

Trabajo de intensificación

Respuesta a la intensidad de defoliación y momento de supresión de un cultivo de servicio sobre la productividad del cultivo subsiguiente.

Florencia Camila Bories

Docente tutor:
Ing. Agr. Mg. Rodrigo Bravo

Docentes consejeros:
Ing. Agr. Dr. Matías Duval
Ing. Agr. Dr. Mariano Menghini

Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur.
2023



Prefacio.

Este trabajo es presentado como parte de los requisitos para cumplir con el Trabajo de Intensificación de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Sur.

Agradecimientos.

Agradecer a todos los que formaron parte de este camino, principalmente a mis amigos y familia, por su apoyo incondicional en cada etapa atravesada, los cuales hicieron de este uno más agradable.

A mi familia por darme la posibilidad de estudiar con total libertad.

A mi papá por inculcarme desde chica esta pasión por el agro.

A cada una de las personas que hicieron posible la realización de este trabajo.

A mi tutor, Ing. Agr. Mg. Rodrigo Bravo por su paciencia, profesionalismo, rapidez para solucionar cada inconveniente presentado y su buena predisposición para guiarme en la realización del trabajo.

A mis consejeros Ing. Agr. Dr. Matías Duval, Ing. Agr. Dr. Mariano Menghini por su paciencia, profesionalismo, acompañamiento y buena onda para guiarme en la realización del trabajo.

Al departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur y a todos sus docentes por la educación brindada y los medios necesarios.

Índice:

Prefacio	I
Agradecimientos	II
Resumen	IV
1. Introducción:	1
1.1 Especies utilizadas como cultivos de servicio:.....	2
1.2 Finalización del cultivo de servicio:.....	3
1.3 Adopción de los cultivos de servicio:.....	4
1.4 Cultivos de servicio con doble propósito:.....	6
1.5 Objetivo:	8
2. Materiales y métodos:	9
2.1 Sitio experimental:	9
2.2 Clima:.....	9
2.3 Suelo:.....	9
2.4 Diseño experimental, tratamientos y manejo del cultivo:	10
2.5 Determinaciones edáficas:	12
2.6 Producción del cultivo de servicio:	13
2.7 Composición química del forraje empleado para pastoreo:.....	13
2.8 Siembra de cultivo de verano.	14
2.9 Análisis estadístico:	14
3. Resultados y discusión:	15
3.1 Condiciones climáticas:	15
3.2 Producción y valor nutricional de la biomasa de avena:	15
VN promedio tomados de la clase de nutrición animal.	17
3.3 Dinámica de agua en el suelo:	17
3.4 Distribución de poros por tamaño:	22
3.5 Biomasa del maíz:	24
4. Conclusión:	25
5. Bibliografía:	27
6. Anexo	30

Resumen.

La producción agrícola utilizando especies de bajo volumen de rastrojo prolonga el tiempo en que los lotes quedan con escasa cobertura entre dos cultivos sucesivos, causando el deterioro de la calidad y productividad de los ambientes agrícolas. La inclusión de cultivos de servicio (CS) entre dos cultivos de cosecha es una herramienta que permite mitigar dichos efectos. Sin embargo, los CS no han tenido una gran adopción por parte de los productores ya que los mismos presentan un elevado costo y los beneficios no se ven en el corto plazo. Por lo que, la utilización de los CS como recurso forrajero para la producción de carne surge como propuesta para mejorar el resultado económico del uso de CS. Por tal motivo, el objetivo del trabajo fue estudiar el impacto de la presión de pastoreo y el momento de supresión del CS (avena) sobre la performance del cultivo subsiguiente. El estudio se realizó sobre un Haplustol petrocálcico, con un diseño experimental constituido por parcelas en bloques divididos completamente aleatorizados con tres repeticiones, utilizando como tratamiento principal la intensidad de pastoreo: intensidad alta (IA) e intensidad baja (IB) y, además se consideraron dos parcelas las cuales no fueron sometidas al pastoreo (SP). Las parcelas con IA fueron pastoreadas con 5 vacas y las parcelas con IB fueron pastoreadas con 3 vacas, con una estadía promedio de 6 horas por parcela. A su vez, sobre las parcelas principales se aplicaron dos subtratamientos asociados a diferentes momentos de secado: secado temprano (A): 28/09/2021, y secado tardío (B): 26/10/2021. Se determinó el contenido de humedad del suelo hasta los 60 cm de profundidad en cuatro momentos: siembra del CS, primera fecha de supresión (A), segunda fecha de supresión (B) y previo a la siembra de maíz. Se realizó la caracterización física del suelo determinando densidad aparente (DA), las constantes hídricas (capacidad de campo y punto de marchitez permanente) y distribución de tamaño de poros. Con los datos de humedad se calculó el uso consuntivo (UC) y la eficiencia de barbecho (EHB). En el CS se calculó la producción de biomasa y sus parámetros de calidad, mientras que en el maíz se determinó producción de biomasa. El uso consuntivo (UC) del CS varió entre 423 y 443 mm, con mayor consumo en el subtratamiento secado tardío

(B), en el que el tratamiento IB presentó la mejor eficiencia hídrica de barbecho (19%). La biomasa producida por el CS fue de 1352 kg MS/ha, con buenos parámetros de calidad: Digestibilidad de la MS 74,6%, Proteína Bruta 9,6% y estimación de consumo de MS por rumiantes de 2,7%PV. La intensidad de pastoreo generó cambios adversos sobre las variables físicas evaluadas como aumentos en la DA y disminuciones principalmente de los macroporos ($>9 \mu\text{m}$). Sin embargo, la producción de maíz no presentó diferencias en la producción asociado a los tratamientos (intensidad de pastero), pero si presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) de acuerdo al momento de supresión, siendo el subtratamiento A (secado temprano) el que acumulo un 13,1% más de biomasa (kg MS/ha).

1. Introducción:

En la región pampeana argentina la producción agrícola logro prevalecer por sobre la ganadera, con una mayor predominancia de especies de bajo volumen de rastrojo, prolongando el tiempo en que los lotes quedan sin cobertura entre la secuencia de siembra de los cultivos (Rillo, 2010). La falta de cobertura ocasiona efectos negativos en la calidad y productividad de los ambientes agrícolas, como erosión hídrica y eólica del suelo. La inclusión de cultivos de servicio (CS) entre dos cultivos de cosecha es una herramienta que permite mitigar dichos efectos. Los CS aprovechan nutrientes, agua y luz que se desperdiciarían de no realizarse el mismo generando biomasa aérea y radicular. Esta biomasa reduce la velocidad de escurrimiento, disminuye el impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo, mejora la infiltración y en suelos frágiles de clima semiárido con procesos de erosión eólica reduce las pérdidas de suelo, mejorando la conservación y las condiciones físicas, químicas y biológicas de los mismos (Capurro, 2018; Brihet et al., 2021).

La inclusión de CS en una rotación es una práctica antigua que ha ido mejorando con la experimentación de la misma. Los CS, también conocidos como cultivos de cobertura, puentes o abonos verdes, son sembrados entre dos cultivos de cosecha con el objetivo fundamental de mejorar las propiedades del suelo al aportar cobertura vegetal viva de manera temporal o permanente (Meza, 2021). Su crecimiento es interrumpido en un momento determinado mediante la aplicación de un herbicida o de manera mecánica, quedando sus residuos sobre la superficie del suelo protegiéndolo (Varela & Pagliettini, 2014).

Con el avance de las investigaciones se demostró que los CS contribuyen con otros servicios además de aplacar los procesos de erosión, como el secuestro de carbono, reciclaje de nutrientes, control de malezas por competencia, mejora en la estructura del suelo, mejora en la eficiencia del uso del agua (EUA) y provisión de forraje (Palu et al., 2020).

Otras ventajas a destacar posterior al secado del CS es la disminución de la insolación directa sobre la superficie del suelo y una mayor captación del

agua, generando condiciones de mayor humedad y menor temperatura, las cuales tienden a ser óptimas para la implantación del cultivo posterior (Capurro, 2018).

1.1 Especies utilizadas como cultivos de servicio:

En la actualidad, existen numerosas especies que pueden utilizarse como CS. Su elección puede estar relacionada con el aporte de residuos, la tasa de descomposición, rotación en la cual se incluye, los requerimientos del cultivo posterior, la zona de producción y los objetivos con los que se plantea el CS. Una práctica a destacar es la consociación de especies con el fin de ocupar un nicho ecológico más amplio aprovechando de manera más eficiente los recursos. La implementación de leguminosas como CS aporta, además de los beneficios ya mencionados, nitrógeno a través de la fijación simbiótica, mejorado así la disponibilidad para los cultivos posteriores.

A continuación, se describen las especies más comúnmente utilizadas como CS adaptado de Bertolotto y Marezzetti, (2017).

Dentro de las gramíneas:

- Centeno (*Secale cereale*), utilizado por su tolerancia al frío, estrés hídrico, además genera abundantes residuos que se descomponen lentamente por su alta relación C:N, buen competidor frente a malezas.
- Avena (*Avena sativa*), disponibilidad de variedades adaptadas a cada región productiva con alta tasa de producción.
- Triticale (*Triticum secale*), en comparación a las especies anteriores tiene un ciclo más largo y una mayor producción de MS.
- Ray Grass (*Lolium multiflorum*), presenta rápido establecimiento, es tolerante a heladas y altas temperaturas y presenta mayor valor nutritivo que la avena.
- También se pueden utilizar Trigo (*Triticum aestivum*), Cebada (*Hordeum sp.*).

Dentro de las leguminosas:

- Vicia (*Vicia villosa* y *Vicia sativa*), la *V. villosa* es más utilizada debido a su mayor producción de materia seca y su porte rastroso lo que le permite competir mejor con las malezas, además es tolerante al frío y resiste sequías.

- Complejo de vicias menos utilizadas: *Vicia faba*, *Vicia benghalensis*, *Vicia angustifolia*.

- Se pueden utilizar leguminosas como Arveja (*Pisum sativum*) y Trébol de color blanco (*Melilotus albus*).

Y algunas brasicáceas o crucíferas:

- Nabón forrajero (*Raphanus sativus*), Colza o nabo (*Brassica rapa* o *Brassica napus*) y Mostacilla (*Brassica juncea*), se usan en consociación con gramíneas o leguminosas mejorando significativamente la infiltración, estabilidad y porosidad del suelo.

Otro beneficio del uso de CS es el control de malezas por competencia directa en el caso de las otoño-invierno-primaverales y, luego de su supresión, los residuos en superficie también ejercen control sobre las malezas estivales (Quiroga et al., 2007; Bertolotto y Marezzetti, 2017).

1.2 Finalización del cultivo de servicio:

Una vez que se suprime el crecimiento del cultivo, ya sea de manera mecánica (corte, rolado, aplastado) o química (herbicidas), los residuos quedan sobre la superficie del suelo continuando con su efecto protector (Sá Pereira et al., 2013).

Los días totales de crecimiento de un cultivo determinan la producción de materia seca (MS) y el agua consumida, siendo crucial definir correctamente el momento de supresión del CS para no limitar el rendimiento en el cultivo posterior. El momento de supresión dependerá de los objetivos que se desean alcanzar, de las limitantes de la zona, de la especie utilizada, de las condiciones ambientales y las herramientas disponibles. La supresión debería realizarse en floración o final de encañazón, ya que es el momento donde comienza a consumirse mayor cantidad de agua.

Supresión química. Se trata de la finalización del crecimiento del cultivo a través de la utilización de productos químicos (herbicidas), empleando distintos principios activos dependiendo de la especie a tratar. Cabe destacar que en el caso de *Vicia villosa*, al ser medianamente tolerante al glifosato, este herbicida no logra el control de la misma si se lo utiliza solo, lo mismo ocurre con los productos hormonales, por lo que se utilizan mezclas de ambos. En gramíneas se logran buenos controles con dosis de glifosato entre 2,5 a 3 l/ha.

Supresión mecánica. Es la finalización del crecimiento del cultivo a través del rolado. Existen varios tipos de rolos diseñados para esta función. En general, constan de un cilindro de 30-60 cm de diámetro, con cuchillas de 8-10 cm de alto, sin filo de manera que no provoque cortes en los tallos. Estas cuchillas dañan el tejido vascular de las plantas y provocan el secado sin cortar ni arrancar, minimizando los riesgos de rebrote. La susceptibilidad al rolado es mayor cuanto más avanzado está el ciclo del cultivo. El rebrote es una variable importante a considerar cuando se aplica este método de supresión. En casos de coberturas mixtas de gramíneas y leguminosas se debe esperar a que madure la especie más tardía para proceder al control mecánico (Bertolotto y Marezzetti, 2017).

1.3 Adopción de los cultivos de servicio:

Los CS no han tenido una gran adopción por parte de los productores (Figura 1 y 2) debido a que los mismos representan un elevado costo y los beneficios no se ven reflejados en un aumento de rendimiento o disminución de los costos en el corto plazo. Los CS pueden afectar de manera positiva o negativa el rendimiento el cultivo subsiguiente, dependiendo principalmente del consumo de agua por parte del CS y las precipitaciones posteriores a la supresión del CS para la recarga hídrica del perfil (Lardone et al., 2013).

De acuerdo a una encuesta realizada a productores (REM, 2017), la falta de conocimiento es la principal causa de su baja adopción. La elección de la especie y la duración del ciclo ajustadas a cada ambiente son claves para potenciar los beneficios del CS.

Para una evaluación completa beneficio-costos de la inclusión de CS en las rotaciones es necesario completar el análisis de corto plazo con proyecciones de

los flujos de fondos en el mediano y largo plazo, considerando la inclusión de CS como una inversión en el sistema productivo. En cuanto a los beneficios, algunos de ellos requieren de un periodo prolongado de tiempo para su obtención, como por ejemplo el aumento de la materia orgánica del suelo (Vitale, 2022).

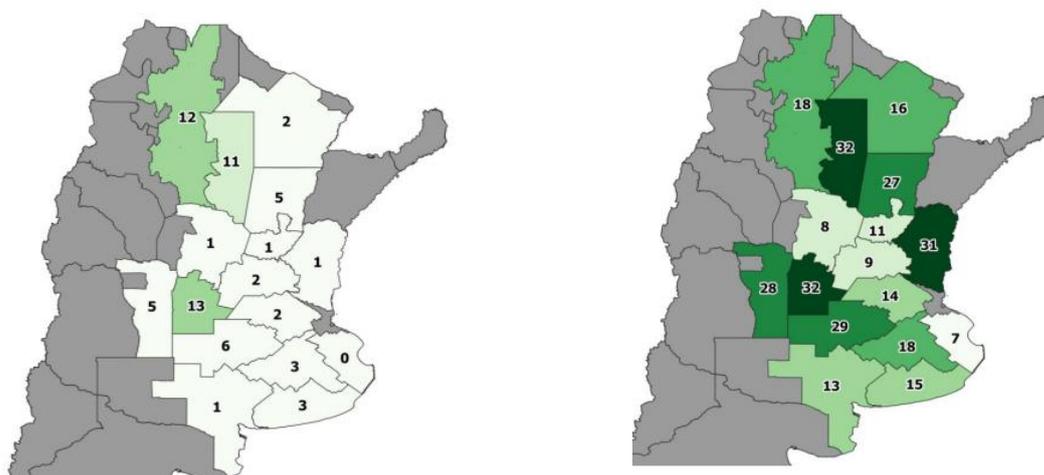


Figura 1 y 2. Evolución del porcentaje de productores que realizó cultivos de servicio por regiones, campaña 2014/15 (izquierda) vs 2019/20 (derecha). Fuente: Bolsa de cereales, 2021.

En la (Tabla 1), podemos apreciar algunos de los gastos que se deben tener en cuenta al momento de realizar un CS en comparación con los gastos de un barbecho tradicional.

Tabla 1. Esquema para presupuestar un CS. Fuente: Bertolotto y Marezzetti, (2017).

	Esquema de barbecho químico	Esquema con CC
Herbicidas de otoño	Para control de lo nacido + control residual	Para control de lo nacido. Normalmente sin residualidad
Siembra	No	Sí
Semilla + curado	No	Sí
Herbicidas de primavera	Para control de lo nacido + control residual	Para secado del CC. Puede reemplazarse por el rolado
Herbicidas preemergentes del cultivo posterior	Sí	Sí
Herbicidas postemergentes del cultivo posterior	Sí	Igual o menos que en el esquema de barbecho químico

1.4 Cultivos de servicio con doble propósito:

La utilización de los CS como recurso forrajero para la producción de carne surge como propuesta para mejorar el resultado económico del uso de CS, ya que el retorno de los mismos suele ser bajo en el corto plazo.

El uso forrajero de los CS puede ser una buena alternativa para mejorar el resultado económico de la inclusión de estos y que resulte más atractiva su implementación. Una encuesta realizada a productores del estado de Iowa, Estados Unidos, demostró que solo los agricultores que utilizan los CS para el pastoreo son los que obtuvieron resultados económicos positivos, mientras que los productores que no utilizaron el CS como forraje obtuvieron únicamente resultados negativos (Plastina et al., 2018).

Un ensayo llevado a cabo por Melín y Orliacq (2021) utilizando cuatro intensidades de pastoreo: alta, normal, media y baja, sobre las cuales se sembraron tres densidades de siembra de maíz: alta, normal y baja, se observó que el rendimiento más alto del cultivo de maíz tardío sobre un CS avena-vicia se dio en el potrero con alta intensidad de pastoreo y baja densidad de siembra en comparación con los de intensidad normal, media y baja a la misma densidad (Figura 3). Con densidad normal y alta las diferencias en el rendimiento fueron más evidentes a medida que aumentó el forraje remanente, es decir, que además de aumentar la competencia interespecífica, la cual repercute en el rendimiento, este es aún más bajo cuando queda más remanente de forraje del CS o baja la intensidad de pastoreo. Esto quiere decir que a medida que el número de plantas de maíz aumentó y el pastoreo fue menor, el rendimiento de maíz disminuyó.

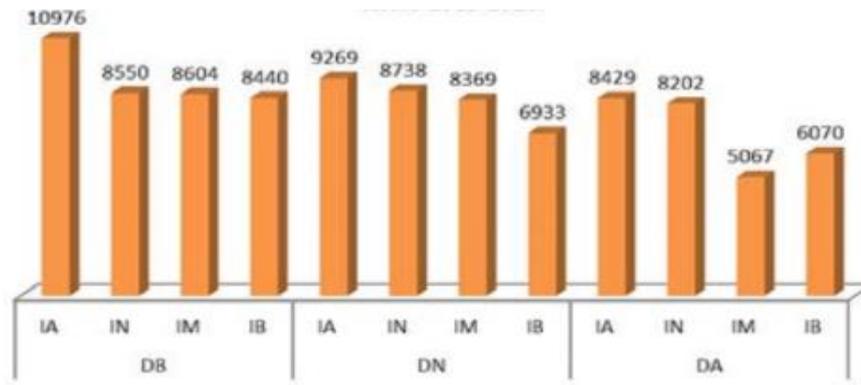


Figura 3. Efecto de la densidad e intensidad de pastoreo sobre el rinde de maíz tardío 2019-2020. Fuente: Melín y Orliacq, (2021).

1.5 Objetivo:

El objetivo general de este trabajo se basó en estudiar el impacto de la presión de pastoreo y momento de supresión de un cultivo de servicio (avena) sobre la performance del cultivo subsiguiente.

2. Materiales y métodos:

2.1 Sitio experimental:

El trabajo se llevó a cabo en el período comprendido entre marzo del 2021 y marzo del 2022 en un lote del establecimiento “La Adriana” ($37^{\circ}16'38.7''$ S, $62^{\circ}34'14.2''$ O), ubicado en el partido de Adolfo Alsina, provincia de Buenos Aires, sobre el camino ruta acceso a Carhue, aproximadamente a 12,5 km de la localidad de Espartillar (Figura 4). El establecimiento cuenta con 330 ha, de producción mixta con mayor proporción de hectáreas dedicadas a la ganadería, pertenece a la familia Bories desde el año 1926.

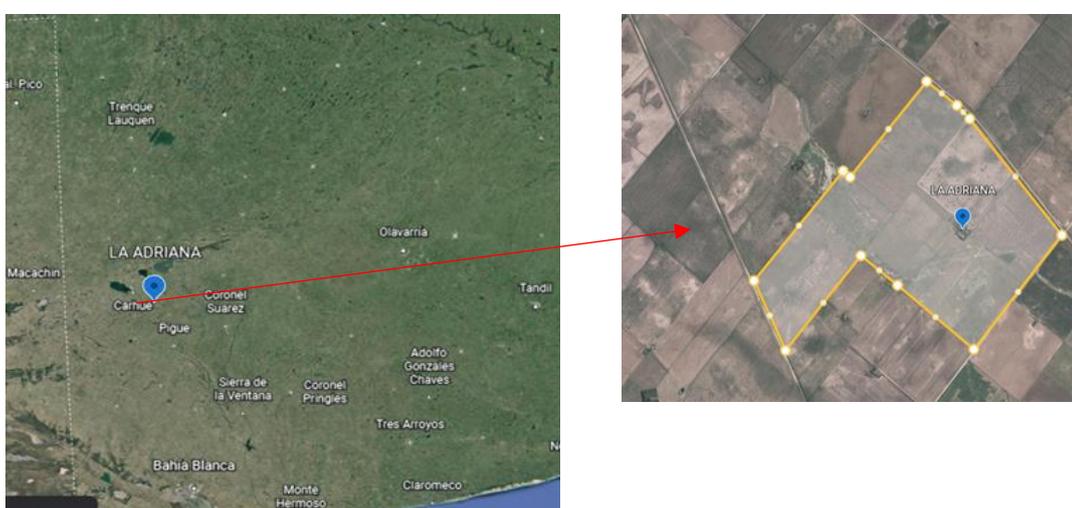


Figura 4. Localización y delimitación del establecimiento La Adriana en el Sudoeste Bonaerense.

2.2 Clima:

El sudoeste bonaerense se caracteriza por un clima templado subhúmedo seco, en el partido de Adolfo Alsina predominan los vientos del Norte-Noreste, la temperatura media anual es de 15°C , siendo enero el mes más cálido del año (máx. 31°C) y julio el mes más frío del año (máx. 14°C), el establecimiento se encuentra entre las isohietas de 600 y 800 mm, con una precipitación media anual de 720 mm.

2.3 Suelo:

El establecimiento se ubica sobre el Domino Morfoestructural Positivo de Ventania (Gonzales Uriarte, 1984). A partir de la carta de suelos de la provincia de Buenos Aires a escala 1:500.000, se pudo observar que en el

establecimiento predominan tres complejos de suelos (Tabla 1, anexo). El lote sobre el cual se desarrolló el ensayo corresponde al complejo ERi4, en el cual el suelo se clasifica como Haplustol petrocálcico, franca gruesa, mixta, somera, térmica (AD-INTA-ST.2016).

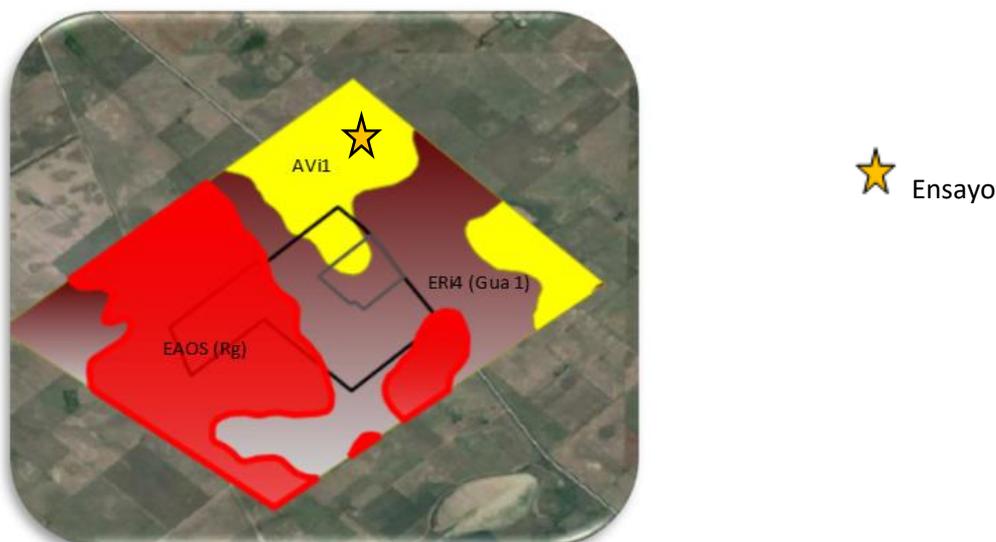


Figura 5. Complejos de suelo presentes en el establecimiento, generado con QGIS.

2.4 Diseño experimental, tratamientos y manejo del cultivo:

El lote que se seleccionó para desarrollar el ensayo contaba con una historia agrícola de tres años de verdeos de invierno bajo labranza convencional.

Se utilizó un diseño experimental constituido por parcelas en bloques divididos completamente aleatorizados con tres repeticiones. Cada bloque de 10 m de ancho por 50 m de largo, presentó como tratamiento principal la intensidad de pastoreo: intensidad alta (IA) e intensidad baja (IB), además se consideraron dos parcelas las cuales no fueron sometidas al pastoreo (SP) (Figura 6). El pastoreo en las parcelas se llevó a cabo utilizando dos intensidades de pastoreo, como se mencionó anteriormente (IA, IB), con vacas de raza Hereford de aproximadamente 500 kg de peso vivo. El pastoreo se realizó el 3/7/2021 previo a alcanzar el volumen de biomasa esperado debido a un intenso ataque de pulgones, el cual estaba afectando el normal desarrollo del cultivo. Las parcelas con IA fueron pastoreadas con 5 vacas y las parcelas con IB fueron pastoreadas con 3 vacas, con una estadía promedio de 6 horas por parcela.

A su vez, sobre las parcelas principales se aplicaron dos subtratamientos asociados a diferentes momentos de secado: secado temprano (A): 28/09/2021, y secado tardío (B): 26/10/2021. El secado del CS se realizó con una mochila pulverizadora de 20 litros, la cual contaba con un solo pico, empleándose una dosis de 2 l/ha de glifosato.

CC Avena		
Secado temprano A	Secado tardío B	
INTENSIDAD ALTA	INTENSIDAD BAJA	Bloque I
INTENSIDAD BAJA	INTENSIDAD ALTA	
Sin Pastorear 1		
INTENSIDAD BAJA	INTENSIDAD ALTA	Bloque II
INTENSIDAD ALTA	INTENSIDAD BAJA	
Sin Pastorear 2		
INTENSIDAD BAJA	INTENSIDAD ALTA	Bloque III
INTENSIDAD ALTA	INTENSIDAD BAJA	

Figura 6. Diseño experimental y distribución de los tratamientos.

El barbecho comenzó el 22/03/2021 bajo labranza convencional con una rastra Pampero desencontrada de 44 discos de 26", a una profundidad de 12 cm, con rolos desterronadores. Se utilizó como CS avena variedad Elizabet INTA, la cual fue sembrada el 24/03/2021 con una sembradora Juber de 6,30 m de ancho efectivo, con 27 líneas a 23 cm (Figura 7), utilizando una densidad de siembra de 195 pl/m². Se realizó una fertilización a la siembra utilizando fosfato diamónico a una dosis de 50 kg/ha. Al momento de la siembra el suelo tenía un contenido de agua útil de 83 mm en 0-60 cm de profundidad.



Figura 7. Sembradora Jubre 6400.

2.5 Determinaciones edáficas:

Para la caracterización físico química del suelo utilizado, se determinaron las siguientes variables edáficas:

- Densidad aparente: se determinó mediante muestras sin disturbar por el método del cilindro (Blake y Hartge, 1986).
- Constantes hídricas: Se determinó el contenido de agua a capacidad de campo (CC) mediante olla de presión a 33 kPa (Klute, 1986) y el contenido de agua a punto de marchitez permanente (PMP) mediante membrana de presión a 1500 kPa (Richards, 1947).
- Capacidad de retención de agua disponible del suelo (CRAD): se calculó como la diferencia entre el contenido de agua a CC y PMP.
- pH en agua en una relación 1:2,5.
- Materia orgánica por calcinación (Davies, 1974).
- Fosforo extraíble (Pe) (Bray y Kurtz, 1945).
- Distribución de poros por tamaño: se determinó mediante la mesa de tensión y el equipo de tensión de Richards (Klute & Klute, 1986).

Con el objetivo de realizar el monitoreo hídrico en el suelo se tomaron muestras compuestas de suelo a una profundidad de 0-20, 20-40 y 40-60 cm. A continuación, se detallan los momentos de muestreo:

- Siembra del CS (24/04/2021).
- Primera fecha de secado (29/09/2021).
- Segunda fecha de secado (26/10/2021).
- Previo a la siembra de maíz (24/11/2021).

En cada fecha de muestreo se determinó la humedad edáfica a través del método gravimétrico.

Tabla 2. Densidad aparente (DA) y constantes hídricas (mm) para las diferentes profundidades analizadas.

Profundidad (cm)	Pe mg/kg	MO g/kg	pH	DA (Mg/m ³)	CC (mm)	PMP (mm)	AUT (mm)
0-20	14,7	20,5	7,0	1,23	55	35	20
20-40			7,4	1,19	60	36	24
40-60				1,18	57	35	22
0-60					172	106	66

Pe: fósforo extraíble; MO: materia orgánica; DA: densidad aparente; CC: capacidad de campo; PMP: punto de marchitez permanente; AUT: agua útil total.

2.6 Producción del cultivo de servicio:

La primera determinación de biomasa se realizó el 26/06/2021, utilizando un aro de 56 cm de diámetro (0,25 m²), previo al ingreso de los animales a pastorear. El segundo muestreo se realizó previo al primer momento de secado del CS (25/09/2021). Luego de la supresión del cultivo se determinó la biomasa final del CS (24/11/2021).

2.7 Composición química del forraje empleado para pastoreo:

Las muestras recolectadas fueron pesadas en fresco y luego secadas a 60°C en estufa de aire forzado hasta peso constante (AOAC, 2000) para la determinación de materia seca (MS). Posteriormente, las muestras fueron procesadas utilizando un molino Wiley con malla de 2 mm. Sobre dichas muestras se realizaron las siguientes determinaciones:

- Proteína Bruta (PB): por técnica micro Kjeldahl transformando el N obtenido en PB mediante el factor 6,25 (AOAC, 2000).
- Fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA): por el método secuencial, con α -amilasa y sin sulfato de sodio, acorde al procedimiento descrito por Van Soest, et al. (1991).

Por otro lado, y a partir de los resultados abordados se realizaron las siguientes estimaciones empleando las siguientes ecuaciones:

- Digestibilidad de la MS (DMD, %): $88,9 - (0,779 \times \%FDA)$.
- Consumo de MS (CMS, %PV) = $120/FDN\%$.

- Energía metabolizable (EM, Mcal EM/kg MS) = DMS x 3,62/100.
- Raciones (R/ha) = MS (kg/ha) x 0,7/MS (kg/EV).
- MS (kg/EV) = 18,5/EM.

2.8 Siembra de cultivo de verano.

Posterior al secado del CS, el 08/12/2021 se sembró el cultivo de verano (maíz, ACA 470 MG RR2), bajo el sistema de siembra directa con una densidad de 40.000 pl/ha a 0,52 cm de distancia entre hileras.

El 10/03/2022 se efectuó la cosecha del cultivo, mediante corte de la biomasa total aérea presente empleando un aro de 0,25 m². Las muestras fueron secadas en estufa para su determinación de rendimiento en kg MS/ha.

2.9 Análisis estadístico:

Los datos fueron analizados con el programa InfoStat (Di Rienzo et al., 2016) mediante ANOVA y las comparaciones de medias se realizaron a través del test LSD de Fisher, con un nivel de significancia del 5%.

3. Resultados y discusión:

3.1 Condiciones climáticas:

Las precipitaciones registradas en el establecimiento La Adriana, donde se desarrolló el ensayo, fueron de 896 mm para el año 2021, algo por encima de la media anual (691 mm), y 232 mm se registraron en total para los primeros tres meses del año 2022 (Figura 8). Entre la siembra del CS y la primera fecha de secado (28/9/2021) se registraron un total de 331 mm, y desde la siembra del CS hasta la segunda fecha de secado (26/10/2021) se registraron un total de 365 mm. Por último, podemos mencionar que desde la siembra de maíz hasta su cosecha se registraron un total de 234 mm.

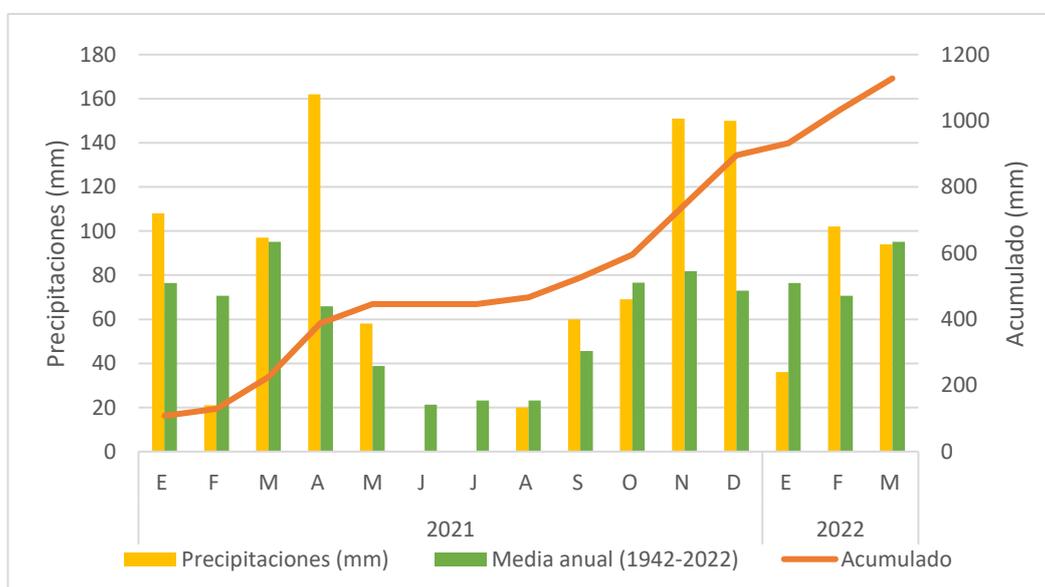


Figura 8. Distribución de las precipitaciones mensuales durante el 2021 y los primeros tres meses del 2022 respecto de la media mensual (1942-2022), y las precipitaciones acumuladas durante el ensayo.

3.2 Producción y valor nutricional de la biomasa de avena:

La cantidad y calidad de biomasa generada por el CS hasta la fecha de (26/06/2021) se detallan en la Tabla 3. La producción de biomasa (1352 kg/ha) se encontraba por debajo del óptimo fijado para entrar a pastorear (2500 kg MS/ha) como consecuencia de las condiciones climáticas imperantes, bajas precipitaciones, fuertes heladas, además de un intenso ataque de pulgones. Sin embargo, al compararlo con lo reportado por (Altuve, 2005) para el primer y segundo corte del forraje de avena (470 a 1278 kg

MS/ha respectivamente) estaríamos dentro de los valores esperados para este cultivo.

Tabla 3. Producción de biomasa y composición química del CS previo al pastoreo.

Parámetros de producción y calidad	<i>Forraje de Avena</i>
Biomasa (kg MS/ha)	1352
Composición química	
Proteína Bruta (%PB/MS)	9,6
Fibra Detergente Nutro (%)	44,5
Fibra Detergente Acido (%)	18,3
Digestibilidad de la MS (%)	74,6
Energía Metabolizable (Mcal/kg MS)	
Energía Metabolizable (Mcal/kg MS)	2,7
Consumo de MS (%PV)	2,7
Raciones/ha	138,3

La calidad del forraje se relaciona con el potencial para producir una respuesta animal deseada. Está determinada por el nivel nutricional, la digestibilidad, palatabilidad y los factores anti nutricionales. En base a los datos obtenidos y al compararlos con los promedios normales de la avena (Tabla 4), observamos que el forraje empleado como CS es de alta calidad, determinando de esta manera que el forraje puede ser pastoreado para suplementar lotes de recría, aumentando el beneficio económico del CS al transformar parte de la biomasa generada en kg carne/ha.

El nivel de proteína hallado en el forraje resulto bajo, acorde a una situación de estrés presente en el cultivo. La baja disponibilidad de agua en el perfil y el agudo ataque de pulgones afectaron principalmente las hojas del cultivo. El mayor contenido de proteína se encuentra en las hojas, de modo tal que, una alteración en las mismas, afectan directamente en tenor proteico de toda la planta.

Por su parte, si el tenor proteico es bajo, el contenido de fibra se ve incrementado, afectando negativamente el CMS, DMS y su concentración energética. A sí mismo, aun bajo estas condiciones extremas, el CS fue capaz de ofrecer un recurso forrajero valioso para satisfacer los requerimientos nutricionales de una vaca con cría al pie.

Tabla 4. Comparación del valor nutritivo (VN) promedio de la avena con los valores obtenidos en el ensayo.

	VN promedio de la avena	VN obtenido de la avena
MS (%)	89	91,2
PB (%)	13,3	9,6
FDN (%)	23	44,5
EM (Mcal EM/kg MS)	2,8	2,7

VN promedio tomados de la clase de nutrición animal.

3.3 Dinámica de agua en el suelo:

El agua útil (AU) inicial de la cual se partió en este ensayo para las profundidades 0-20 y 20-60 cm fue de 27 y 56 mm respectivamente, dando un total de 83 mm en el perfil (0-60 cm). Al compararlo con la capacidad de retención hídrica del perfil, dicho valor representa una condición hídrica cercana a capacidad de campo (Tabla 2).

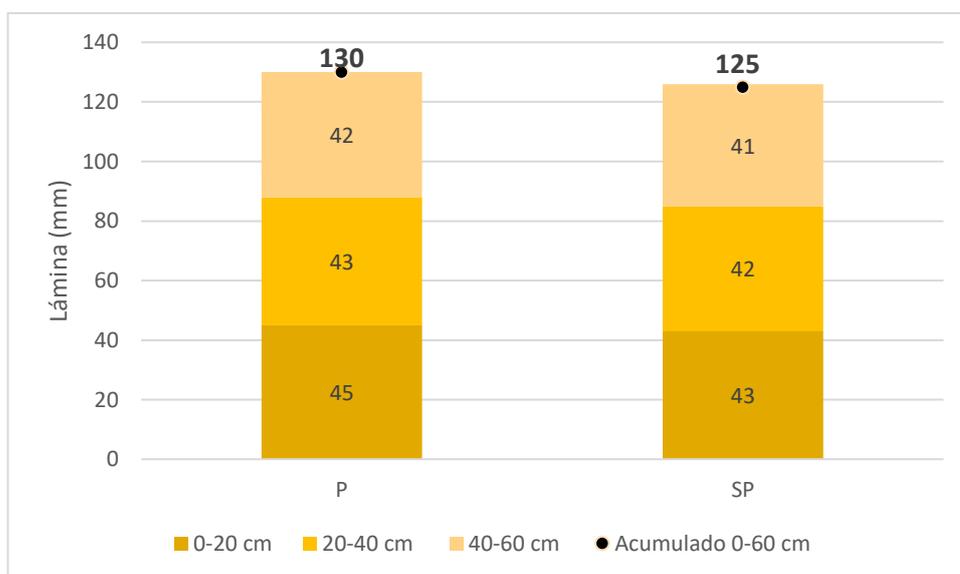


Figura 9. Lámina de agua para la fecha (28/09/2021) de cada tratamiento a las distintas profundidades y el acumulado en el perfil.

En base a lo observado en la (Figura 9) y el ANOVA para la primera fecha de secado (28/09/2021), podemos determinar que no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos pastoreado (P) y sin pastoreo (SP), (Tabla 2, ANEXO). El agua acumulada en el perfil (0-60 cm) fue de 130 mm y 125 mm para P y SP respectivamente.



Figura 10. Imagen tomada posterior al primer secado del CS, donde evidenciamos los dos subtratamientos.

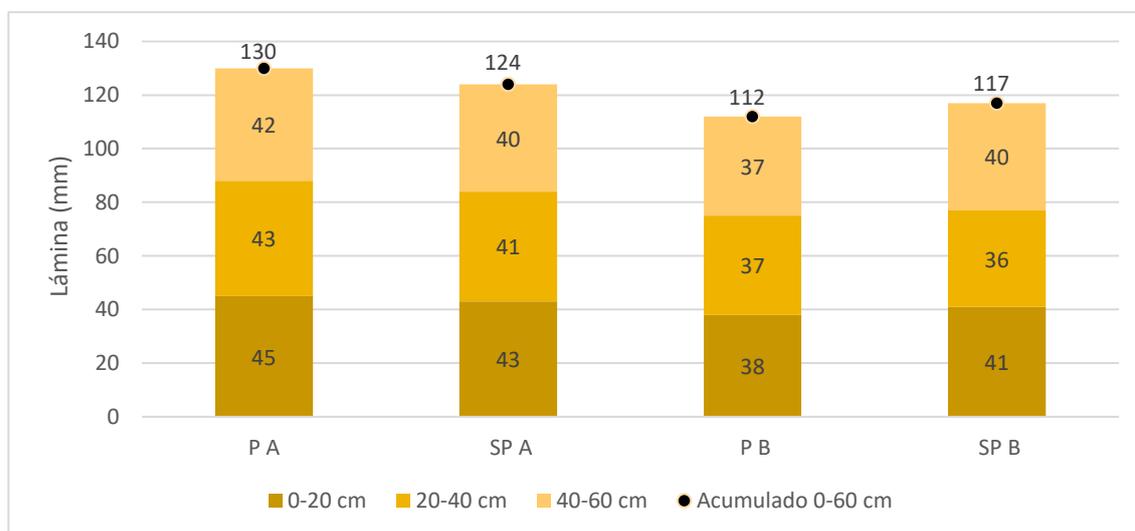


Figura 11. Lámina de agua para la fecha (26/10/2021) de cada tratamiento y subtratamiento a las distintas profundidades y el acumulado en el perfil.

Para la segunda fecha de secado (26/10/2021) podemos observar que el subtratamiento A presentó más agua almacenada respecto de B (Figura 11), y dentro de este, el tratamiento P acumuló más agua que SP. Sin embargo, las diferencias observadas fueron no significativas tanto para los tratamientos como

para los subtratamientos ($p > 0,05$), (Tabla 3, ANEXO). Para el subtratamiento A, el tratamiento P acumuló 130 mm y SP 124 mm, estos valores son muy similares a los registrados un mes antes cuando se realizó la supresión del CS indicando que las precipitaciones ocurridas en ese período (34 mm) no fueron almacenadas. En el subtratamiento B, el tratamiento P acumuló 112 mm y SP 117 mm. En este caso al demorar un mes más el secado, los contenidos de agua en el perfil quedan cercanos a PMP. Como podemos evidenciar en la Figura 12 el suelo se encuentra con escaso contenido de agua disponible para las plantas, pudiendo repercutir en la implantación del cultivo subsiguiente.

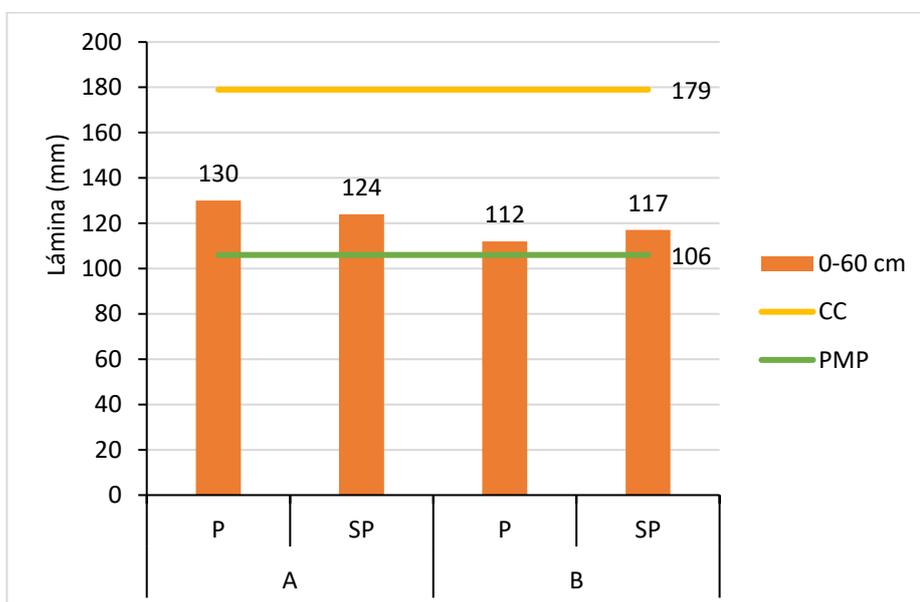


Figura 12. Lámina (mm) en el perfil comprada con los valores de CC y PMP.

Para la fecha de muestro previo a la siembra de maíz (24/11/2021) se pudo observar que el subtratamiento A (secado temprano), acumuló más agua que el subtratamiento B (secado tardío), presentando diferencias significativas ($p < 0,01$), (Tabla 4, ANEXO). Dentro del subtratamiento A podemos observar que el tratamiento IB fue el que almaceno más agua (166 mm), respecto del tratamiento SP (140 mm), contrariamente a lo esperado según la teoría, ya que el tratamiento SP al tener menor evapotranspiración debería de haber acumulado más agua (Figura 13).

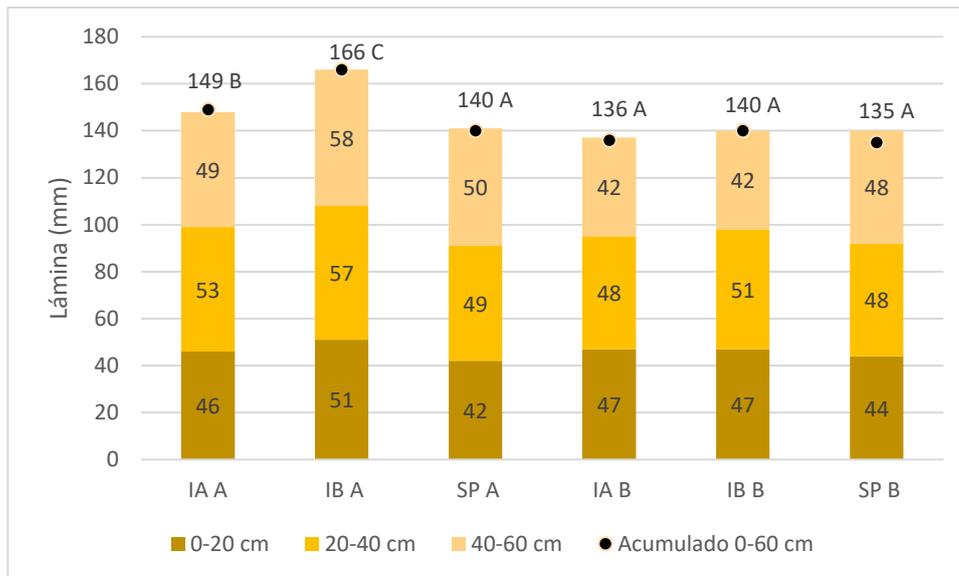


Figura 13. Lámina de agua para la fecha (24/11/2021) de cada tratamiento y subtratamiento a cada una de las profundidades y el acumulado en el perfil.

En base a los datos arrojados por el ANOVA (Tabla 4, ANEXO), podemos determinar que el pastoreo para el momento de supresión no tuvo efecto en el perfil (0-60 cm), es decir, no se hallaron diferencias significativas ($p > 0,05$). Scianca et al., (2008) plantea que la inclusión de CS genera un costo hídrico para los cultivos de verano. A su vez, a medida que se retrasa el momento de supresión de los CS se registra un mayor consumo de agua (Scianca, 2010). En el presente estudio se observó una disminución de la oferta hídrica para el cultivo de verano ya que, en el subtratamiento B al demorar un mes más el momento de secado del CS hay un mayor consumo de agua, 16 mm más respecto del subtratamiento A (Figura 14). Conocer el efecto de los CS sobre la dinámica del agua en el suelo es una herramienta fundamental para el manejo de los CS en regiones semiáridas. En este caso la fecha de secado de los CS es una herramienta clave para su inclusión en regiones con déficit hídrico. En tal sentido, Fernández et al., (2012) evaluando el centeno como CS, obtuvieron mayor AU en aquellos tratamientos con fechas de secado julio/agosto comparadas con el barbecho tradicional.

Los usos consuntivos (UC) variaron entre 423 y 443 mm con diferencias principalmente en función del momento de supresión (Figura 14), es decir, al atrasar el momento de supresión del CS se incrementó el UC entre lo cual también modifico la eficiencia hídrica de barbecho (EHB), siendo esta menor en

el subtratamiento B y, contrario a lo esperado, más baja en el tratamiento SP que en el P. De hecho, si observamos la (Figura 15) vemos que el tratamiento IB tanto en el subtratamiento A como B, fue el que tuvo la mayor EHB. En el caso de los tratamientos SP vemos claramente como disminuye la EHB (4%). En la región semiárida pampeana se ha observado que las EHB variaron de acuerdo con el nivel de cobertura del suelo entre 17 a 41%, con mayores valores en suelos con alto nivel de cobertura de residuos (Fernández et al., 2008).

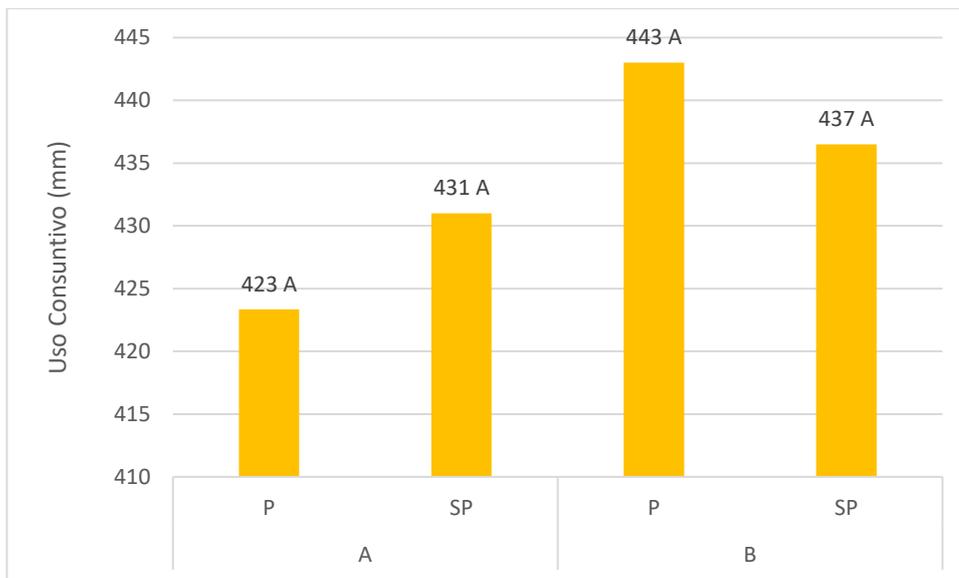


Figura 14. Uso consuntivo (mm) del CS por cada tratamiento y subtratamiento.

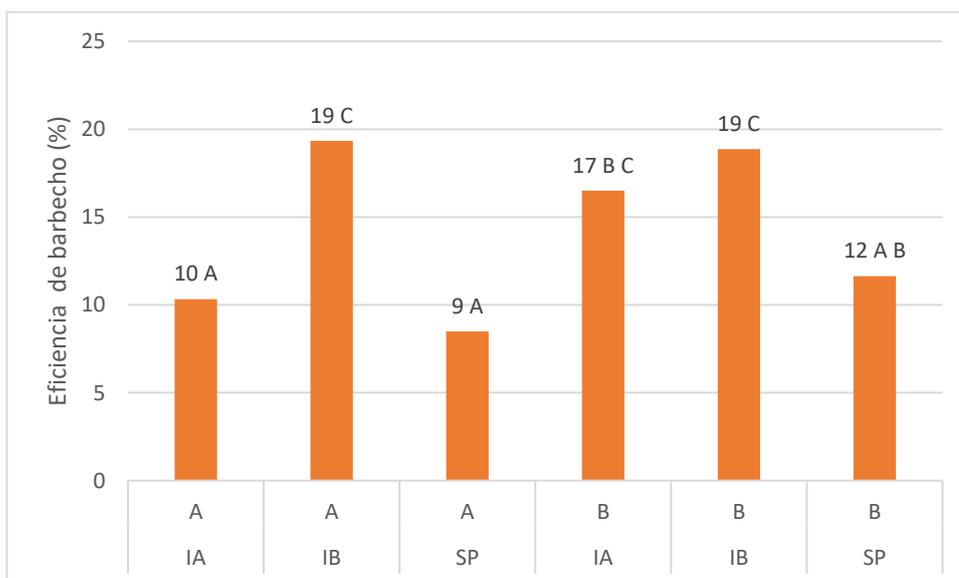


Figura 15. Eficiencia hídrica del barbecho para los diferentes tratamientos y subtratamientos.

3.4 Distribución de poros por tamaño:

La distribución del tamaño de los poros puede afectar la dinámica del agua en el suelo, los macroporos son los encargados de que el agua se infiltre y drene dentro del mismo. Son los que ejercen un importante control sobre la aireación del suelo. El pastoreo generó cambios en la distribución de tamaño de poros, principalmente en superficie (0-20 cm) (Figura 17). Como podemos observar en la Figura 17, la proporción de macroporos disminuyó cuando se utilizó una alta intensidad de pastoreo, aumentando la proporción de meso y microporos. La proporción de macroporos en superficie fue del 44 y 46% para los tratamientos pastoreo (IB) y sin pastoreo, respectivamente, mientras que dicha proporción disminuyó al 24 % en pastoreo (IA).

Debido a que la porosidad del suelo regula la aireación y la retención de agua, valores de macroporosidad de 10 a 25% son considerados necesarios para una adecuada aireación, retención de agua y para permitir una rápida percolación del agua excedente del suelo (Topp et al., 1997). En este ensayo, el porcentaje de macroporos disminuyó a medida que la presión de pastoreo aumentó con valores de 23,7, 21,7 y 10,0% para SP, IB e IA, respectivamente, diferenciándose significativamente IA del resto de los tratamientos (Tabla 5, Anexo). Lo que nos da la pauta de que, si bien el efecto del pisoteo repercutió negativamente sobre la calidad física del suelo, dichos cambios podrían considerarse no restrictivos para los cultivos.

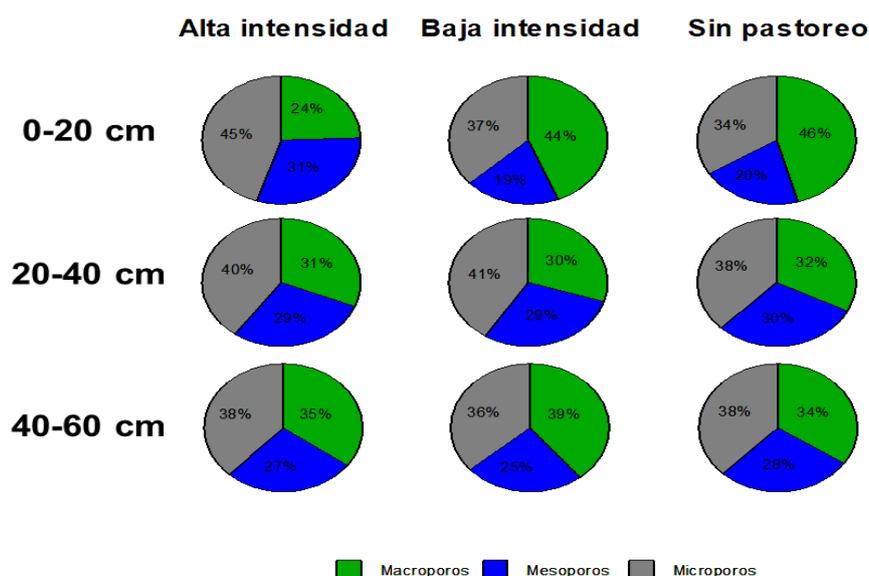


Figura 17. Distribución de poros por tamaño para cada tratamiento y profundidad de muestreo.

La porosidad total (PT) es la suma de todos los poros. Si bien no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 5, ANEXO), dicha variable presentó disminuciones por el pastoreo del 24 y 6% en 0-20 cm para IA e IB, respectivamente. Observamos que PT, al igual que los macroporos, presentó diferencias significativas en 0-20 cm de profundidad.

La DA se utiliza a menudo en los estudios de calidad de suelos como un indicador de la resistencia mecánica del suelo para el crecimiento de raíces. En suelos de textura fina, el rango óptimo de DA para la producción agrícola se encuentra entre 0,9 a 1,2 Mg/m³. Valores DA >1,2 Mg/m³ pueden impedir la elongación de la raíz o reducir la aireación del suelo (Reynolds et al., 2003). Dicha variable presentó aumentos significativos en superficie en el tratamiento IA con valores de 1,4 Mg/m³, mientras que IB y SP presentaron valores similares (1,2 Mg/m³). La acumulación de residuos vegetales en la capa superficial del suelo modifica el medio físico mejorando las condiciones estructurales y espacio poroso del suelo (Carter, 2002). En el presente estudio, la mayor remoción de biomasa al aumentar la intensidad de pastoreo repercutió negativamente sobre las variables físicas evaluadas a través de aumentos en la DA y disminuciones de la PT, principalmente asociada a disminuciones de los macroporos. Dichos cambios adversos ocurrieron principalmente en la capa superficial (0-20 cm),

mientras que por debajo de dicha profundidad no se observaron cambios significativos de las variables analizadas.

3.5 Biomasa del maíz:

La producción de biomasa del cultivo de maíz no presentó efectos significativos debido a la intensidad de pastoreo ejercida sobre el CS ($p > 0,05$), pero si se observaron efectos significativos debido al momento de supresión del CS ($p < 0,05$) (Tabla 6, ANEXO). Independientemente de la intensidad de pastoreo, cuando el CS se suprimió más temprano, el maíz posterior, presentó mayor producción de biomasa (3124 kg MS/ha), mientras que cuando se suprimió más tarde, la producción de MS fue menor (2762 kg MS/ha). Al suprimir temprano el CS se produjo un 13,1% más de biomasa.

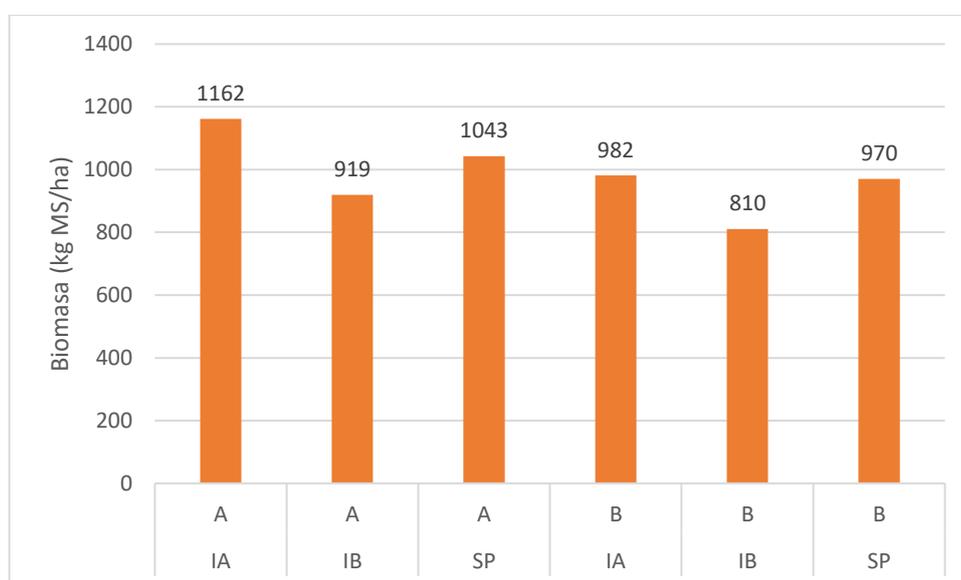


Figura 16. Producción de biomasa final del cultivo de maíz para cada tratamiento y subtratamiento.

4. Conclusión:

Por un lado, tenemos el análisis del impacto del pastoreo y por otro el momento óptimo de supresión del CS sobre la performance del cultivo de maíz.

En cuanto al pastoreo del CS podemos observar que no implicó variaciones significativas en los niveles hídricos del suelo. Al contrario de lo esperado en base a la teoría, los tratamientos pastoreados fueron los que presentaron una mejor dinámica de agua en el suelo respecto del tratamiento sin pastoreo. De hecho, la mejor EHB la presentó el tratamiento IB (19 %), independientemente del momento de supresión. Sin embargo, la mayor remoción de biomasa al aumentar la intensidad de pastoreo sí generó cambios adversos sobre las variables físicas evaluadas a través de aumentos en la DA y disminuciones de la PT, principalmente asociada a disminuciones de los macroporos. En cuanto a la performance del cultivo de maíz vemos que la intensidad de pastoreo no tuvo incidencia alguna sobre la producción de biomasa, aunque debemos aclarar que para el año en el que se llevó a cabo dicho ensayo (2021) entre los meses de noviembre y diciembre se acumularon un total de 301 mm, valor muy por encima de la media histórica, lo que favorece la rápida recarga del perfil y el buen establecimiento del cultivo.

En base a los parámetros de calidad presentados por el CS avena podemos decir que estos estuvieron dentro de los valores adecuados para suplir los requerimientos nutricionales de una vaca con cría al pie. Al pastorear dicho CS estamos generando beneficios económicos, lo que puede contribuir a una mayor adopción por parte de los productores y a disminuir los costos de su producción.

En cambio, según el momento de supresión se corroboró que al retrasar en un mes más dicha fecha el agua disponible en el suelo para la implantación del cultivo de maíz disminuyó significativamente, es decir, tenemos un mayor UC por parte del CS, 423 mm para el primer momento de supresión y 443 mm para el segundo momento de supresión, afectando también a la EHB, la cual disminuye cuanto más tarde se suprime el CS.

A partir de los resultados obtenidos de un año de estudio, la inclusión de CS a la secuencia de cultivos sería una alternativa eficiente en regiones semiáridas, donde su costo hídrico no afectaría al cultivo siguiente siempre y cuando se

maneje correctamente la fecha de secado del mismo, en función de la fecha óptima de siembra del cultivo sucesor. Sumado a esto podemos decir que utilizar el CS para suplementar rodeos de cría genera un impacto positivo al aumentar los beneficios económicos del mismo. Se necesitaría continuar con el estudio de dicha práctica en la región con el propósito de establecer pautas de manejo (densidad de siembra, especie seleccionada, fecha de siembra, momento de supresión e intensidad de pastoreo) que permitan obtener efectos positivos sobre el cultivo sucesor.

5. Bibliografía:

Altuve S., 2005. Evaluación de variedades de avena y raigrás en Corrientes. Noticias y Comentarios INTA N°397. ISSN: 0327-3059.

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C. (15th edition).

Bertolotto, M., & Marzetti, M. 2017. Manejo de malezas problema. Cultivos de cobertura: bases para su manejo en sistemas de producción. REM-AAPRESID.

Blake, G.R. & K.H. Hartge. 1986. Bulk density. In: Klute, A. (Ed.) Methods of soil analysis. Madison: American Society of Agronomy. Cap.13, 363-375.

Bray R & L Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorous in soils. Soil Sci. 59(1): 39-46.

Brihet, J.; Gayo, S.; Regeiro, D. 2021. Cultivos de cobertura. ReTAA, relevamiento de tecnología agrícola aplicada. Informe mensual Nro.42. Bolsa de cereales.

Capurro, J. E. 2018. Cultivos de cobertura y sus beneficios para ambientes agrícolas. Artículo de divulgación INTA.

Carter Mr. 2002. Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. Agron. J. 94: 38–47.

Davies BE. 1974. Loss-on-ignition as an estimate of soil organic matter. Soil Sci. Soc. Am. J. Proc. 38: 150-151.

Di Rienzo JA, F Casanoves, MG Balzarini, L Gonzalez, M Tablada & CW Robledo. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Fernández, R; A Quiroga; E Noellemeyer; D Funaro; J Montoya; B Hitzmann & N Peinemann. 2008. A study of the effect of the interaction between site-specific conditions, residue cover and weed control on water storage during fallow. Agricultural Water Management. 95: 1028-1040.

Fernández, R., A. Quiroga & E. Noellemeier. 2012. Cultivos de cobertura, ¿una alternativa viable para la región semiárida pampeana? *Ciencia del suelo*, 30(2). 137-150.

González Uriarte, M. 1984. Características geomorfológicas de la porción continental que rodea a Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires. Actas III, IX Congreso Geológico Argentino, San Carlos de Bariloche. 556 – 576.

Klute, A & Klute A. 1986. Water Retention: Laboratory Methods, In: *Methods of Soil Analysis: Part 1-Physical and Mineralogical Methods*. Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, pp. 635-662.

Klute, A. 1986. Water Retention: Laboratory Methods. p. 635-661. In: A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 1*. 2nd edition Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Lardone, A., Scianca, C., Barraco, M., Miranda, W., Álvarez, C., Quiroga, A., & Babinec, F. 2013. Momento de secado de especies de cultivos de cobertura. *Ene*, 25, 217.

Melín A., Orliacq A. 2021. Resultado de maíz tardío sobre cultivos de servicio de pastoreo bajo diferentes densidades y fertilización con nitrógeno anticipado. *Revista Ministerio de Desarrollo Agrario (MDA)*, vol. 2, n°1, 31-36.

Meza, P. G. 2021. ¿Qué son los cultivos de servicio? Disponible en: <https://idp.cimmyt.org/que-son-los-cultivos-de-servicio/>

Palu, E. M., Malmantile, A., Jankovic, V. V., Bertozzi, E., Casasola Farre, E. A., Widmer, T., & Magnano, L. 2020. Evaluación de cultivos de servicio con aprovechamiento animal. EEA Oliveros, INTA.

Plastina A., Liu F., Sawadgo W., Miguez F., Carlson S. & Marcillo G. 2018. Annual net returns to cover crops in Iowa. *Economics working papers: Department of Economics, Iowa State University*. 18005.

Quiroga A., Carfagno P., Eiza M. & Michelena R. 2007. Inclusión de cultivos de cobertura bajo agricultura de secano en la región semiárida pampeana. EEA INTA General Villegas. *Jornadas de Cultivos de Cobertura*.

Reynolds wd, yang xm, drury cf zhang tq, tan CS. 2003. Effects of selected conditioners and tillage on the physical quality of a clay loam soil. *Can. J. Soil Sci.* 83: 318–393.

Richards, L.A. 1947. Pressure-membrane apparatus-construction and use. *Agricultural Engineering* 28, 451-454.

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.

Sá Pereira, E., Galantini, J., Quiroga, A. 2013. Sistemas de cultivos de cobertura de suelo de otoño-invierno: sus efectos sobre la disponibilidad de agua. Capítulo 10. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. EEA INTA Anguil.

Scianca, C., Barraco, M., & Álvarez, C. 2008. Estrategias de manejo de centeno utilizado como cultivo de cobertura en un argiudol típico del noroeste bonaerense. Memoria técnica, 2009, 25-28.

Scianca, C. M. 2010. Cultivos de cobertura en molisoles de la Región Pampeana: producción de materia seca, eficiencia en el suelo del agua y del nitrógeno e incidencia sobre el cultivo de soja. 120 pp.

Topp, G; W Reynolds; F Cook; J Kirby & M Carter. 1997. Physical attributes of soil quality. In: Gregorich, EG & MR Carter (ed). *Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health*. Developments in Soil Science, vol. 25. Elsevier, New York, NY, pp. 21-58.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., and Lewis, B.A. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74 (10): 3583–3597.

Varela F. & Pagliettini L. 2014. Cultivos de cobertura. Análisis económico para su utilización como antecesores de cultivos de cosecha. Asociación Argentina de Economía Agraria.

Vitale, J. P. 2022. Resultados económicos de rotaciones agrícolas con cultivos de servicio bajo pastoreo.

6. Anexo.

Tabla 1. Complejos de suelos extraídos de la carta de suelos de la provincia de Buenos Aires.

Símbolo	Composición de la unidad	Capacidad de uso	Índice de productividad
EOAS	Complejo series Estación ojo de agua (70%) y Dufaur (30 %)	IVs	33,0
AVi1	Complejo series Alta Vista (80%) y Puan (40%)	IVs	33,6
ERi4*	Complejo Estación Rivera (80%) y Tres Lomas (20%)	IVsc/IVes	31,2

*complejo de suelo presente en sitio del ensayo.

Tabla 2. Análisis de la varianza del contenido de agua útil (mm) fecha (28/09/2021) para los tratamientos (intensidad de pastoreo P y SP).

ANOVA	
Profundidad (cm)	Tratamiento
0-20	Ns
20-40	Ns
40-60	Ns
0-60	Ns

Para todas las tablas *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$; Ns: no significativo.

Tabla 3. Análisis de la varianza del contenido de agua útil (mm) fecha (26/10/2021) para los tratamientos (intensidad de pastoreo P y SP) y subtratamientos (fecha de secado A y B).

ANOVA			
Profundidad (cm)	Tratamientos	Subtratamientos	Tratamientos*Subtratamientos
0-20	Ns	Ns	Ns
20-40	Ns	Ns	Ns
40-60	Ns	Ns	Ns
0-60	Ns	Ns	Ns

Tabla 4. Análisis de la varianza del contenido de agua útil (mm) fecha (24/11/2021) para los tratamientos (intensidad de pastoreo IA, IB y SP) y subtratamientos (fecha de secado A y B).

ANOVA			
Profundidad (cm)	Tratamientos	Subtratamientos	Tratamientos*Subtratamientos
0-20	**	Ns	Ns
20-40	Ns	Ns	Ns
40-60	Ns	**	Ns
0-60	Ns	**	**

Tabla 5. Análisis estadístico de la distribución de tamaño de poros para cada tratamiento y profundidad de muestreo.

Variable	Profundidad	Tratamientos		
		IA	IB	SP
DA (Mg/m³)	0-20	1,4 A	1,2 B	1,2 B
	20-40	1,2 A	1,2 A	1,2 A
	40-60	1,2 A	1,2 A	1,2 A
PT (%)	0-20	40,0 A	49,0 A	52,3 A
	20-40	46,0 A	44,7 A	46,0 A
	40-60	46,0 A	48,7 A	45,3 A
Macroporos (>9 μm)	0-20	10,0 B	21,7 A	23,7 A
	20-40	14,5 A	13,7 A	15,0 A
	40-60	16,5 A	19,0 A	15,3 A
Mesoporos (9-0,2 μm)	0-20	12,2 A	9,5 A	10,7 A
	20-40	13,3 A	13,1 A	13,8 A
	40-60	12,5 A	11,9 A	12,7 A

PT: Poros Totales; DA: Densidad Aparente. Para cada variable y profundidad, letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Tabla 6. Análisis de la varianza de la biomasa (kg MS/ha) generada por el cultivo de maíz para cada tratamiento y subtratamiento.

ANOVA	
Tratamiento	Ns
Subtratamiento	*
T*S	Ns