nitrogenada sobre cultivos de maíz en fecha de siembra temprana. En: Memoria técnica 2014-2015. INTA. EEA General Villegas. p. 24-26.

Lardone A., Scianca C., Barraco M., Miranda W., Álvarez C., Quiroga A., Babinec F. 2014. Momento de secado de especies de cultivos de cobertura. En: Memoria técnica 2013-2014. INTA. EEA General Villegas. p. 16-20.

Leguizamón E., Verdelli D. 2011. Cultivos de cobertura: Contribución al conocimiento y validación de datos disponibles en un área de la pampa ondulada. Campaña 2010-2011. Quinto Congreso de la Soja del Mercosur. 14 al 16 de septiembre de 2011, Rosario, Argentina.

Lobos M., Walter M., Ramo M., Barraco M., Girón P. 2018. Fertilización del cultivo de cobertura en ambientes contrastantes del noroeste bonaerense. En: Memoria técnica 2017-2018. INTA. EEA General Villegas. p. 19-23.

MacRobert J.F., Setimela P., Gethi J., Worku M. 2014. Manual de producción de semilla de maíz híbrido. México, D.F.: CIMMYT.

Madias A., Pinto P., Della Chiesa T., Piñeiro G., Adema I., Albeck A., Alessandri E., Alzueta I., Arriola M., Aguirre G., Bardeggia F., Bataffarano M., Beltramino M., Belloso C., Boero L., Bosco C., Borniego F., Carciochi W., Caucino I., Divito G., Dorsch A., Ducos I., Elicegui J. I., Estévez G., Ganem J., Gatto M., González A., Juárez J., Kitroser J., Lattuca E., Lauburu A., Martins Mogo C. F., Marzetti M., Masgrau A., Massa M., Mazzotta L., Miotti H., Moro M., Palazzo J., Penco R., Pugno F., Repetto H., Rivetti G., Rodríguez Arias M., Romano B., Ruiz A., Torregosa R., Torresi M., Zaiser E., Zorza F., Zorzín J. L. 2020. Informe de avances de la Red de Cultivos de Servicios AAPRESID-BASF. Campaña 2019/2020.

Mandrini M., Barraco M., Scianca C., Costa C. 2012. Trigo como cultivo de cobertura: efecto de la fecha de siembra. En: Memoria técnica 2011-2012. INTA. EEA General Villegas. p. 54-59.

Marini M. F. 2015. Determinación de la superficie bajo riego con pivot central en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina) utilizando imágenes satelitales. INTA. Agencia de Extensión Bahía Blanca de la Estación Experimental Bordenave.

Martins L., Calcha J., Basanta M., Dipego J., Hotián J. L., Andriani J., Sanmarti N. 2017. Evaluación de cultivos de cobertura en la unidad demostrativa agrícola de Bernardo de Irigoyen, Campaña 2016, Departamento San Jerónimo (Santa Fe - Argentina). En: Información técnica de cultivos de invierno. Campaña 2017. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. INTA Ediciones. Publicación Miscelánea N° 133. p. 107-112.

Martínez J. P., Barbieri P. A., Sainz Rozas H. R., Echeverría H. E. 2013. Incorporación de cultivos de cobertura previos a soja en el sudeste bonaerense. En: IAH 10 – junio 2013. p. 21-25.

Mosca C. 2012. Componentes de la agregación de suelos arenosos bajo cultivos de cobertura de distinta productividad. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía.

Municipalidad de Coronel Suárez. 2018. Disponible en: [http://www.coronelsuarez.gob.arhttp://www.coronelsuarez.gob.ar/wpcontent/uploads/2018/01/agricola15\\_16.pdf](http://www.coronelsuarez.gob.arhttp://www.coronelsuarez.gob.ar/wpcontent/uploads/2018/01/agricola15_16.pdf) . Fecha de consulta: 12 de marzo de 2019.

Novelli L, Caviglia O, Wilson M, Sasal C y E Gabbioud. 2010. Efecto de la inclusión frecuente de soja sobre el almacenaje de C y la estabilidad estructural en un suelo Molisol y un Vertisol de Entre Ríos En: Actualización técnica Agricultura sustentable 2010. Estación Experimental Agropecuaria Paraná. Serie Extensión n° 58. octubre de 2010. p. 7-12.

Parra B. J., Cholaky C., Bongiovanni M. D., Cabrera S., Mattalia L., Celli L., Marzari R., Gorjon J., Ganum Gorriz M. J., Maseda E. 2018. Efecto de cultivos de cobertura, fertilización y diferentes sistemas de labranza sobre la disponibilidad hídrica. En: Actas XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo; compilado por Gerardo Agustín Sanzano ... [et al.]. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo -AACS, 2018. p. 1229-1234.

Pereyro A., Quiroga A., Álvarez C., Ferro M., Macchiavello A., Varillas G. 2018. Contribución de los cultivos de cobertura al biodrenaje en el oeste de Buenos Aires. En: Actas XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo; compilado por Gerardo Agustín Sanzano ... [et al.]. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo -AACS, 2018. p. 1247-1252.

Pinto P., Piñeiro G. 2018. Cultivos de servicios, un cambio de paradigma en la agricultura. Revista Ciencias del Suelo. AACS. p. 12.

Piñeiro G., Pinto P., Madias A. 2019. Informe de avances. Red de Cultivos de Servicios AAPRESID-BASF. Campaña 2018/2019.

Portela S. I., Restovich S. B., González H. M., Torti M. J. 2016. Reducción del drenaje profundo y la lixiviación de nitrógeno en rotaciones agrícolas con cultivos de cobertura. *Ecología Austral* 26:212-220. Diciembre 2016. Asociación Argentina de Ecología.

Quiroga A.R.; Studdert, G.A. 2014. Manejo del suelo e intensificación agrícola: agua y materia orgánica, dos aspectos clave. En: Echeverría, H.E.; García, F.O. (eds.) *Fertilidad de Suelos y Fertilización de los Cultivos*. 2da. ed. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina. p. 53-89.

Rainaud M. 2019. Informe de evolución de Siembra Directa en Argentina. Campaña 2018/19. Asociación Argentina de Productores de Siembra Directa (Aapresid).

Rampo M., Barraco M., Girón P., Miranda W., Lobos M. 2018. Evaluación de especies de cultivos de cobertura en suelos post anegamiento. En: *Memoria técnica 2017-2018*. INTA. EEA General Villegas. p. 16-19.

Raposo J., Fernandez R., Quiroga A. 2018. Fertilización nitrogenada en el centeno (*Secale cereale*) utilizado como cultivo de cobertura. En: *Actas XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo; compilado por Gerardo Agustín Sanzano ... [et al.]*. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo -AACS, 2018. p. 1296-1301.

Raspo C., Tassone L. J. 2016. Cultivos de cobertura de avena y centeno: efecto de la fertilización nitrogenada y momento de quemado sobre la eficiencia de uso del agua, relación carbono nitrógeno y control de malezas. Trabajo final de graduación para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Pampa.

Restovich, S. y Andiulo, A. 2012. Cultivos de cobertura en la rotación soja-maíz: biomasa aérea, captura de nitrógeno, consumo de agua y efecto sobre el rendimiento en grano. En: Álvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. (Eds.) *Contribuciones de los cultivos de coberturas a la sostenibilidad de los sistemas de producción*. 1° ed. La Pampa: Ediciones INTA. p. 29-35.

Ridley N. 2012. Cultivos de cobertura en el sur de Santa Fé: Efectos sobre la eficiencia de barbecho y la porosidad del suelo. En: Álvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. (Eds.) *Contribuciones de los cultivos de coberturas a la sostenibilidad de los sistemas de producción*. 1° ed. La Pampa: Ediciones INTA. p. 7-15.

Rillo S., Álvarez C., Bagnato R., Noellemeyer E. 2012. Cultivos de cobertura: gramíneas y leguminosas en el centro oeste de la provincia de Buenos Aires. En: Álvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. (Eds.) Contribuciones de los cultivos de coberturas a la sostenibilidad de los sistemas de producción. 1° ed. La Pampa: Ediciones INTA. p. 58-68.

Rillo S. N. 2010. Cultivos de cobertura para mejorar las condiciones del suelo en rotaciones con alta frecuencia de soja. Escuela para Graduados de la Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.

Ruffo M.L., Parsons A.T. 2004. Cultivos de cobertura en sistemas agrícolas. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. 21(1):13-15.

Rimski-Korsakov H., Zubillaga M. S., Landriscini M. R., Lavado R. S. 2012. Utilización de un cultivo de cobertura luego de maíz, para recuperar nitratos residuales susceptibles de lixiviarse. En: Álvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. (Eds.) Contribuciones de los cultivos de coberturas a la sostenibilidad de los sistemas de producción. 1° ed. La Pampa: Ediciones INTA. p. 69-75.

Ritchie S.W., Hanway J.J. 1982. How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service. Ames, Iowa, USA. Special Report 48. 21 p.

Ross F. 2010. Gramíneas de cobertura previo a un cultivo de soja. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. 19(1):14-19.

Sáenz, C. y Colazo J. 2012. Costo hídrico de cultivos de cobertura invernales en San Luis. Primeras experiencias. En: Álvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. (Eds.) Contribuciones de los cultivos de coberturas a la sostenibilidad de los sistemas de producción. 1° ed. La Pampa: Ediciones INTA. p. 16-20.

Sá Pereira E., Arroquy G., Quiroga A., Álvarez C., Fernández R. 2018. Consideraciones sobre algunos cambios en propiedades físico-hídrica de suelos pertenecientes a la Cuenca del Arroyo Sauce Corto. Ediciones INTA.

Sá Pereira E., Vechi G., Ibarra C., Pedelaborde J. M. 2016. Cultivos de cobertura de invierno como alternativa a barbechos de larga duración en el sudoeste de Buenos Aires Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/de\\_sapereyra\\_eduardo\\_-\\_cultivos\\_de\\_cobertura\\_de\\_invierno\\_como\\_alternativa\\_a\\_barbechos\\_de\\_larga\\_duracion\\_en\\_el\\_sudoeste\\_de\\_buenos\\_aires.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/de_sapereyra_eduardo_-_cultivos_de_cobertura_de_invierno_como_alternativa_a_barbechos_de_larga_duracion_en_el_sudoeste_de_buenos_aires.pdf) . Fecha de consulta: 1 de octubre de 2020.

Sá Pereira E., Galantini J., Quiroga A., Landriscini M. 2014. Efecto De Los Cultivos De Cobertura Otoño Invernales, Sobre El Rendimiento y Acumulación De N En Maíz En El Sudoeste Bonaerense. 32. 219-231.

Sá Pereira E. 2013. Los cultivos de cobertura y la productividad del maíz en siembra directa: dinámica del nitrógeno, agua y fracciones orgánicas del suelo. Tesis de doctor en agronomía. Universidad Nacional del Sur.

Sá Pereira E., Galantini J., Quiroga, A. 2012. Sistemas de cultivos de cobertura de suelo de otoño invierno: sus efectos sobre la disponibilidad de. En: Álvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. (Eds.) Contribuciones de los cultivos de coberturas a la sostenibilidad de los sistemas de producción. 1° ed. La Pampa: Ediciones INTA. p. 76-82.

Sardiña C., Guerrero L., Orelia M. 2008. Cultivos de cobertura. Efectos de la fertilización sobre la producción de biomasa y eficiencia en el uso del agua. Universidad Nacional de La Pampa. Facultad de Agronomía.

Scianca, C.; Varela, M.F.; Barraco, M.; Álvarez, C.; Quiroga, A. 2012. Cultivos de cobertura en un Haplustol Thapto Árgico de la pampa arenosa: análisis de cinco campañas. En: Álvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. (Eds.) Contribuciones de los cultivos de coberturas a la sostenibilidad de los sistemas de producción. 1° ed. La Pampa: Ediciones INTA. p. 105-116.

Scianca C., Miranda W., Lardone A., Barraco M., Perez M., Justo C. 2012. Cultivos de cobertura y maíz tardío en sistemas de producción orgánica. En: Memoria técnica 2011-2012. INTA. EEA General Villegas. p. 83-88.

Scianca C., Pérez M. B., Barraco M., Lardone A. 2011. Cultivos de cobertura en sistemas de producción orgánica: producción de materia seca e impacto sobre algunas propiedades edáficas y poblaciones de malezas. En: Memoria técnica 2010-2011. INTA. EEA General Villegas. p. 38-45.

Scianca C. M. 2010. Cultivos de cobertura en molisoles de la Región Pampeana. Producción de materia seca, eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno e incidencia sobre el cultivo de soja. Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. Argentina.

Scianca C., Barraco M., Álvarez C. 2009. Estrategias de manejo de centeno utilizado como cultivo de cobertura en un argiudol típico del noroeste bonaerense. En: Memoria técnica 2008-2009. INTA. EEA General Villegas. p. 25-28.

Scianca C., Álvarez C., Barraco M., Quiroga A., Zalba, P. 2008. Cultivos de cobertura en un argiudol típico del noroeste bonaerense. En: Memoria técnica 2007-2008. INTA. EEA General Villegas. p. 15-19.

Scianca C., Álvarez C., Barraco M., Quiroga A., Pérez M. B. 2008. Impacto de diferentes coberturas invernales sobre propiedades edáficas, población de malezas y productividad de soja. En: Memoria técnica 2007-2008. INTA. EEA General Villegas. p. 55-58.

Scianca C., Álvarez C., Barraco M., Pérez M., Quiroga A. 2007. Cultivos de cobertura en sistemas orgánicos. Aporte de carbono y dinámica de malezas. En: Memoria técnica 2006-2007. INTA. EEA General Villegas. p. 10-12.

SIGA. 2020. Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica. INTA. Disponible en: <http://siga2.inta.gov.ar/#/data> . Fecha de consulta: 2 de octubre de 2020.

Soil Survey Staff (2010) Keys to Soil Taxonomy. 11th Edition, USDA-NRCS, Washington DC. Disponible en: [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_050915.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_050915.pdf) . Fecha de consulta: 27 de noviembre de 2020.

Thornthwaite C.W. 1984. An approach toward a rational classification of climate. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2307/210739> . Fecha de consulta: 15 de octubre de 2020.

Trigo E. 2017. Las bases conceptuales de la Bioeconomía. Curso virtual "Bioeconomía: conceptos generales". Bolsa de cereales de Buenos Aires.

Uhaldegaray M. G., Oderiz J. A., Scherger E. D., Frasier I., Fernández R., Pérez M., Quiroga A., Zalba P. 2018. Contribución de los cultivos de cobertura a la disponibilidad de nitrógeno en el cultivo sucesor. En: Actas XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo; compilado por Gerardo Agustín Sanzano ... [et al.]. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo -AACS, 2018. p. 744-749.

Varela M. F., Scianca C., Taboada M.A., Rubio G. 2012. Cultivos de cobertura: descomposición de residuos y ciclado de fósforo. En: Memoria técnica 2011-2012. INTA. EEA General Villegas. p. 72-76.

Visor GeoINTA. Disponible en: <http://visor.geointa.inta.gob.ar/> . Fecha de consulta: 15 de octubre 2020.

## ANEXO IMÁGENES



**Imagen 1.** Estado del CC (30 de abril de 2018).



**Imagen 2.** Estado del CC (21 de junio de 2018).



**Imagen 3.** Estado del CC (19 de agosto de 2018).



**Imagen 4.** Estado del CC (izq.) y el barbecho (sin CC) (der.) al momento del muestreo para la determinación de acumulación de materia seca (3 de septiembre de 2018).



**Imagen 5.** Marco utilizado para el muestreo de acumulación de materia seca.



**Imagen 6.** Conteo de plantas de maíz logradas.



**Imagen 7.** Fertilización del maíz.



**Imagen 8.** Foto aérea del efecto de las distintas franjas de fertilización sobre el maíz.



**Imagen 9.** Maíz en etapa de llenado de grano.



**Imagen 10.** Espigas normales (izq.), con pocos granos por problemas en la fecundación (centro) y atacadas por carbón del maíz (*Ustilago maydis*) (der.).



**Imagen 11.** Determinación del peso de 1000 semillas.