



Universidad
Nacional
de Córdoba



FCA
Facultad de Ciencias
Agropecuarias

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

TRABAJO ACADÉMICO INTEGRADOR
DEL ÁREA DE CONSOLIDACIÓN



Autor: Benjamín Ravasi

Tutor: Ing. Agr. (Esp) Horacio Valdez

Área de consolidación: Gestión ambiental y producción sostenible

Año: 2023



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

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE CONTENIDOS	02
INDICE DE TABLAS Y FIGURAS	03
AGRADECIMIENTOS	05
RESUMEN	06
PALABRAS CLAVES	06
INTRODUCCIÓN	07
OBJETIVOS	08
MARCO TEÓRICO	09
MATERIALES Y MÉTODOS	14
RESULTADOS	
Cobertura del suelo	19
Agua en suelo	22
Análisis económico	31
DISCUSIÓN	33
CONCLUSIÓN	34
CONSIDERACIONES FINALES	34
BIBLIOGRAFÍA	35

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1: Lotes establecimiento 1 y Lotes establecimiento 2	17
Figura 2: Tratamientos establecimiento 1	17
Figura 3: Tratamientos establecimiento 2	18
Tabla 1. Cobertura en los tratamientos del establecimiento 2	19
Tabla 2: Total de cobertura por hectárea en los tratamientos del establecimiento 2.	20
Tabla 3. Cobertura en los tratamientos con CS sobre rastrojo de soja en el establecimiento 1.	20
Tabla 4. Cobertura total por hectárea en los tratamientos del establecimiento 1.	21
Tabla 5. Cobertura en los tratamientos de centeno sobre maíz del establecimiento 1.	21
Tabla 6. Cobertura total por hectárea en los tratamientos de centeno sobre maíz del establecimiento 1.	21
Tabla 7. Valores de agua útil en milímetros (mm) al momento del secado de los cultivos de cobertura del Establecimiento 2.	22
Figura 4 Agua útil en el perfil al momento de secado de CC	23
Tabla 8. Valores de agua útil en milímetros (mm) al momento del secado de los cultivos de cobertura del Establecimiento 1.	23
Figura 6. Agua útil en el perfil al momento de secado de CC. Establecimiento 1.	24
Tabla 9. Valores de agua útil en milímetros (mm) al momento del secado de los cultivos de cobertura. Rastrojo de maíz.	24
Figura 7. Agua útil en el perfil al momento de secado de CC en Rastrojo de maíz.	25
Tabla 10. Valores de agua útil al momento de la siembra del cultivo siguiente. Establecimiento 2.	25
Figura 8. Agua útil al momento de siembra de Cultivo de renta. Establecimiento 2.	26
Tabla 11. Valores de agua útil al momento de la siembra del cultivo siguiente. Establecimiento 1.	26

Figura 9. Agua útil en el perfil al momento de siembra de cultivo de renta. Establecimiento 1.	27
Tabla 12. Valores de agua útil al momento de la siembra del cultivo siguiente. Rastrojo de Maíz	27
Figura 10. Agua útil en el perfil al momento de siembra de cultivo de renta en Rastrojo de maíz.	28
Figura 11. Agua total en tratamientos establecimiento 1.	29
Figura 12. Agua total en tratamientos establecimiento 2.	29
Figura 13. Agua total en tratamientos de rastrojo de maíz.	30
Tabla 13. Precipitaciones Mayo-diciembre 2021.	30
Figura 14. Precipitaciones mayo-diciembre 2021.	31
Tabla 14. Comparación de beneficio T1 y T2.	31
Tabla 15. Comparación de rendimiento T3, T3B y T3C.	32
Tabla 16. Valores económicos utilizados.	32

AGRADECIMIENTOS

A Dios, y a las personas que, gracias a Él, moldean mi vida hasta el día de hoy:

Mis padres y en ellos Mi Patria, donde nacieron, y eligieron vivir y criarnos.

Mis hermanos que siempre son acompañamiento y sostén.

Mi esposa, a quien amo y admiro.

RESUMEN

Con el objetivo de profundizar el estudio sobre los cultivos de servicio y su uso como herramienta importante para lograr la sustentabilidad de los sistemas agrícolas, se realizó una recopilación bibliográfica referida al tema, para luego constatar los conocimientos teóricos a través de una experiencia práctica a campo.

La experiencia realizada en la localidad de Avellaneda, perteneciente al ambiente semiárido del norte de Córdoba, consistió en tomar mediciones a campo, de cobertura y agua en el suelo, sobre distintos lotes con diferentes cultivos de servicio implantados.

Se constató que los cultivos de servicio tienen un gran impacto generando cobertura en el suelo y compitiendo con las malezas. Por otro lado, se vio comprometida la cantidad de agua útil para los cultivos de renta, que aparecen en la rotación luego de los cultivos de servicio, y que son los que dan sustentabilidad económica a los sistemas productivos.

PALABRAS CLAVE

Cultivos de servicio, cobertura, sustentabilidad.

INTRODUCCIÓN

La producción agrícola en nuestro país tiene una enorme importancia en cantidad de tierras cultivadas durante todo el año. Argentina tiene una superficie continental de alrededor de 2,8 millones de kilómetros cuadrados, y cuenta con 37,5 millones de hectáreas de cultivos agrícolas. Los principales cultivos que ocupan esa superficie son: soja, trigo, maíz, girasol, sorgo y cebada.¹

Con un incremento en el nivel tecnológico disponible para producir en mayor cantidad, la agronomía sigue generando alimentos para satisfacer la demanda de la población mundial que va en aumento. En este contexto, cada vez se hace más imprescindible producir de manera sustentable, esto quiere decir, haciendo un uso racional de los recursos naturales que intervienen en la producción, sin comprometer el futuro uso de los mismos por las generaciones venideras. Este objetivo debe ir de la mano con el de la rentabilidad que va a permitir continuar produciendo a lo largo del tiempo de manera exitosa. La estabilidad debe ser ambiental, social y económica.

Cuando se habla de producción agrícola, la combinación de distintas estrategias tales como, rotaciones, barbechos, estructura del cultivo, nutrición y protección, en armonía con el clima, debe permitir una buena captación de agua y mejorar la eficiencia de su uso como base para el logro de altos rendimientos. Al mismo tiempo, su buen uso debe mantener la viabilidad del sistema a través del desarrollo de una cobertura completa del suelo con rastrojos o barbechos vivos, abundante desarrollo de raíces y un suficiente aporte de material orgánico que sea capaz de sostener un balance equilibrado de carbono en el suelo (Gil, 2015).

En este trabajo se pretende estudiar los beneficios que tiene el uso de cultivos de servicio en sistemas agrícolas.

Se plantea como hipótesis que la utilización de cultivos de servicio entre dos cultivos de renta afecta de manera positiva en la utilización del agua, mejora la cobertura del suelo evitando la voladura del rastrojo del cultivo antecesor y es una herramienta para competir contra las malezas invernales.

¹ Datos obtenidos del diario Sur del Sur: <https://surdelsur.com/es/agricultura-argentina/>

OBJETIVO GENERAL

Obtener y analizar datos e información sobre los beneficios de la utilización de cultivos de servicio durante el período invernal, en el templado semiárido del norte de Córdoba.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-Recopilar información sobre los beneficios que aportan los cultivos de servicio a los sistemas agrícolas.

-Medir el agua útil en distintos tratamientos para evaluar la dinámica de esta en distintos cultivos de servicio.

-Cuantificar el aporte de cobertura vegetal que dejan los diferentes cultivos de servicio.

-Evaluar el impacto de la implementación de distintos cultivos de servicio sobre la proliferación de malezas en diferentes tratamientos.

RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN-MARCO TEÓRICO

Los cultivos de servicio (CS) o cultivos de cobertura (CC), son especies que se introducen dentro de la rotación de un sistema de producción para generar un lote cubierto entre dos cultivos de renta y que su objetivo no es el de ser cosechados, tampoco el de ser incorporados al suelo, a diferencia de los abonos verdes; ni tampoco pastoreados, a diferencia de los verdes de invierno (Ruffo y Parsons, 2004).

Su inclusión apunta a mejorar las condiciones edáficas, esperando que ello redunde en mediano-largo plazo en mejores rendimientos para los cultivos siguientes en la rotación. (Bianchi, 2018)

Cuando se realiza un cultivo de servicio, el mismo es normalmente secado en el momento previo a la antesis del cultivo haciendo uso de herbicidas y la biomasa seca que queda se deja en pie en el lote. En otras ocasiones, se rola. De esta manera se corta el ciclo del cultivo para que deje de consumir agua en la etapa fisiológica de mayor demanda de este recurso, el cual es necesario preservar para ser usado por el cultivo de renta que vendrá en la rotación posteriormente.

El cultivo de servicio ya secado queda en la superficie protegiendo el suelo y liberando nutrientes como resultado de los procesos de degradación de la biomasa aérea y radicular de los mismos (Álvarez & Scianca, 2006). Algunos investigadores sugieren que una buena cobertura del suelo se puede obtener principalmente incluyendo en la rotación un cultivo de gramíneas, las cuales dejan residuos sobre la superficie del suelo de alta relación C/N, acompañando a cultivos de baja relación (Povilonis et al., 2018).

Los beneficios que aporta mantener el suelo cubierto con cultivos de servicio, son múltiples; entre ellos se encuentran:

- **Control de la erosión:** El CS proporciona la cobertura necesaria para evitar que el suelo sea erosionado cuidando de esta forma un recurso que es muy importante para poder seguir produciendo.

La erosión es el desgaste que se produce en la superficie del suelo por la acción de agentes externos como el viento o el agua, o por la fricción continua de otros cuerpos. Este es uno de los procesos que más influye en la disminución de la capacidad productiva de los suelos. En la República Argentina, la tasa media de erosión actual de los suelos, es de aproximadamente 6 t/ha/año (Gaitán et al., 2017).

Según algunos estudios, los principales factores que afectan la erosión hídrica son el clima, el suelo, la vegetación y la topografía. De estos factores, el componente de vegetación y algunos del suelo podrían ser controlados, pero el clima es un componente incontrolable que no se puede modificar. (Flores et al., 2013)

En el contexto de la erosión hídrica, la vegetación actúa como una capa protectora entre el suelo y la atmósfera: ya que, en la parte aérea de las plantas, los tallos y las hojas se encargan de absorber la energía de las gotas de lluvia, del escurrimiento superficial y el viento (Morgan, 2005).

Además, hay que tener en cuenta que la cobertura de las plantas también actúa disipando la energía de las corrientes de agua, por la rugosidad de ésta que reduce la velocidad del flujo, con mayores efectos en cultivos densos y uniformes, como es el caso de los pastos (Morgan, 2005).

- **Fijación de rastrojo:** El rastrojo generado por el cultivo predecesor es importante que quede en el lote para que el suelo permanezca cubierto evitando así la erosión eólica e hídrica, disminuyendo la evaporación del agua de lluvia del lote, asegurando una menor temperatura a nivel suelo y sumando biomasa vegetal que luego será degradada aportando materia orgánica al suelo. Por otro lado, la cobertura que permanece en el suelo intercepta la luz evitando que llegue directamente al suelo y que progresen las malezas.

El CS favorece la permanencia del rastrojo en el suelo actuando como anclaje del mismo, evitando que se vuele y generando un suelo cubierto. Es una técnica utilizada en ambientes donde se produce mucha voladura de rastrojo por acción del viento.

En algunas observaciones se ha constatado que la cobertura favorece la conservación de la humedad del suelo, disminuye la erosión y aumenta la capacidad de retención de agua. (Turney y Menge, 1994). Otros analistas indican que la tasa de infiltración de agua en el suelo cubierto con diferentes tipos de coberturas permeables aumentó un 30% en comparación con el suelo desnudo (Chaudhry et al., 2004).

Así mismo, en otras investigaciones se concluye que los residuos vegetales provenientes de restos de cosecha (paja, cortezas, residuos de poda, etc.) reducen la evaporación al disminuir la cantidad de energía radiante absorbida y reducir al mínimo el flujo de aire en la superficie del suelo (Zribi et al., 2011)

- **Descompactación del suelo:** Es muy importante mantener el suelo descompactado y con buen diámetro de poros para asegurar la infiltración del agua y el crecimiento de las raíces en profundidad. La presencia de raíces aportadas por el CS favorece en tal sentido al suelo y a los cultivos siguientes.

La cobertura orgánica que permanece en el lote favorece la actividad de la microfauna del suelo y la proliferación de raíces, lo que disminuye la compactación del suelo debido a la agregación de partículas finas de arcilla (Turney y Menge, 1994).

- **Captura de carbono:** El carbono atmosférico pasa a formar parte de la estructura de las plantas ya que la vegetación es la encargada de incorporarlo al ciclo biológico por medio de la fotosíntesis (Ordoñez y Masera, 2001).

Las plantas superiores adquieren el bióxido de carbono (CO₂) atmosférico por difusión a través los estomas ubicados en las hojas y es transportado a los sitios donde se lleva a cabo la fotosíntesis. Cierta cantidad de este CO₂ regresa a la atmósfera, pero otra cantidad se fija y se convierte en carbohidratos durante la fotosíntesis. Así el Carbono se incorpora en los tejidos vegetales, como hojas, raíces y tejido leñoso. (Martínez y Fernández, 2004)

Esto es importante ya que el dióxido de carbono es uno de los gases que se encuentran en la atmósfera y que absorben la radiación infrarroja procedente de la Tierra o radiación saliente. Estos gases son conocidos como Gases de Efecto Invernadero (GEI), entre ellos se encuentran el dióxido de carbono, el vapor de agua, el óxido nitroso, el metano y el ozono, responsables del aumento de la temperatura de la tierra.

A diferencia de lo que pasaría si el suelo estuviera desnudo, el CS que se encuentra en el lote, está fijando dióxido de carbono desde la atmósfera para dejarlo como parte de la Materia Orgánica del suelo.

Martínez y Fernández (2004) explican que la biomasa muerta es incorporada en gran parte a la materia orgánica del suelo, donde es “respirada” a diferentes velocidades dependiendo de sus características. Se producen de esta manera almacenes de C en el suelo que regresan el C hacia la atmósfera en diferentes periodos de tiempo.

- Control de malezas y reducción del uso de herbicidas: Las malezas en un período de barbecho son controladas generalmente utilizando herbicidas con diferentes modos de acción. Para su aplicación se utilizan aproximadamente 60 litros de agua por hectárea en cada aplicación.

El cultivo introducido como CS compite por recursos y agua con las malezas evitando que crezcan y por ende reduciendo la aplicación de herbicidas.

La implantación de un CC producirá una cantidad de biomasa que, si bien depende de la especie y la variedad utilizada, permitirá reducir la densidad y materia seca de una población de malezas. (Porta, 2021)

El rastrojo que se queda en el lote junto con el CS constituye una alternativa a los métodos tradicionales de control de malezas ya que no produce contaminación del medio (suelo o aguas subterráneas) por productos fitosanitarios ni ocasiona problemas de erosión. La cobertura del suelo evita la penetración de la luz y constituye una barrera física para la emergencia de las malezas (Teasdale, 2003).

Por otro lado, hay estudios que indican que la cobertura controla la maleza favoreciendo su asfixia y evitando la germinación de las semillas de las malas hierbas. (Walsh et al.,1996)

Además, se afirma que los CC compiten con las malezas invernales y reducen germinación, especialmente de malezas de verano difíciles de controlar como cola de zorro, yuyo colorado y quínoa, dándole “residualidad” a la aplicación del glifosato utilizado para secar el cultivo de cobertura. (Ruffo y Parsons, 2004).

Otro aspecto a tener en cuenta es el efecto alelopático que poseen algunas especies utilizadas como CS, sobre las malezas. Como dice Ochoa (2021), las especies utilizadas como CS con propiedades alelopáticas incluyen el centeno, trigo sarraceno, alfalfa, cebada, colza, avena y sorgo. La alelopatía, implica la liberación al entorno por parte de una planta de un compuesto químico que ocasiona un efecto negativo sobre otra planta.

- **Aporte de nitrógeno:** El nitrógeno es un macronutriente esencial para la producción de cereales y oleaginosas. Éste se encuentra entre los diecisiete elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas y es considerado el más importante, por ser el que se encuentra en mayor proporción, 1 a 3 % con respecto a su materia seca, dependiendo de la especie, de la etapa fenológica y del órgano. (Cárdenas et al., 2004)

El N₂ es el elemento más abundante entre los gases que constituyen la atmósfera; pero se encuentra en forma de gas inerte y no puede ser utilizado por las plantas de forma directa, ya que las raíces lo absorben principalmente en forma de iones nitrato (NO₃⁻) y amonio (NH₄⁺). La utilización del N₂ atmosférico está restringida a algunos organismos procarióticos que pueden establecer una relación simbiótica con las plantas, formando nódulos en sus raíces. (Cárdenas et al., 2004)

La vicia (*vicia villosa*) es una de las especies que más se utiliza como CC. Pertenece a la familia de las leguminosas y posee la capacidad de generar una simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*. Estas bacterias fijan nitrógeno atmosférico a través de la fijación biológica de N para que pueda ser utilizado por las plantas, quedando disponible posteriormente en el suelo para ser utilizado por el cultivo sucesor. Esto trae aparejado menor uso de fertilizante nitrogenado ya que gran parte es aportado por la fijación biológica de N por parte de la vicia. (Gareis y Sanchez, 2017)

- **Disminución de la temperatura a nivel de suelo:** Gran parte de los rayos del sol que llegan hasta la superficie terrestre son absorbidos aumentando la temperatura de la misma. Un suelo descubierto absorbe a lo largo del día mucha más temperatura que un suelo cubierto y por ende libera más temperatura. En casos extremos una semilla de soja sembrada sobre un suelo descubierto puede tener dificultades para germinar a causa de la elevada temperatura del suelo.

La cobertura que queda en el suelo como resultado de la incorporación de un CC amortigua las diferencias de temperatura máximas y mínimas que se producen en un suelo desnudo. Además, modifica la energía que llega al suelo y el intercambio de calor entre el suelo y la atmósfera. (Gonzalo, 2009).

Un aspecto positivo de la cobertura en el suelo es la disminución en las fluctuaciones de temperatura, amortiguando los picos máximos y mínimos principalmente en los primeros 15 cm de profundidad (Leal, 2007).

Si entendemos a la tierra como un todo y como un gran ecosistema, lograr que el suelo esté cubierto durante una mayor parte del tiempo ayudaría a amortiguar temperaturas máximas y mínimas a nivel global.

Además de los beneficios que hemos analizado tenemos que tener en cuenta las siguientes consideraciones.

Los CS se siembran entre dos cultivos de cosecha; en la mayoría de los casos ocupan el suelo en el período invernal ubicándose en la rotación entre una soja y un maíz de segunda o viceversa. Se siembran en siembra directa con sembradora de grano fino. Otra forma utilizada para sembrar un CS después de un maíz es realizando una siembra aérea. Esta se realiza previo a la cosecha del maíz, cuando el cultivo se encuentra en estado de R6, de manera que el centeno germina estando el maíz en pie. Luego, cuando el maíz es cosechado las plantas de centeno favorecen el anclaje del rastrojo evitando que se vuele.

Siguiendo con los estudios ya citados, en zonas templadas, las especies que más se utilizan como CS son fundamentalmente de las familias de las gramíneas y de las leguminosas. Las gramíneas más utilizadas son centeno (*Secale cereale*), trigo (*Triticosecale wittm*), avena (*Avena sativa L*), y raigrás (*Lolium perenne*). El centeno es la gramínea más tolerante al frío y al estrés hídrico y produce un abundante volumen de residuo que se descompone más lentamente que el de otras gramíneas de invierno (Ruffo y Parsons, 2004).

Es recomendable utilizar una leguminosa como CS antes del maíz y una gramínea antes de la soja. La inclusión de una leguminosa aporta C, genera cobertura, reduce el requerimiento de fertilizante nitrogenado e incrementa el rendimiento potencial del maíz.

Una gramínea invernal como el centeno o la avena es útil para absorber nitratos residuales (especialmente luego de años secos), aportar Carbono e incrementar la cobertura del suelo.

En contraposición a los beneficios anteriores, la realización de CS podría tener consumos de agua elevados y disminuir el agua útil disponible al momento de la siembra de los cultivos de cosecha estivales. La introducción entonces de CC puede ir en contra del principal objetivo que es el de obtener la mayor renta de los cultivos estivales ya que como consecuencia de su evapotranspiración puede disminuir el agua disponible en la siembra del cultivo de soja o de maíz afectando negativamente su rendimiento.

Esto lo confirma Prieto (2018) cuando concluye que la realización de Cultivos de Cobertura en la región Chaqueña Semiárida disminuye el Agua útil (AU) a la siembra con respecto al Barbecho Químico. A su vez, si se realizara un mal manejo, el AU sería menor en la medida que se retrasa el secado. Como consecuencia de ello, el AU a la siembra de maíz es menor en todos los CC, diferencias asociadas principalmente a la no recuperación del AU en el intervalo 100-200 cm...

MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia práctica se realizó sobre diferentes parcelas agrícolas que se encuentran en dos establecimientos aledaños, ubicados en la localidad de Avellaneda, en el ambiente semiárido del norte de Córdoba. Se realizó entre los meses de mayo-diciembre del año 2021, comprendiendo la época que existe entre dos cultivos estivales. El suelo sobre el que se realizó el ensayo corresponde a una asociación Mcl1: Asociación de Serie LAS MERCEDES I 60% y BARRANCA YACO 40% con capacidad de uso IIIc y un índice productivo de 68. (Carta de suelos de Córdoba, Hojas "Noroeste")

Avellaneda es una localidad situada en el departamento de Ischilín, ubicada sobre la Ruta Nacional 60, 25 km al sur de la ciudad de Deán Funes y 50 Km al Norte de la ciudad de Jesús María. Se caracteriza por poseer un clima de régimen monzónico con una precipitación anual promedio de los últimos 20 años de 837 mm de agua promedio, con valores que oscilan desde los 507 mm de agua en los años más secos hasta 1255 mm de agua en los más húmedos.

La principal actividad en la zona es la agricultura seguida por la ganadería.

El *establecimiento 1* posee una historia agrícola marcada desde hace 18 años. El *establecimiento 2* es un establecimiento mixto con muchos años de manejo ganadero, que en las últimas seis campañas está destinando los lotes agrícolas específicamente para este fin.

El ensayo se llevó adelante sobre el sistema real de producción en los dos establecimientos estudiados; es decir, no se modificó para facilitar el ensayo realizado; sino que se siguió el curso de las habituales prácticas de manejo. Todos los datos referidos a la producción y siembra se obtuvieron a través de entrevistas con los productores y encargados.

En cada parcela se encontraba una situación diferente de manejo del barbecho de invierno.

Las parcelas se dividieron en distintos tratamientos para su seguimiento y reconocimiento. Seis tratamientos corresponden a lotes provenientes del cultivo de soja y dos tratamientos corresponden a lotes provenientes de cultivos de maíz.

Los mismos son:

T0: Barbecho químico sobre rastrojo de soja, con aplicación química de 1,250 kg/ha de glifosato granulado, 1 kg/ha de atrazina, 200cc/ha de piclorám inmediatamente después de la cosecha.

T1: Barbecho químico, sobre rastrojo de soja con pulverización en el mes de septiembre con 1 lt/ha de 2,4d amina y 125cm³/ha de Picloram.

T2: Avena sobre rastrojo de soja, como cultivo de invierno con destino a semilla. La avena se sembró en SD con 55 kg/ha en la fecha de 25 de abril 2021 y posterior pulverizado con 1.5 kg/ha de glifosato, y 5grs/ha de metsulfurón.

T3: Centeno y vicia en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivo de invierno con destino a semilla. Se sembró el primero de mayo, 40 kg/ha de centeno y 20kg/ha de vicia.

T3B: Centeno y vicia en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivos de cobertura. Se sembró el primero de mayo 40 kg/ha de centeno y 20 kg/ha de vicia.

T3C: Centeno en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivo de cobertura. Se sembró el primero de mayo 40 kg/ha de centeno.

T0M: Rastrojo de maíz con barbecho químico aplicado en el mes de septiembre.

T1M: Centeno volado sobre rastrojo de maíz, como cultivo de cobertura. El centeno se sembró por medio de un avión mientras el cultivo de maíz estaba en pie, el día 23 de marzo de 2021 Se sembraron al voleo 40 kg/ha de centeno.

Originalmente, todos los cultivos de invierno iban a ser secados como cultivos de cobertura; pero luego, sobre la marcha, se tomó la decisión en algunos cultivos de no secarlos dejándolos terminar su ciclo para cosechar la semilla. Esto ocurrió en los tratamientos T2 y T3. Esta variante fue utilizada para sumar variables al ensayo.

En cada tratamiento, se midió, al momento de secado de los CC, los kilogramos de materia seca ubicada en un cuarto de metro cuadrado utilizando un aro de metal de la misma superficie y utilizando una hoz para cortar la vegetación que se encontraba implantada según el tratamiento que correspondiese. El aro se tiró sobre el lote de manera aleatoria; a continuación, se procedió a cortar el material vegetal y a colocarlo en bolsas rotuladas. Además, en esta misma superficie, se recogió el rastrojo y las malezas, en el caso de que hubiera, colocando cada una en bolsas separadas y rotuladas. Se realizaron 4 repeticiones por tratamiento. Estas muestras se guardaron para luego llevarlas a estufa a 85 grados centígrados durante 20 horas para determinar el peso seco de las mismas.

Una vez secadas las muestras de la cobertura, obtenidas a campo se procedió a pesarlas. También se contó el número de plantas de centeno en los tratamientos donde éste se encontraba para obtener el peso promedio por planta.

Al momento de secado de los cultivos de cobertura, se tomaron muestras de suelo para poder medir agua útil disponible hasta 1,6 metros de profundidad cada 20 cm. Para esto se utilizó un barreno con un alargador para llegar a la profundidad requerida. Cada muestra se iba guardando en una bolsa rotulada adecuadamente. Las muestras se guardaron para luego llevarlas al laboratorio. En el laboratorio de forrajes de la FCA-UNC, las muestras se pesaron inicialmente para obtener el peso húmedo y luego se llevaron a estufa a 85 grados centígrados durante 25 horas para secarlas y obtener el peso seco de la muestra, resultando de la diferencia de ambas muestras el peso del agua que contenían.

Para obtener el valor de agua útil de las muestras se utilizaron valores de densidad aparente y de punto de marchitez permanente del suelo sobre el que se realizó el ensayo y que se encontraban en registros anteriores.

El procedimiento para obtener el valor de agua útil de cada profundidad se obtuvo del apunte de la cátedra de cereales y oleaginosas de la FCA-UNC y es el siguiente:

Primero se obtiene la humedad gravimétrica que relaciona el peso del agua de la muestra con respecto al peso seco de la muestra.

$$W = (PH - PS) / PS = gr$$

Donde W es humedad gravimétrica; PH es peso húmedo; y PS es peso seco

Luego al aplicar el valor de densidad aparente sobre el valor de humedad gravimétrica se obtiene el valor de humedad volumétrica.

$$W \times ds = TITA = cm^3/cm^3$$

Donde ds: es densidad del suelo.

Luego se multiplica por el espesor del perfil muestreado y obtenemos la lámina de agua.

$$TITA (cm^3/cm^3) \times 200 \text{ mm} = \text{lámina de agua en el perfil (mm)}$$

A continuación, para obtener el Agua útil, se resta el agua que no puede ser extraída por las plantas por estar retenida fuertemente en el suelo, esto es el valor de agua de Punto de Marchitez Permanente.

Agua útil = lámina de agua en el perfil – Agua al Punto de Marchitez Permanente.

La fecha en que se secaron los cultivos de cobertura fue el 16 de septiembre de 2021. En esta fecha el cultivo de centeno se encontraba en estado fenológico de hoja bandera. Es allí donde el cultivo comienza a extraer la mayor cantidad de agua que destinará a la producción de grano.

Luego al momento de siembra del cultivo de verano se realizó nuevamente la medición de agua contenida hasta 1,6 metros de profundidad, de la misma manera que la primera vez.

A su vez se contó con el registro de precipitaciones de uno de los establecimientos que sirvió como dato para contabilizar el ingreso de agua a través de lluvias a los sistemas, desde que se sembró el cultivo de cobertura hasta que se sembró el cultivo de renta siguiente.

Los lotes con rastrojos de maíz que iban a soja se sembraron el día 20 de noviembre del 2021

Los lotes con rastrojo de soja que iban a maíz se sembraron el día 5 de diciembre de 2021.

A continuación, se adjuntan imágenes satelitales de los lotes y tratamientos del ensayo.



Figura 1: Lotes establecimiento 1 (Azul). Lotes establecimiento 2 (Rojo).

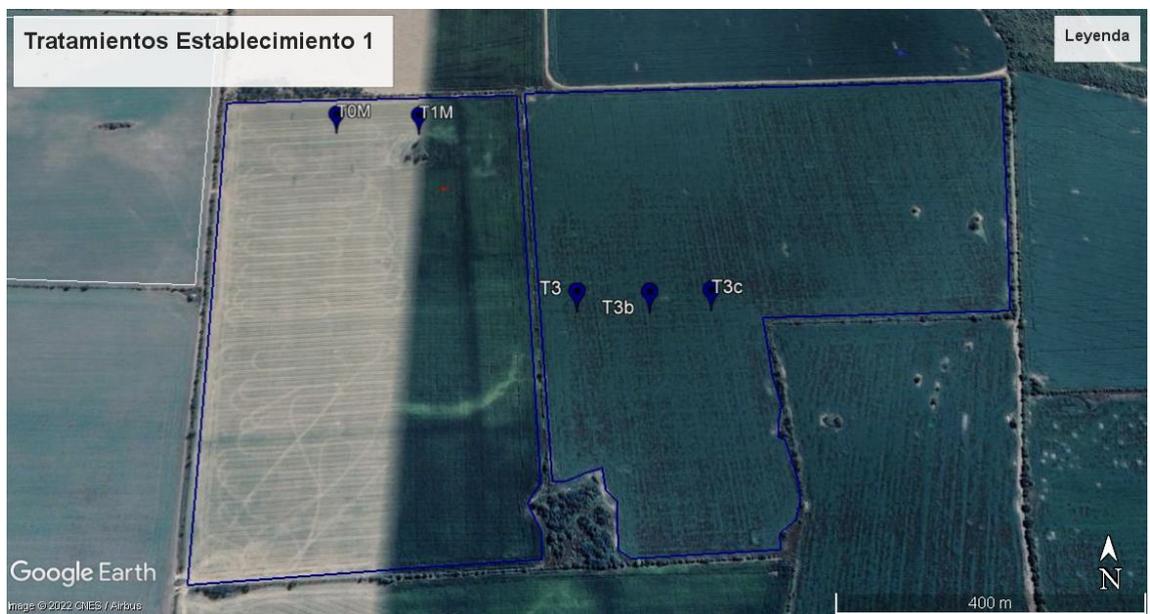


Figura 2: Tratamientos establecimiento 1



Figura 3: Tratamientos establecimiento 2

RESULTADOS

Cobertura del suelo.

En las siguientes tablas se puede ver la cantidad de cobertura en materia seca (MS) encontrada en los distintos tratamientos al momento de secado de los cultivos de servicio (18 de septiembre de 2021). La cobertura estaba conformada por rastrojo, maleza y cultivo de cobertura ya fuera avena, centeno o vicia. También se observa el número de plantas de CS recolectadas.²

Tabla 1. Cobertura en los tratamientos del establecimiento 2.

Trat/cobert.	Rastrojo (gr) MS En ¼ m2	Maleza (gr) MS En ¼ m2	Avena (gr) MS En ¼ m2	Nº plantas CS En ¼ m2
T0	305	-	-	-
	205	-	-	-
	270	-	-	-
	190	-	-	-
total	970	-	-	-
T1	120	1	-	-
	120	1	-	-
	120	1	-	-
	90	2	-	-
total	450	5	-	-
T2	60	0	29	14
	85	0	40	20
	65	0	30	22
	10	0	35	27
total	220	0	134	83

T0: Barbecho químico sobre rastrojo de soja, con aplicación química inmediatamente después de la cosecha. T1: Barbecho químico, sobre rastrojo de soja con aplicación en el mes de septiembre sin control previo de malezas. T2: Avena sobre rastrojo de soja, como cultivo de invierno con destino a semilla.

² Puede ser útil observar el rendimiento que se obtuvo en estos lotes en la campaña previa a realizar los CS (2020-2021).

Tratamiento T0 = 27 quintales/ hectárea (qq/ha)

Tratamiento T1 = 28,5 qq/ha

Tratamiento T2= 26 qq/ha

Tabla 2: Total de cobertura por hectárea en los tratamientos del establecimiento 2.

Trat/cobert	Rastrojo Kg MS/ha	Maleza Kg MS/ha	Avena Kg MS/ha	Nºplantas/ha
T0	9700	-	-	-
T1	4500	50	-	-
T2	2200	0	1340	83000

T0: Barbecho químico sobre rastrojo de soja, con aplicación química inmediatamente después de la cosecha. T1: Barbecho químico, sobre rastrojo de soja con aplicación en el mes de septiembre sin control previo de malezas. T2: Avena sobre rastrojo de soja, como cultivo de invierno con destino a semilla.

En esta tabla se puede ver que el tratamiento T1 es el único que presenta malezas a comparación de los tratamientos T0 y T2. El tratamiento T0 no posee malezas ya que fue aplicado con herbicidas luego de la cosecha de soja. Por su parte, el tratamiento T2 que contiene avena como cultivo de servicio tampoco posee malezas.

De los tres tratamientos, el que posee más rastrojo a nivel de cobertura es el T0 el cual viene de un barbecho químico realizado cerca de la cosecha previa. El tratamiento T2 es el que posee menos cantidad de rastrojo.

Tabla 3. Cobertura en los tratamientos con CS sobre rastrojo de soja en el establecimiento 1.

Trat/cobert	Rastrojo (gr)	Maleza (gr)	Centeno (gr)	Vicia (gr)*	Nº plantas CS En ¼ m2
	MS En ¼ m2	MS En ¼ m2	MS En ¼ m2	MS En ¼ m2	
T3	20	0	150	15	17 (c)**
	15	0	125	10	17 (c)
	70	0	75	50	13 (c)
	35	0	115	5	18 (c)
total	140	0	465	80	65
T3B	185	0	60	10	11 (c)
	110	0	95	10	16 (c)
	80	0	80	10	14 (c)
	80	0	65	20	11 (c)
total	455	0	300	50	52
T3C	40	0	75	-	9 (c)
	55	0	85	-	9 (c)
	70	0	70	-	10 (c)
	45	0	55	-	8 (c)
total	210	0	285	-	36

T3: Centeno y vicia en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivo de invierno con destino a semilla. T3B: Centeno y vicia en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivos de cobertura. T3C: Centeno en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivo de cobertura. *(gr) gramos.; **(c) se refiere a que las plantas de CS corresponden al cultivo de centeno.

Tabla 4. Cobertura total por hectárea en los tratamientos del establecimiento 1.

Trat/cobert	Rastrojo Kg MS/ha	Maleza Kg MS/ha	Centeno Kg MS/ha	Vicia Kg MS /ha	Nº plantas/ha
T3	1400	0	4650	800	65000
T3B	4550	0	3000	500	52000
T3C	2100	0	2850	-	36000

El tratamiento T3 posee más cantidad de centeno y de vicia ya que fue sembrado con una mayor densidad que el resto. Esto ocurrió por error al momento de la siembra por esto se desconoce exactamente cuántos kg de semilla se sembraron de más en este tratamiento. Esto se ve reflejado en el número de plantas de centeno (65 plantas por metro cuadrado) y en el peso de los CC que se obtuvo en laboratorio. Posee un 35,5% más de kg/ha de cultivo de centeno y un 37,5% más de kg de vicia que el T3B. Posee un 38% más de kg de centeno que el T3C, mientras que este último no posee vicia.

Ninguno de los 3 tratamientos presentó malezas a la fecha del secado del cultivo de servicio dejando en evidencia la efectividad del cultivo de cobertura para controlar las mismas.

Tabla 5. Cobertura en los tratamientos de centeno sobre maíz del establecimiento 1

Trat/cobert	Rastrojo (gr) MS En ¼ m2	Maleza (gr) MS En ¼ m2	Centeno (gr) MS En ¼ m2	Nº plantas CS En ¼ m2
T0M	105	15	-	-
	195	5	-	-
	185	5	-	-
	180	10	-	-
total	665	35	-	-
T1M	185	0,5	5	3 (c)
	250	1	5	3 (c)
	190	1	30	8 (c)
	255	1	15	5 (c)
total	880	3,5	55	19

T0M: Rastrojo de maíz con barbecho químico aplicado en el mes de septiembre. T1M: Centeno volado sobre rastrojo de maíz, como cultivo de cobertura.

Tabla 6. Cobertura total por hectárea en los tratamientos de centeno sobre maíz del establecimiento 1.

Trat/cobert	Rastrojo Kg MS/ha	Maleza Kg MS /ha	Centeno Kg MS /ha	Nºplantas/ha
T0M	6650	350	-	-
T1M	8880	35	550	190000

El tratamiento T1M que posee centeno tiene un 91,4 % menos de malezas que el T0M. A su vez presenta un 32% más de rastrojo.

En esta tabla también se observa el número de plantas de centeno que se recolectaron en el tratamiento de maíz T1M. Estas eran plantas finitas y de poco peso.

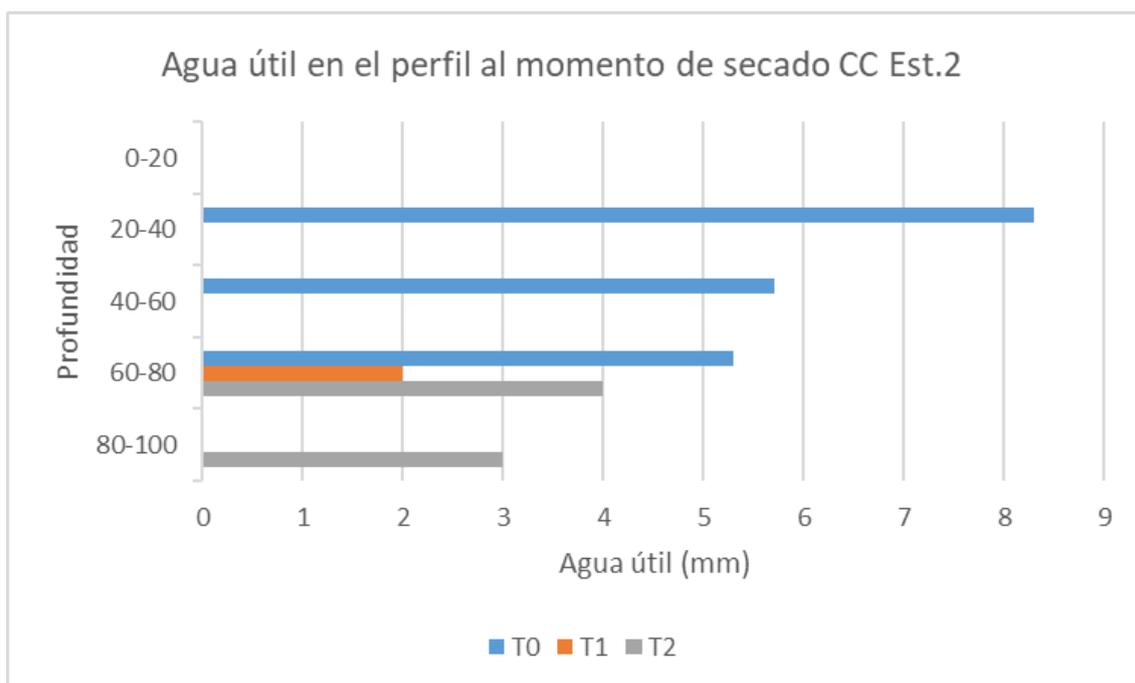
Agua en el suelo

Tabla 7. Valores de agua útil en milímetros (mm) al momento del secado de los cultivos de cobertura del Establecimiento 2. Fecha 18 de septiembre de 2021

Agua útil en momento de secado (mm)						
Trat/prof	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	Total
T0	-0,37213456	8,29543187	5,73235397	5,35806739	-0,36259316	18,6511.255
T1	-11,6986963	-14,0208401	-6,66562232	2,68082026	-0,38557015	-30,0899086
T2	-6,06513529	-1,55812879	-1,81902739	4,04102463	313.015.861	-2,27110822

T0: Barbecho químico sobre rastrojo de soja, con aplicación química inmediatamente después de la cosecha. T1: Barbecho químico, sobre rastrojo de soja con aplicación en el mes de septiembre sin control previo de malezas. T2: Avena sobre rastrojo de soja, como cultivo de invierno con destino a cosecha.

Figura 4. Agua útil en el perfil al momento de secado de CC



T0: Barbecho químico sobre rastrojo de soja, con aplicación química inmediatamente después de la cosecha. T1: Barbecho químico, sobre rastrojo de soja con aplicación en el mes de septiembre sin control previo de malezas. T2: Avena sobre rastrojo de soja, como cultivo de invierno con destino a cosecha.

Dentro de los tratamientos ubicados en el Establecimiento 2 el tratamiento T0 que corresponde al lote en donde se realizó un barbecho químico luego de la cosecha, al momento de secado de CC posee valores de agua útil mayores que los dos restantes. Los dos tratamientos restantes poseen muy poca agua útil, con valores negativos.

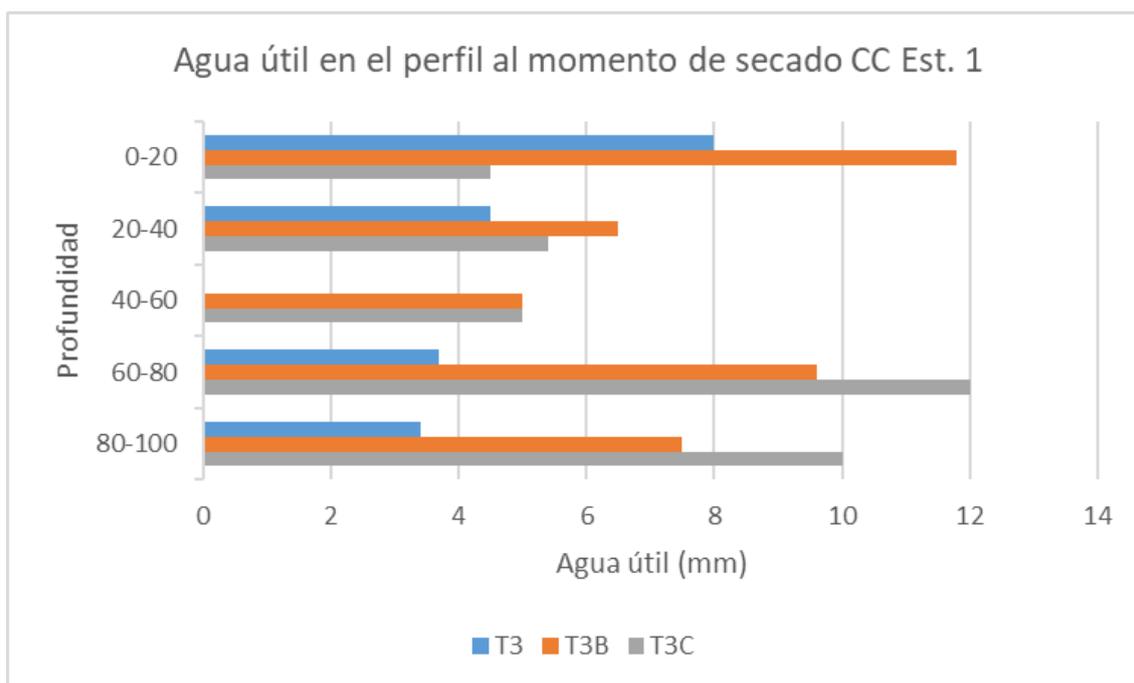
El tratamiento T1 muestra valores de agua negativos. Este lote no poseía cultivo de cobertura y desde su cosecha anterior en la campaña 2020-2021 no se había realizado ningún tipo de control sobre las malezas. Este lote poseía 50 kg de malezas/ha, en estados avanzados. Las especies de malezas encontradas fueron principalmente senecio (*Senecio argentinus*) parietaria (*Parietaria debilis*) y cerraña (*Sonchus oleraceus*).

Tabla 8. Valores de agua útil en milímetros (mm) al momento del secado de los cultivos de cobertura del Establecimiento 1. Fecha 18 de septiembre de 2021.

Agua útil en momento de secado (mm)						
Trat/prof	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	Total
T3	8,04647375	4,57921104	-1,46855486	3,74711231	3,41322853	18,3174708
T3B	11,8568151	6,51501891	5,03823683	9,60792517	7,59646146	40,6144575
T3C	4,51737953	5,42642832	5,04924471	11,9359293	10,0028299	36,9318117

T3: Centeno y vicia en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivo de invierno con destino a semilla. T3B: Centeno y vicia en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivos de cobertura. T3C: Centeno en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivo de cobertura.

Figura 6. Agua útil en el perfil al momento de secado de CC. Establecimiento 1



T3: Centeno y vicia en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivo de invierno con destino a semilla. T3B: Centeno y vicia en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivos de cobertura. T3C: Centeno en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivo de cobertura.

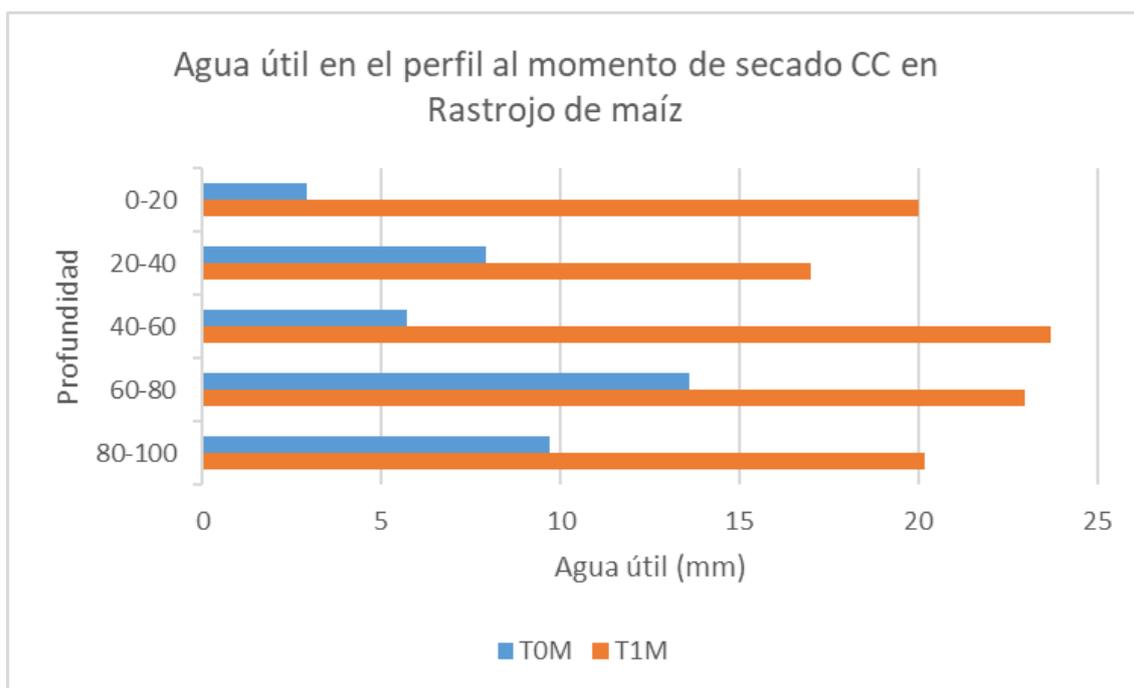
Se observa que el T3 en comparación a los tratamientos T3B y T3C posee menos cantidad de agua disponible en la mayoría de las profundidades al momento de secado. Esto se explica probablemente por qué en este lote la cantidad de plantas por metro cuadrado, así como de kg de cultivo de servicio es mucho mayor que los otros dos tratamientos analizados. Presentando un 55 % menos de agua que el T3B y un 50% menos que el T3C.

Tabla 9. Valores de agua útil en milímetros (mm) al momento del secado de los cultivos de cobertura del Establecimiento 1, rastrojo de maíz. Fecha 18 de septiembre de 2021

Agua útil en momento de secado (mm)						
Trat/prof	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	Total
T0M	2,92309303	7,93758926	5,71280612	13,2350874	9,76612556	39,5747014
T1M	20,0418702	17,1987334	23,7346563	23,0399587	20,2497617	104,26498

T0M: Rastrojo de maíz con barbecho químico aplicado en el mes de septiembre. T1M: Centeno volado sobre rastrojo de maíz, como cultivo de cobertura secado el 18 de septiembre de 2021.

Figura 7. Agua útil en el perfil al momento de secado de CC en Rastrojo de maíz



TOM: Rastrojo de maíz con barbecho químico aplicado en el mes de septiembre. T1M: Centeno volado sobre rastrojo de maíz, como cultivo de cobertura secado el 18 de septiembre de 2021.

El tratamiento T1M que posee CS, posee 62,5% más de agua útil que el TOM en donde no había CC.

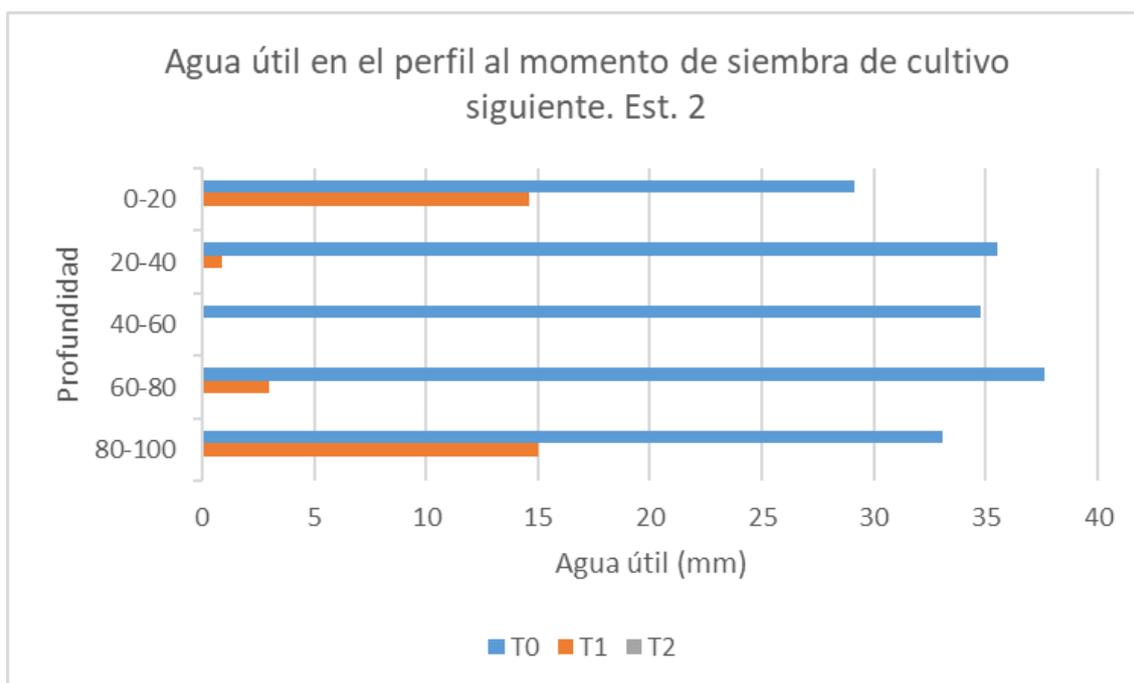
En la tabla 10 se presenta la cantidad de agua útil de cada tratamiento en la fecha en la que se sembró el cultivo de renta siguiente.

Tabla 10. Valores de AU al momento de la siembra del cultivo siguiente. Establecimiento 2

Trat/pro	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	Total
T0	29,1641321	35,5170047	34,8261273	37,6238447	33,165245	170,296354
T1	14,6182029	0,97739932	-2,96169108	3,0260882	15,056036	30,7160353
T2	-17,6369474	-6,8171644	-5,14216216	-6,75085714	-19,23296	-55,5800975

T0: Barbecho químico sobre rastrojo de soja, con aplicación química inmediatamente después de la cosecha. T1: Barbecho químico, sobre rastrojo de soja con aplicación en el mes de septiembre sin control previo de malezas. T2: Avena sobre rastrojo de soja, como cultivo de invierno con destino a cosecha.

Figura 8. Agua útil al momento de siembra de Cultivo de renta. Establecimiento 2



T0: Barbecho químico sobre rastrojo de soja, con aplicación química inmediatamente después de la cosecha. T1: Barbecho químico, sobre rastrojo de soja con aplicación en el mes de septiembre sin control previo de malezas. T2: Avena sobre rastrojo de soja, como cultivo de invierno con destino a cosecha.

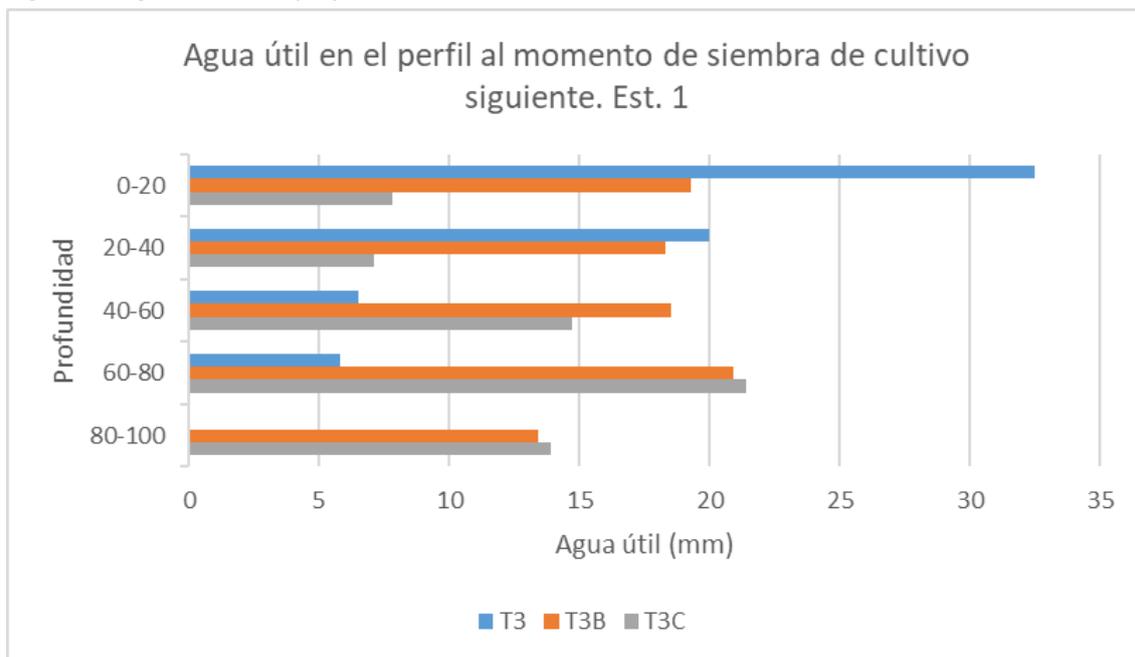
El T0 presentó los mayores valores de agua útil al momento de la siembra del cultivo de renta siguiente. Mientras que el T2 presentó valores negativos para todas las profundidades muestreadas y el T1 arrojó valores intermedios.

Tabla 11. Valores de AU al momento de la siembra del cultivo siguiente. Establecimiento 1

Trat/prof	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	Total
T3	32,50521	20,107904	6,5572503	5,8901549	-17,047977	48,012551
T3B	19,346475	18,390586	18,5641176	20,9802353	13,4557361	90,73715
T3C	7,802252	7,1243505	14,717902	21,449401	13,9816454	65,0755523

T3: Centeno y vicia en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivo de invierno con destino a cosecha. T3B: Centeno y vicia en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivos de cobertura. T3C: Centeno en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivo de cobertura.

Figura 9. Agua útil en el perfil al momento de siembra de cultivo de renta. Establecimiento 1



T3: Centeno y vicia en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivo de invierno con destino a cosecha. T3B: Centeno y vicia en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivos de cobertura. T3C: Centeno en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivo de cobertura.

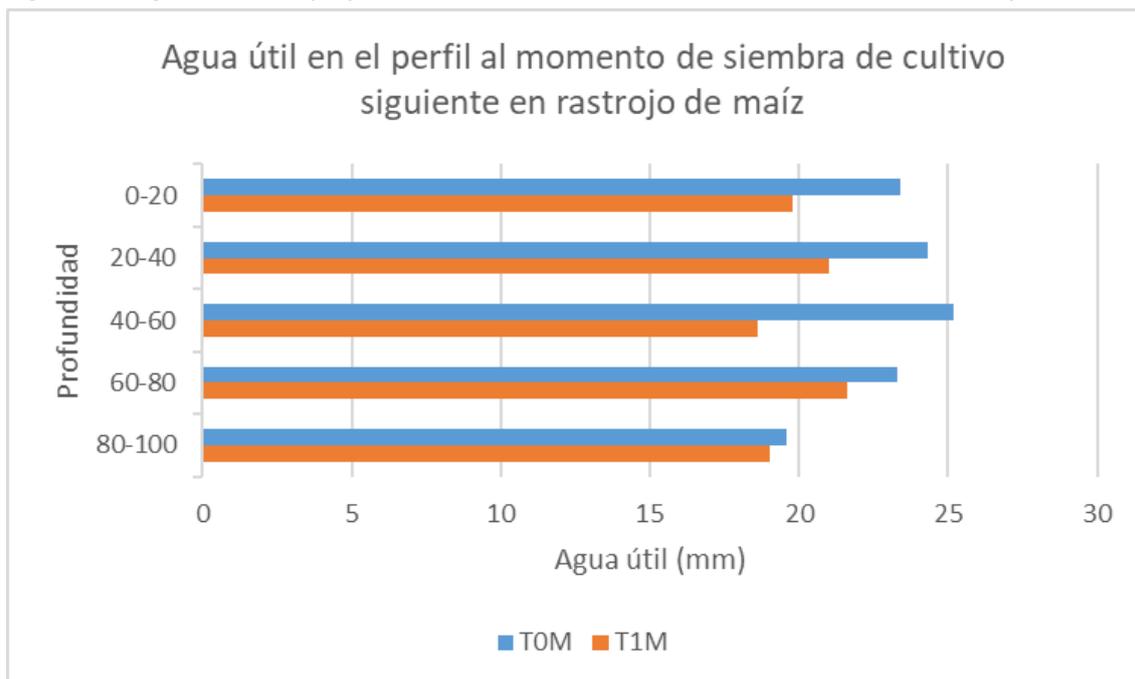
Comparando los tratamientos de centeno y vicia para semilla (T3), centeno y vicia secado (T3B) y centeno secado (T3C) se observa que en los primeros centímetros de suelo el T3 que posee más densidad de plantas y que se dejó para cosechar las semilla posee más cantidad de agua en los primeros centímetros del perfil (0-20 y 20-40) pero a partir de los 40 cm hasta el metro de profundidad la cantidad de agua cae abruptamente evidenciando un gran consumo de agua por parte del centeno y de la vicia que cumplieron todo el ciclo sin ser secados. Hay que tener en cuenta que los días previos al muestreo ocurrieron precipitaciones de 10 mm y de 12 mm lo que puede explicar la cantidad de agua encontrada en los primeros centímetros de suelo.

Tabla 12. Valores de agua útil al momento de la siembra del cultivo siguiente. Rastrojo de Maíz

Trat/prof	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	Total
T0M	23,4200204	24,3404657	25,2222797	23,3226367	19,6866277	115,99203
T1M	19,8623515	21,1600067	18,6704978	21,6416386	19,0612287	100,395723

T0M: Rastrojo de maíz con barbecho químico aplicado en el mes de septiembre. T1M: Centeno volado sobre rastrojo de maíz, como cultivo de cobertura.

Figura 10. Agua útil en el perfil al momento de siembra de cultivo de renta en Rastrojo de maíz

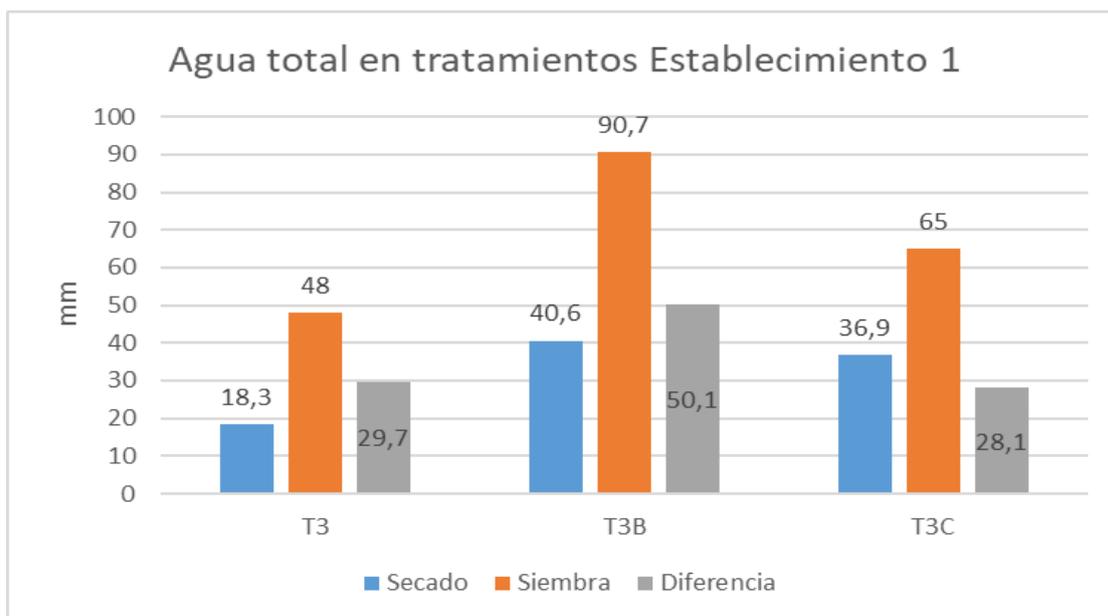


TOM: Rastrojo de maíz con barbecho químico aplicado en el mes de septiembre. T1M: Centeno volado sobre rastrojo de maíz, como cultivo de cobertura.

Al comparar el TOM con el T1M no se observa una diferencia en la cantidad de agua útil medida a la siembra del cultivo siguiente, debido probablemente a que el centeno no prosperó muy bien, no se generó un cultivo denso y parejo con pocas plantas por metro cuadrado (19 plantas por metro cuadrado). Lo recomendado son 130 plantas por metro cuadrado aproximadamente, sembrando 40 kg de centeno por hectárea. Las plantas de centeno que se observaron a campo fueron finitas y largas, con un peso total de 55 gr/m², es decir 550 kg materia seca/ha. Es muy probable que la acumulación de agua que se observa esté más ligada a la permanencia del rastrojo de maíz en el lote, esto sí, gracias a las plantas de centeno.

En los gráficos subsiguientes se observa el agua útil total medida al momento de secado de los CS y al momento de siembra del cultivo siguiente y la diferencia entre ambos correspondiente a cada establecimiento.

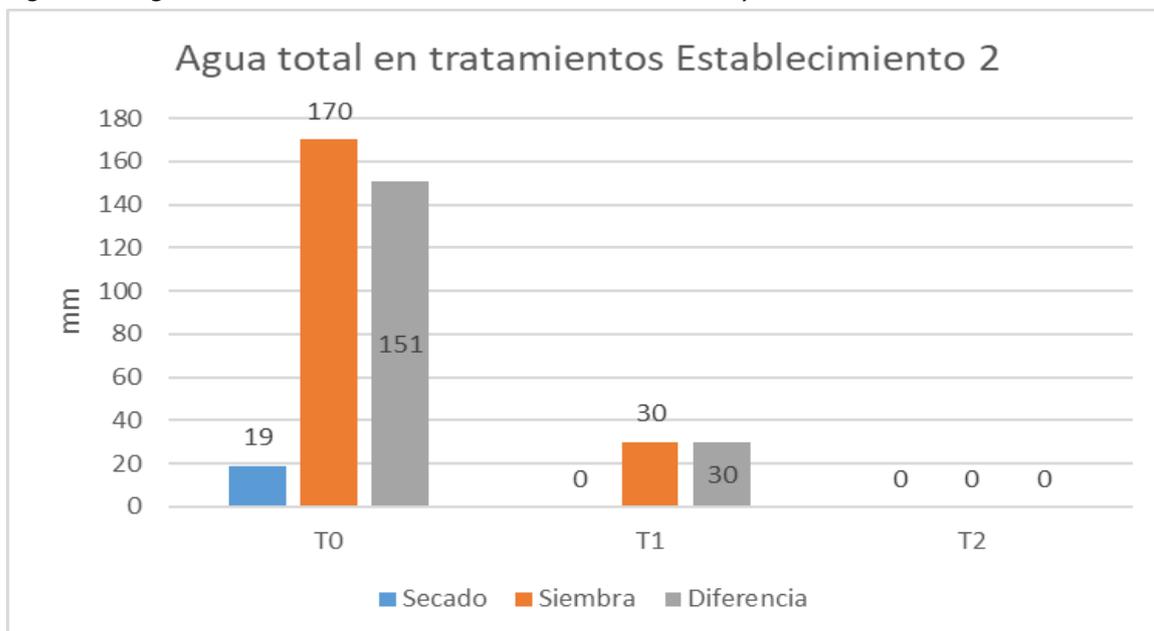
Figura 11. Agua total en tratamientos al momento de secado y a la siembra, establecimiento 1.



T3: Centeno y vicia en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivo de invierno con destino a cosecha. T3B: Centeno y vicia en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivos de cobertura. T3C: Centeno en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivo de cobertura.

La cantidad de agua útil total encontrada, tanto en el primer como en el segundo muestreo, en los tratamientos en donde se secó el cultivo de servicio es mayor que en el tratamiento donde el CS se dejó para cosecha.

Figura 12. Agua total en tratamientos al momento de secado y a la siembra, establecimiento 2.



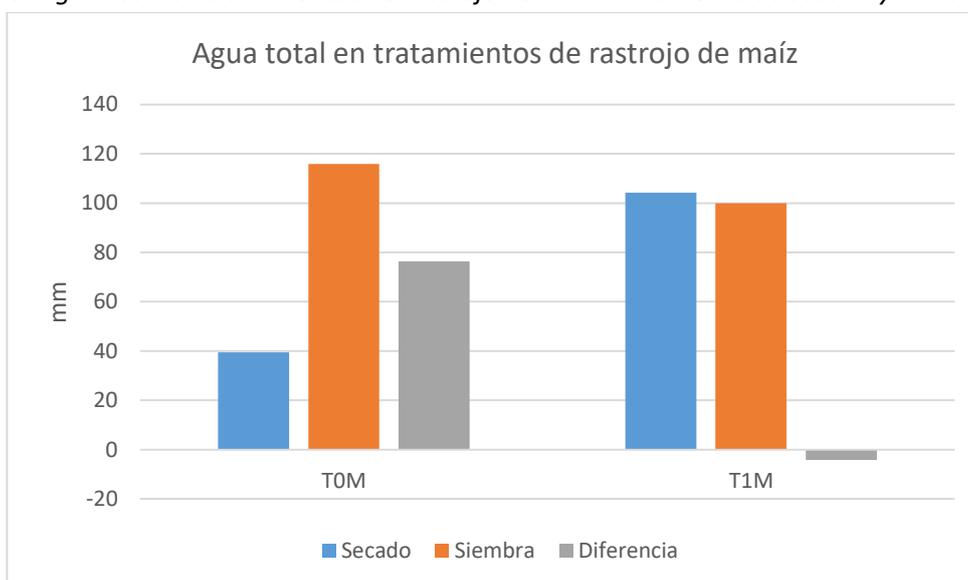
T0: Barbecho químico sobre rastrojo de soja, con aplicación química inmediatamente después de la cosecha. T1: Barbecho químico, sobre rastrojo de soja con aplicación en el mes de septiembre sin control previo de malezas. T2: Avena sobre rastrojo de soja, como cultivo de invierno con destino a cosecha

En todos los tratamientos salvo en el T2 hay un aumento en la cantidad de agua entre el primer muestreo y el segundo. Esto puede deberse a la permanencia del cultivo de la avena que se destinó a la cosecha de semilla y a causas relacionadas con el tipo de suelo de este lote.

El T0 en donde no se realizó ningún CS y en donde se controló a tiempo las malezas, se observa la mayor cantidad de agua útil al momento de la siembra del cultivo de verano, encontrada en los muestreos.

El tratamiento T2, el cual tuvo avena sembrada en SD, muestra valores negativos en los dos muestreos. Posee 53 mm de agua útil menos entre el primer muestreo y el segundo muestreo, evidenciando un gran consumo de agua por parte de la avena, la cual se destinó para la cosecha de semilla.

Figura 13. Agua total en tratamientos de rastrojo de maíz al momento de secado y a la siembra.



T0M: Rastrojo de maíz con barbecho químico aplicado en el mes de septiembre. T1M: Centeno volado sobre rastrojo de maíz, como cultivo de cobertura.

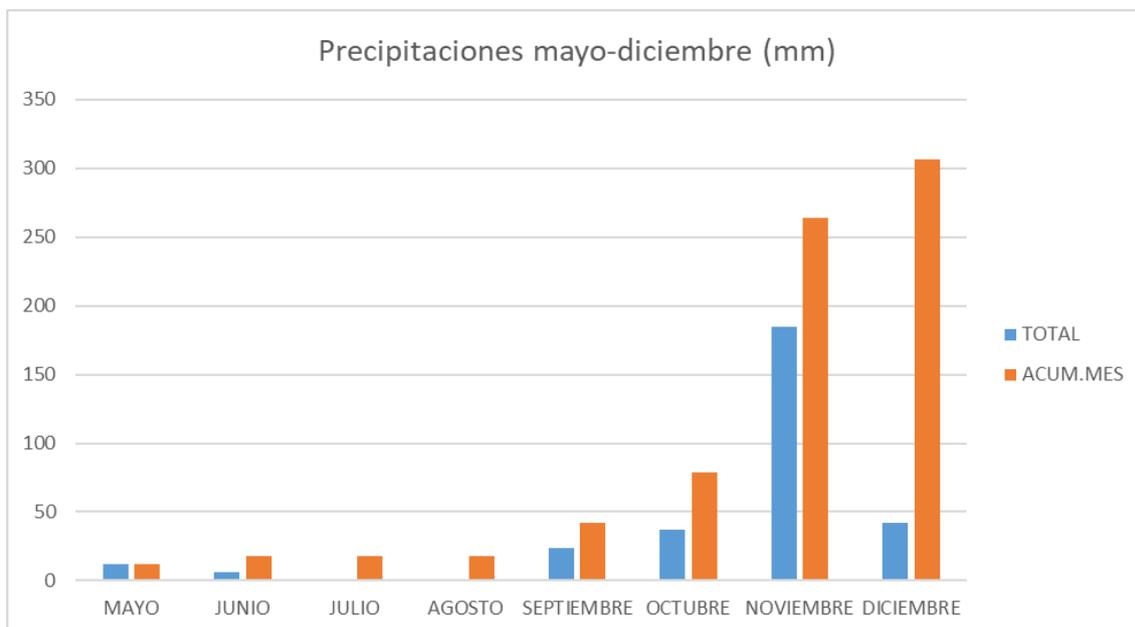
El T0M aumentó la cantidad de agua entre el primer muestreo y el segundo. En cambio, el T1M posee valores similares de agua útil entre el primer muestreo y el segundo.

En la siguiente tabla se adjuntan las precipitaciones totales y acumuladas que ocurrieron durante el ciclo del CS y hasta la siembra del cultivo de renta siguiente.

Tabla 13. Precipitaciones Mayo-diciembre 2021.

MES	TOTAL (mm)	ACUM (mm)
MAYO	12	12
JUNIO	6	18
JULIO	0	18
AGOSTO	0	18
SEPTIEMBRE	24	42
OCTUBRE	37	79
NOVIEMBRE	185	264
DICIEMBRE	42	306

Figura 14. Precipitaciones mayo-diciembre 2021



Los CS se secaron el día 16 de septiembre habiendo llovido durante su ciclo 42mm.

Desde el momento de secado hasta el momento de siembra del cultivo de renta llovieron 264 milímetros.

Análisis económico

Desarrollo del análisis económico para la toma de decisión de la ejecución o no de un cultivo de servicio

Tabla 14. Comparación de beneficio T1 y T2, establecimiento 2.

T	Cultivo	Rto.	Costo	Ingreso	Beneficio
T1	Maíz	97.8 qq/ha	439 usd/ha	2445 usd/ha	2006 usd/ha
T2	Avena	11,6 qq/ha	227 usd/ha	435usd/ha	208 usd/ha
	Maíz	60.8 qq/ ha	475 usd/ha	1520 usd/ha	1045usd/ha

T1: Barbecho químico, sobre rastrojo de soja con aplicación en el mes de septiembre sin control previo de malezas. T2: Avena sobre rastrojo de soja, como cultivo de invierno con destino a cosecha.

El T1 en el cual no se realizó CS rindió 97.8 qq/ha de maíz con un costo de 439 usd/ha dejó un beneficio de 2006 usd/ha según los valores de maíz a la fecha de la cosecha, (julio 2022).

En el lote T2 se cosecharon 11,6 qq/ha de semilla de avena y 60,8 qq/ha de maíz. Con un costo de 227 usd/ha para realizar el cultivo de avena y de 475 usd/ha para realizar el cultivo de maíz dejó un beneficio de 1253 usd/ha según valores de avena y maíz a la fecha (Julio 2022).

Tabla 15. Comparación de rendimiento T3, T3B y T3C, establecimiento 1.

T	Cultivo	Rto.	Costo	Ingreso	Beneficio	Beneficio total
T3	vicia	5 qq/ha	173,5 usd/ha	850 usd/ha	676,5	1736,5 usd/ha
	centeno	5 qq/ha				
	maíz	60 qq/ha	439 usd/ha	1500 usd/ha	1061	
T3B	vicia	-	173,5 usd/ha	-	-	1637,5 usd/ha
	centeno	-			-	
	maíz	90 qq/ha	439 usd/ha	2250 usd/ha	1811	
T3C	vicia	-	173,5 usd/ha			1512.5 usd/ha
	centeno	-				
	maíz	85 qq/ha	439 usd/ha	2125 usd/ha	1686	

T3: Centeno y vicia en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivo de invierno con destino a semilla. T3B: Centeno y vicia en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivos de cobertura. T3C: Centeno en Siembra Directa sobre rastrojo de soja, como cultivo de cobertura.

Tabla 16. Valores económicos utilizados.

Semilla y siembra de CS	175 usd/ha
Cosecha de CS	45 usd/ha
Cultivo de maíz	439 usd/ha
Venta de Maíz	250 usd/tn
Venta de Centeno	0,5 usd/ kg
Venta de vicia	1,2 usd/ kg

Se observa que en los tratamientos donde no se realizó CS el rendimiento de maíz fue mayor.

En cuanto a la parte económica el T1 en donde no se sembró nada durante el período invernal fue el que más beneficio económico dejó como resultado.

DISCUSIÓN

En cuanto al control de malezas, se observó una tendencia positiva en los resultados obtenidos en la experiencia realizada a campo. En todos los tratamientos en donde había un CS se encontró una menor germinación y presencia de malezas con respecto a los tratamientos que no poseían CS

Se encontró en todos los tratamientos con CS una buena cobertura de suelo, sin ningún sector desnudo susceptible a la erosión.

Todos los tratamientos que poseían CS sobre rastrojo de soja, aun habiéndose secado a tiempo, mostraron valores de agua útil a la siembra menores que los tratamientos que no poseían CS. En cuanto a los valores de agua útil en el perfil se observa que aquellos tratamientos con CS sobre rastrojo de soja que poseían más plantas por metro cuadrado (T3) poseían menos agua en el perfil al momento de secado, relacionado con mayor consumo de agua. Esto no es bueno ya que disminuye el agua en el perfil necesaria para el cultivo de renta siguiente.

Al comparar los tratamientos que provienen de maíz, con siembra aérea de centeno, no se observa una diferencia significativa en la cantidad de agua útil medida a la siembra debido probablemente a que el centeno no prosperó muy bien, no se generó un cultivo denso con gran cantidad de plantas por metro cuadrado. Las plantas de centeno que se observaron a campo fueron finitas y largas. Es muy probable que la acumulación de agua que se observa esté más ligada a la permanencia del rastrojo de maíz en el lote, en respuesta a la presencia de las plantas de centeno. En cuanto a la cantidad de malezas se observó una gran diferencia entre los dos tratamientos, específicamente de la maleza rama negra (*Conyza bonariensis*). En el tratamiento que poseía CS no prosperaron, a diferencia del tratamiento donde no había centeno, en donde sí prosperaron.

En el tratamiento de centeno sobre maíz T1M se observa más cantidad de rastrojo lo cual es beneficioso para la permanencia de agua en el lote evitando que esta se pierda por evaporación.

Se debe medir bien la dinámica del agua en el lote realizando tres mediciones a lo largo del estudio. Una al momento de siembra del cultivo de cobertura, otra al momento de secado del cultivo de cobertura y otra al momento de siembra del cultivo siguiente. Por otro lado, para que el estudio sea más representativo se deberían realizar al menos tres puntos de muestreo por tratamiento para poder llegar a conclusiones más certeras y con un análisis estadístico que las avale.

CONCLUSIONES

Según toda la bibliografía consultada se puede concluir que hay muchas razones para pensar que el uso de los CS en la producción agrícola aporta numerosos beneficios que hacen que esta sea más sustentable.

En base a la experiencia práctica puntual realizada en los tiempos y lugares elegidos, se pudo observar disparidad en los resultados:

Los cultivos de cobertura tuvieron un impacto positivo en el control de la proliferación de malezas, encontrando menos cantidad o nada en los tratamientos donde estuvieron presentes.

Los Cultivos de Servicio propician la permanencia del rastrojo en el lote, evitando su voladura y aumentando la cantidad de cobertura en el suelo.

En una campaña como la del año 2021-2022 en la localidad de Avellaneda en los lotes donde se introdujeron CS mediante siembra directa sobre rastrojo de soja, la cantidad de agua útil encontrada a la siembra del cultivo de renta siguiente fue menor con respecto al agua útil encontrada en los lotes con barbecho químico, en donde no se sembró CS.

La realización de CS afectó de manera negativa los rendimientos de los cultivos de cosecha posteriores.

CONSIDERACIONES FINALES

Sería interesante seguir experimentando con esta práctica para obtener más evidencias y datos a lo largo del tiempo. De esta manera se podría llegar a conclusiones más contundentes para este ambiente semiárido del Norte de Córdoba.

También vale destacar la importancia de seguir experimentando sobre la siembra aérea de centeno sobre maíz ya que tiene beneficios significativos en cuanto a la permanencia de rastrojo en el lote y en cuanto a control de malezas, sin comprometer el agua útil a la siembra del cultivo siguiente.

Con respecto al trabajo en general, se cumplió con los objetivos planteados inicialmente.

Este trabajo de investigación a campo resulta un buen inicio para seguir investigando sobre el uso de los CS en esta zona de Avellaneda, en donde se realizan cultivos de cosecha estivales quedando en general los suelos sin ninguna cobertura verde en los meses de invierno.

Como sostiene Lucas Andreoni (2023): para diferentes ambientes puede existir una metodología particular para realizar CS, por esto es necesario avanzar en el estudio y conocimiento de los mismos en cada ambiente de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Bianchi Okandú, A 2022. *Beneficios de los cultivos de cobertura*. Diario digital Horizonte
<https://horizonteadigital.com/beneficios-de-los-cultivos-de-cobertura-por-agustin-bianchini-okandu/> [1]
- Cárdenas, Navarro.; J. M. Sánchez-Yáñez., R. Farías-Rodríguez., J. J. Peña, Cabriales. 2004. *Los aportes de Nitrógeno en la agricultura*.
https://www.researchgate.net/profile/Rodolfo-Farias-Rodriguez/publication/235965482_Contribution_of_nitrogen_to_agriculture/links/0a85e537f89422358f000000/Contribution-of-nitrogen-to-agriculture.pdf
- Carta de suelos de Córdoba
<http://suelos.cba.gov.ar/NOROESTE/index.html#Mcl1>
- Chaudhry, M.R., Aziz, A.M. and Sidhu, M. 2004. *Mulching impact on moisture conservation, soil properties and plant growth*.
https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CHAUDHRY%20et%20al%202004%20Mulching%20Impact%20on%20Moisture%20Conservation.pdf
- Diez Ochoa, J. F. 2021. Evaluación del efecto alelopático del centeno como cultivo antecesor.
<https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/5708/Diez%20Ochoa%20Juli%20a%201n%20F.%20Trabajo%20de%20Intensificaci%20n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Flores López, H. E., Orozco, C., Ruíz Corral, J. A., Chávez Durán, A. A. 2013. *Efecto de la cobertura de suelo de tres cultivos sobre la erosión hídrica*. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, vol. XII, núm. 1, 2013, pp. 19-25 Universidad Autónoma Chapingo.
<https://www.redalyc.org/pdf/4555/455545056004.pdf>
- Gaitán, J., Navarro, M., Tenti Vuegen, L., Pizarro, M., Carfagno, P., Rigo, S. 2017. *Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la República Argentina*.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/libro_erosion_hidrica_rep_argentina.pdf pp 7 - 40
- Gareis, R., Sanchez, E. 2017. Cultivos de cobertura de vicia y centeno como antecesores de maíz de fecha de siembra tardía: efecto de la fecha de quemado sobre producción de biomasa, control de malezas y aporte de nitrógeno.
https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/1525/a_garcul281_c.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gil, R. C. 2015. *El uso del agua en una agricultura sustentable*. En: R. R. Casas. El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina. Tomo I. Universidad de Morón.
https://www.unimoron.edu.ar/static/media/doc_5f8180a2942c11e9ad5808002797af99_o.pdf
- Leal GR. 2007. *Influence of Reflective Mulch on Pinot noir Grape and Wine Quality*. Master of Applied Science. Lincoln University. New Zealand.
<https://core.ac.uk/download/pdf/35459911.pdf>

- Martínez, J. y Fernández, A. 2004. *Cambio climático: una visión desde México*
https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/cambio_climatico_una_vision_desde_mexico_martinez_bremauntz.pdf
- Morgan, R.P.C. 2005. *Soil Erosion and Conservation*. 3ra edición.
https://svgaos.nl/wp-content/uploads/2017/02/Morgan_2005_Soil_Erosion_and_Conservation.pdf
- Ordoñez y Masera, 2001. *Captura de carbono ante el cambio climático*. Artículo de Forum. En: Madera y Bosques ISSN: 1405-0471 publicaciones@ecologia.edu.mx Instituto de Ecología, A.C. Mexico
<https://www.redalyc.org/pdf/617/61770102.pdf>
- Porta M. B. 2021. *Cultivos de cobertura para el control de malezas*.
https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/20871/Cultivos%20de%20cobertura%20para%20el%20control%20de%20malezas_Porta.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Povilonis, I.S., Eiza, M.J., Carfagno, P. 2018. *Influencia de los cultivos de cobertura en parámetros físicos del suelo, resistencia a la penetración de raíces, densidad aparente e infiltración del agua*. pp 12-14
<http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/Metodologia%20para%20determinar%20os%20parametros%20hidricos%20de%20un%20suelo%20a%20campo.pdf>
- Prieto Angueira, S., Berton, M. C., y Ventura, J. 2018. *Cultivos de cobertura en Santiago del Estero: I. Biomasa, evapotranspiración y eficiencia de uso del agua*
<https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/2017/09/AAP-Original-Cultivos-de-cobertura.pdf>
- Ruffo, M. L. y Parsons, A. T. 2004. *Cultivos de Cobertura en Sistemas Agrícolas*
[http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/B7943BF2B6036328852579990060EBB9/\\$FILE/Cultivo%20Cobertura-Matias%20Ruffo.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/B7943BF2B6036328852579990060EBB9/$FILE/Cultivo%20Cobertura-Matias%20Ruffo.pdf)
- Sobreroa, M. T. y Acciaresi, H. A. 2014. *Interferencia cultivo-maleza: la alelopatía y su potencialidad en el manejo de malezas*. En: Malezas e invasoras de la Argentina, Tomo I: ecología y manejo.
https://www.researchgate.net/publication/283645859_Malezas_e_Invasoras_de_la_Argentina_su_identificacion_biologia_y_manejo_Capitulo_11_Alelopatia
- Turney, J, Menge, J. 1994. *Root Health: Mulching to Control Root Disease in Avocado and Citrus*
http://www.avocadosource.com/papers/research_articles/turneyjerrold1994.pdf
- Walsh B.D., Salmins S., Buszard D.J. y MacKenzie A.F. 1996. *Impact of soil management systems on organic dwarf apple orchards and soil aggregate stability, bulk density, temperature and water content*.
<https://cdnsiencepub.com/doi/pdf/10.4141/cjss96-028>
- Zribi, W., Faci, J.M. y Aragüés, R.2011. *Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas*
https://aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2011/107-2/ITEA_107-2.pdf#page=78