

REGION CREA SANTA FE CENTRO

EVALUACION DE ESPECIES SIN FINALIDAD DE COSECHA - CULTIVOS DE SERVICIO

Campaña 21-22

Autores:

Ings. Agrs. Guillermo Martin¹, Paula Giorgis^{1,2}, Nicolás Cignetti^{1,2}, Gabriel Milanesio¹, Carolina Nicola¹ y Doria Turchi²

1: integrantes del equipo de ensayistas de la Región CREA Santa Fe Centro

2: coordinadores de la Comisión de Agricultura de la Región CREA Santa Fe Centro



Resumen del presente trabajo

Hace ya algunos años, los Cultivos de Servicio (CS) se presentaron como una alternativa posible de incorporar a los sistemas de producción de la región Santa Fe Centro. Principalmente los CS otoño invernales, capaces de sustituir los barbechos químicos entre dos cultivos de verano. En este ensayo y por quinto año consecutivo, la Comisión de Agricultura de la Región CREA Santa Fe Centro evalúa esta tecnología en dos localidades representativas tanto de la sub región norte como la sub región sur, Eusebia (EU) y Loma Alta (LA), con trece tratamientos que incluyen a las especies hasta ahora más exitosas en la Región, buscando profundizar el estudio sobre pautas de manejo de las mismas como uso de mezclas, densidad de siembra, oportunidad y método de siembra (tradicional y voleo adelantado), comparación con trigo cosecha, oportunidad de finalización, etc.

En el sitio Loma Alta (sub región sur RSFC) los stands de plantas medidos sobre las franjas implantadas tanto en siembra directa como al voleo (con el debido ajuste en cantidad de semilla entregada), ya sean los tratamientos puros (gramíneas o leguminosas) como las mezclas (gramíneas / leguminosas / crucíferas) lograron valores acordes a la densidad objetivo, hecho favorecido en gran medida por el nivel de humedad del suelo al momento de realizar las implantaciones.

Se evaluaron dos instancias de finalización de los tratamientos. Al momento del primer secado (129 DDS) a excepción de la Vicia villosa todos los tratamientos puros (gramíneas) se encontraban en estado reproductivo; y en las mezclas al menos una de las especies de cultivo de servicio se encontraba en floración. Todos los tratamientos, salvo los compuestos por Vicias puras, superaron en la primera evaluación de corte el valor tomado como aceptable de 4000 kg/ha de MS. Las Vicias puras alcanzaron dicho nivel en el segundo momento evaluado para el corte (158 DDS), ya habiendo llegado a floración plena y manteniendo en ambas instancias el menor %MS de todos los tratamientos evaluados.

Salvo los trigos evaluados, todos los tratamientos mostraron valores de cobertura superiores al 70% en estado reproductivo. En dicha instancia todos los tratamientos arrojaron valores de control de emergencia de malezas superiores al 90% con respecto al testigo.

Los tratamientos conformados por mezclas de especies fueron los de comportamiento mejor balanceado en cuanto a costo hídrico y eficiencia del uso del agua para la producción de biomasa. Como cultivo puro la Avena strigosa llegó más rápido a estados reproductivos avanzados, siendo el primer tratamiento en reducir la extracción de agua del perfil. En cuanto a la capacidad de recarga de las franjas, luego de finalizado el ensayo, la franja correspondiente al Centeno mostró la mayor eficiencia de barbecho siendo esta de 92%.

El sitio Eusebia (sub región norte RSFC) debido al efecto antecesor y la escasa recarga presiembra del perfil, sufrió un retraso notorio en la fecha de implantación que puso en riesgo el alcance de un adecuado stand de plantas. A pesar de ello, salvo en el caso de las mezclas gramíneas con leguminosas, el resto de los tratamientos resultaron con mediciones buenas a aceptables para este parámetro.

Durante el desarrollo del ensayo las precipitaciones no se reanudaron en el sitio. Todos los factores comentados colaboraron para que se alcanzaran bajísimas producciones de MS/ha. A pesar de ello, el control de malezas presentó altos valores, explicado esto por la misma ausencia de precipitaciones que impidieron la germinación y emergencia de malezas.

Todos los tratamientos mostraron baja eficiencia en el uso del agua en este sitio por la escasa producción de MS, siendo las gramíneas puras más adelantadas fenológicamente los tratamientos de mayores costos hídricos, tal como en el sitio Loma Alta.

Contenido

Introducción	pg. 3
Ubicación y caracterización de los sitios	pg. 4
Materiales y métodos	pg. 10
Resultados sitio Loma Alta	
Stand de plantas	pg. 15
Producción de Materia seca	pg. 17
Cobertura y control de malezas	pg. 28
Costo hídrico, EUA y recarga del perfil	pg. 29
Resultados sitio Eusebia	
Stand de plantas	pg. 36
Producción de Materia seca	pg. 37
Cobertura y control de malezas	pg. 39
Costo hídrico, EUA	pg. 40
Ideas finales	pg. 41
Agradecimientos	pg. 43
Fuentes de consulta	pg. 44

Introducción

Los cultivos de servicio (CS) son normalmente especies establecidas entre dos cultivos de verano, no son pastoreados, ni incorporados, ni cosechados, sino que se finaliza su ciclo de manera programada utilizando diferentes métodos, quedando la materia seca generada en superficie protegiendo al suelo y liberando nutrientes como resultado de procesos de degradación de la biomasa aérea y radical (Fernández et al, 2007).

Los CS en los sistemas de producción agrícola constituyen una herramienta estratégica para mitigar o controlar la lixiviación de nitrato (Mary et al., 1996; Dinnes et al., 2002; Thorup-Kristensen et al., 2003; Constantin et al., 2010). No obstante, estos pueden reducir la cantidad de agua almacenada en el perfil del suelo, y, si las precipitaciones posteriores al secado no son suficientes para recargarlo, pueden afectar negativamente los rendimientos del cultivo de cosecha (Unger y Vigil, 1998; Reicosky y Forcella, 1998).

La introducción de CS en sistemas podría constituir una alternativa para mejorar la eficiencia en el uso del agua y del N. Es necesario conocer el comportamiento de diferentes especies de CS al momento del secado para definir su elección y posterior implementación en la rotación.

El grueso de los cultivos de verano se cosecha en el período de febrero-marzo-abril y la siembra del próximo cultivo ocurre entre septiembre y diciembre, con lo cual el período de barbecho se extiende entre 5 y 10 meses, siendo lo más frecuente una duración de 7 a 8 meses. Durante un período tan largo es altamente probable la ocurrencia de procesos de pérdida del agua almacenada en el suelo. Las pérdidas de agua en los barbechos largos bajo SD justificarían la inclusión de un CS invernal, ya que de esta manera se utiliza el agua disponible para generar cobertura y aumentar el aporte de carbono al sistema (Basanta et al., 2008). Un cultivo de CS gramínea sembrado a inicios de otoño llega a inicio de encañazón (y por ende al momento de tomar la decisión de finalizarlo) en agosto o septiembre, previo al comienzo de las lluvias de primavera. Esto permite la adecuada recarga del perfil hasta la siembra del cultivo de verano sucesor.

Los CS contribuyen a la fijación de carbono, facilitan el control de malezas, y reciclan nutrientes. Pero requieren a su vez ser muy cuidadosos con el seguimiento del consumo de agua almacenada que realizan durante su desarrollo, ya que de descuidar este factor especialmente en años con escasas precipitaciones, puede afectar negativamente la disponibilidad de agua para el cultivo siguiente (Andriulo y Cordone, 1998, Salas et al., 2005). Si no existe recarga del perfil durante el período de barbecho posterior al CS, podría transformarse en una limitante para el cultivo principal (Stute y Posner, 1995). Rufo, (2003) sostiene que, la decisión de finalizar el crecimiento de los CS debe adaptarse a dos premisas fundamentales:

- * Lograr la acumulación de biomasa que garantice cobertura, control de malezas y aporte de C.
- * Ajustarse a las precipitaciones de la región con la finalidad de garantizar la recarga del perfil.

Teniendo en cuenta la necesidad de ganar estabilidad en nuestras rotaciones y buscar formas de manejar de manera alternativa factores como la población de malezas, dinámica de nutrientes, etc., la Comisión de Agricultura de la Región CREA Santa Fe centro, por quinto año consecutivo en la campaña 21 – 22 realizó dos módulos de experimentación de diferentes estrategias de manejo de CS.

Ubicación de los sitios

En esta campaña se instalaron en la Región Santa Fe Centro dos sitios de evaluación de cultivos de servicios. Uno al norte de la Región (Eusebia), perteneciente a la empresa Raúl Beltramino de la

localidad de Eusebia (CREA Rafaela) y otro al sur (Loma Alta) perteneciente a la empresa Néstor Drusini SA de la localidad de Gálvez (CREA San Martín de las Escobas – Colonia Belgrano).



Imagen n°1: Ubicación de los sitios de evaluación de cultivos de servicio en la campaña 2021/2022.

Caracterización de los sitios

Sitio	Ubicación		Suelo			Antecesor	Fecha siembra	
	Latitud Sur	Longitud Oeste	Serie	Clase	IP		Voleo	Siembra Directa
Loma Alta	31°58'00.48''	61°10'29.64''	LOA	I	90	Avena Strigosa / Soja 2da	30/04/2021	19/05/2021
Eusebia	30°55'39.51''	61°50'14.30''	EUS	2/3	74	Maíz picado silo	-----	04/06/2021

Tabla n°1: Características de cada sitio.

El sitio Loma Alta se implantó en un suelo Serie Loma Alta (LOA), Argiudol típico de buen drenaje, con textura del horizonte superficial franco-arcillo-limosa (32% Arcilla (<2u) / 64.5% Limo (2–50u) / 3.5% Arena (>50u)). Fuente: http://rafaela.inta.gov.ar/mapas/suelos/_series/. Nota: **u** simboliza al **micrón**. 1u = 0.001 milímetro.

Loma Alta recibió, sobre el cultivo de Soja 20/21 en pie en estado fenológico R8 (maduración completa), una aplicación de glifosato de 2 lt/ha (66 %; Eq Ac 54 % p/v) el día 27/04/2021.

La siembra al voleo se realizó 3 días después, el 30/04/2021, con sembradora/fertilizadora neumática (marca Altina; gentileza: Néstor Drusini SA) quedando implantados los tratamientos 14 días antes de la cosecha del mencionado cultivo antecesor en pie. La siembra con sembradora se llevó a cabo 19 días después de la siembra realizada al voleo, utilizando una máquina de dosificación a chorrillo con un espaciamiento entre surco de 19.1 cm. Las semillas de las gramíneas, nabo ("Tillage Radish" Rábano Labrador) y la leguminosa vicia villosa en este sitio fueron tratadas con insecticida y fungicida, esta

última recibió además tratamiento de inoculante específico. Las dosis de los productos utilizados fueron: insecticida imidacloprid (60%) 40 cm³ cada 40 kg, fungicida fluxapyroxad (33,3 g/100ml) 40 cm³ cada 40 kg y fungicida triticonazole (10 g/100ml) 12 cm³ cada 40 kg. La vicia adiciona además 120 cm³ cada 40 kg de semilla de inoculante.

En este sitio además se realizó la siembra de trigo ciclo corto el 22/06/2021 como cultivo de servicio, quedando implantado las 2 repeticiones del diseño 53 días después a la siembra de Altina y 34 días después a los demás tratamientos con máquina sembradora en directa, el tratamiento para este trigo fue diferente por cuestiones logísticas recibiendo una dosis de fungicida de 60 cm³/100 kg de una mezcla comercial diniconazole - M (3.2%) + metil tiofanato (40 %); insecticida Imidacloprid (60%) 40 cm³/40 kg; promotor de crecimiento 500 cm³/100 kg (6.5% Zn quelatado). A este trigo ciclo corto además se lo sembró con la aplicación a la siembra de 100 kg/ha Mezcla (65% MAP + 35% Azufertil).

Por su parte el sitio Eusebia recibió previo a su implantación una aplicación de 2 lt/ha de herbicida Paraquat (27.6 gr/100ml; Eq Ac 20 gr/100ml) y su siembra se realizó en un suelo Serie Eusebia, Argiudol Acuico de drenaje moderadamente bueno y textura del horizonte superficial franco-arcillo-limosa (29.81% Arcilla (<2u) / 67.87% Limo (2–50u) / 2.32% Arena (>50u)). Fuente: http://rafaela.inta.gov.ar/mapas/suelos/_series/. Nota: **u** simboliza al **micrón**. 1u = 0.001 milímetro. Los Argiudoles Acuicos son Argiudoles que presentan moteados dentro de los 40 cm superiores (**moteado**: manchado con lunares o motas de color, ocurre porque se reduce el Fe⁺³ (férrico – pardo rojizo) a Fe²⁺ (ferroso – gris), que se da por la alternancia de condiciones oxidantes cuando el agua desplaza el oxígeno y reductoras cuando sucede el proceso inverso), y/o, caras de los bloques bien lixiviadas que caracterizan un horizonte B y A o A y B entre el A1 y el B2t (**lixiviación**: desplazamiento de sustancias solubles o dispersables como arcilla, sales, humus causada por el movimiento del agua en el suelo).

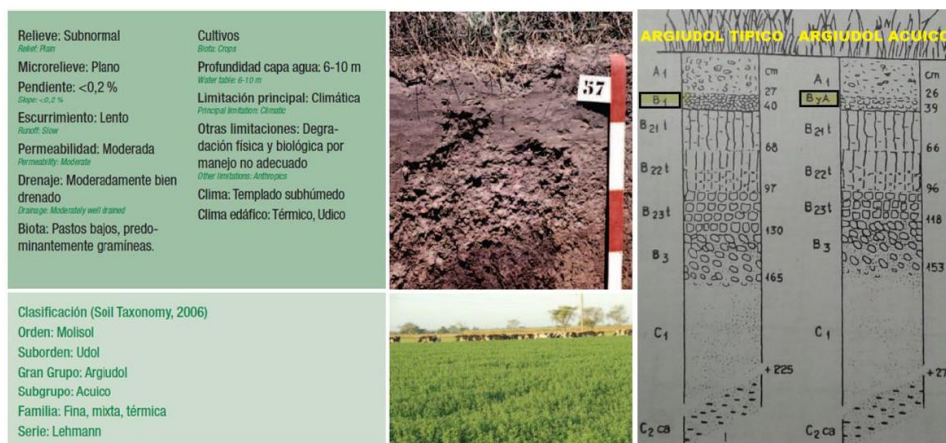


Imagen n°2 y 3: 2) Perfil cultural de un suelo Argiudol Acuico. Fuente: Libro Argentina. 200 años 200 suelos. José Luis Panigatti. 3) Imagen adaptada de Cátedra UNL – FCA José Alberto de Orellana, Miguel Ángel Pilatti. Año 2006.

A continuación se muestran resultados de análisis químico y agua útil de ambos sitios al momento de su implantación:

Agua útil	Fecha de medición	
	18/05/21	14/06/21
	Loma Alta (mm)	Eusebia (mm)
hasta 100 cm	144	82.1
hasta 150 cm	224	143.4
hasta 200 cm	299	198.7

Tabla n°2: resultado de agua útil. Fecha de toma de muestra Sitio Loma Alta 18/05/2021. Fecha de toma de muestra Sitio Eusebia 14/06/2021.

La tabla n° 2 muestra las reservas hídricas disponibles al inicio de la siembra. En términos prácticos un suelo en capacidad de campo en nuestra Región tiene un contenido de agua útil por metro de profundidad entre 150 a 180 mm, siendo este estado muy bueno para iniciar la campaña de cultivos de invierno. En el caso del sitio **Loma Alta** se puede decir que el estado al metro del perfil es **adecuado** (120 a 150 mm/m), cercano a capacidad de campo; mientras que para el caso del sitio **Eusebia** es **muy escaso** (60 a 90 mm/m).

Nota: más que el concepto de capacidad de campo (CC), nos interesa el valor numérico del análisis de agua útil, ya que en la práctica lo asociamos a un **punto biológico óptimo** para el cultivo (rango **150 a 180 mm/m**), eso nos indica **máxima disponibilidad de agua para las plantas con aire presente**.

Capacidad de campo (CC) por definición es un concepto técnico que indica el agua que hay almacenada en el suelo una vez que ha drenado el excedente, medida unas 24 a 48 horas después de saturación del suelo. En ese estado CC solo los microporos tienen agua, habiéndose drenado la contenida en los poros de mayor diámetro. **Nota:** microporo: poro con diámetro menor a 50 u; macroporo: poro con diámetro mayor a 50 u (u simboliza al micrón. 1u = 0.001 milímetro).

Seguidamente se adjunta el criterio de clasificación para realizar dicha descripción:

Contenido Agua útil / m		Clasificación del estado
mm	Capacidad de campo	
↓ 0 - 60	< 33	Crítico
↘ 60 - 90	33 - 50	Muy escaso
→ 90 - 120	50 - 67	Escaso
↑ 120 - 150	67 - 80	Adecuado
↑ 150 - 180	80 - 100	Muy bueno
↑ > 180	> 100	Exceso

Tabla n°3: criterio de intervalos de reservas elegidos. Fuente: Estimación de rendimientos de trigo a partir del agua almacenada en el centro de Santa Fe. Jorge L. Villar, INTA-EEA Rafaela.

Fuente:http://rian.inta.gov.ar/Boletines/Articulos/Documentos/Economia_agua_produccion_de_trigo_2009.pdf

Determinación		Loma Alta	Eusebia	Rango Adecuado
pH actual (en agua)		6.00	6.04	6.6 a 7.2
Carbono Orgánico (Walkley - Black)	%	1.37	1.61	
Materia Orgánica (Walkley - Black)	%	2.36	2.78	2.6 a 3.2
Nitrógeno Total (calculado a partir de MO)	%	0.12	0.153	0.14 a 0.15
Nitrógeno de Nitratos (Harper mod.)	ppm	4.65	6.7	16 a 20
Fósforo asimilable (Bray - Kurtz I)	ppm	14.50	21.6	18 a 30
Azufre de sulfatos (Turbidimétrico)	ppm	6.64	7.9	10 a 15

Tabla n°4: resultados de análisis químico. Fecha de toma de muestra Sitio Loma Alta 31/05/2021. Fecha de toma de muestra Sitio Eusebia 15/06/2021. Rangos: Metodología de clasificación visual según fuente: INTA Proyecto Diagnostico, Reposición de Nutrientes y Tecnología de la Fertilización. Proyecto Nutrición Mineral de Cultivos, Biofertilidad y remineralización. Proyecto Agricultura de Precisión. Proyecto Regional de Granos SANFE02. Información preparada por los Ings. Agrs. Sebastián Gambaudo y Hugo Fontanetto. INTA Rafaela.

Sitio	Densidad aparente (tn/m ³)	Kg C/ha (0 a 20 cm)	Kg MO/ha (0 a 20 cm)
Loma Alta	1,33	36442	62776
Eusebia	1,39	44758	77284

Tabla n°5: valores de carbono (C) y materia orgánica (MO) expresada en Kg/ha (kilogramos/ha). tn/m³: toneladas/metro cubico.

A continuación se detalla para el lector la metodología de cálculo de los valores consignados en las columnas kg C/ha y kg MO/ha de la tabla n°5:

Densidad aparente = masa de suelo/volumen de suelo

Densidad suelo Loma Alta = 1.33 tn/m³

Profundidad de muestreo = 0.20 metro

1 hectárea = 10000 m²

Calculo masa de suelo a 0.2 metro de espesor:

1.33 tn/m³ = masa de suelo/(0.20 m x 10000 m²)

1.33 tn/m³ = masa de suelo/2000 m³

Masa de suelo = 1.33 tn/m³ x 2000 m³ = 2660 tn

Relación:

1 Tn -----1000 kg

2660 tn -----2 660 000 kg de suelo

Carbono, C (kg/ha):

1.37 % C son 1.37 kg en 100 kg de suelo

1.37 kg C -----100 kg de suelo

¿? Kg C ----- 2 660 000 kg de suelo

36442 kgC/ha = (1.37 x 2660000)/100

Materia orgánica, MO (kg/ha):

2.36 % MO son 2.36 kg en 100 kg de suelo

2.36 kg MO -----100 kg de suelo

¿? Kg MO ----- 2 660 000 kg de suelo

62776 kgMO/ha = (2.36 x 2660000)/100

Densidad suelo Eusebia = 1.39 tn/m³

Profundidad de muestreo = 0.20 metro

1 hectárea = 10000 m²

Calculo masa de suelo a 0.2 metro de espesor:

1.39 tn/m³ = masa de suelo/(0.20 m x 10000 m²)

1.39 tn/m³ = masa de suelo/2000 m³

Masa de suelo = 1.39 tn/m³ x 2000 m³ = 2780 tn

Relación:

1 Tn -----1000 kg

2780 tn -----2 780 000 kg de suelo

Carbono, C (kg/ha):

1.61 % C son 1.61 kg en 100 kg de suelo

1.61 kg C -----100 kg de suelo

¿? Kg C ----- 2 780 000 kg de suelo

44758 kgC/ha = (1.61 x 2780000)/100

Materia orgánica, MO (kg/ha):

2.78 % MO son 2.78 kg en 100 kg de suelo

2.78 kg MO -----100 kg de suelo

¿? Kg MO ----- 2 780 000 kg de suelo

77284 kgMO/ha = (2.78 x 2780000)/100

Precipitaciones

Se observan a continuación las lluvias de los dos sitios de ensayos de cultivos de servicio para la campaña de cultivos de inviernos 2021/2022.

El sitio Eusebia presentó 0mm como registro pluviométrico en cuatro meses seguidos de Mayo a Agosto. Esta ausencia de precipitaciones comprometió la entrega de biomasa aérea y radicular de los CS evaluados, afectando el crecimiento de los tratamientos. En el mismo período el sitio Loma Alta recibió 100mm, por lo que el arranque del mismo se dio con un adecuado nivel de reservas de agua.

Seguido se grafica lo observado en la tabla n° 6, en el mes de marzo se ve graficado que las lluvias en el sitio Loma Alta fueron un 102% más que el promedio histórico de referencia de INTA Rafaela y en Abril un 20% mayor. En el mes de Julio se muestra otra vez que es superado el promedio histórico de precipitaciones siendo en este caso en un 41% más.

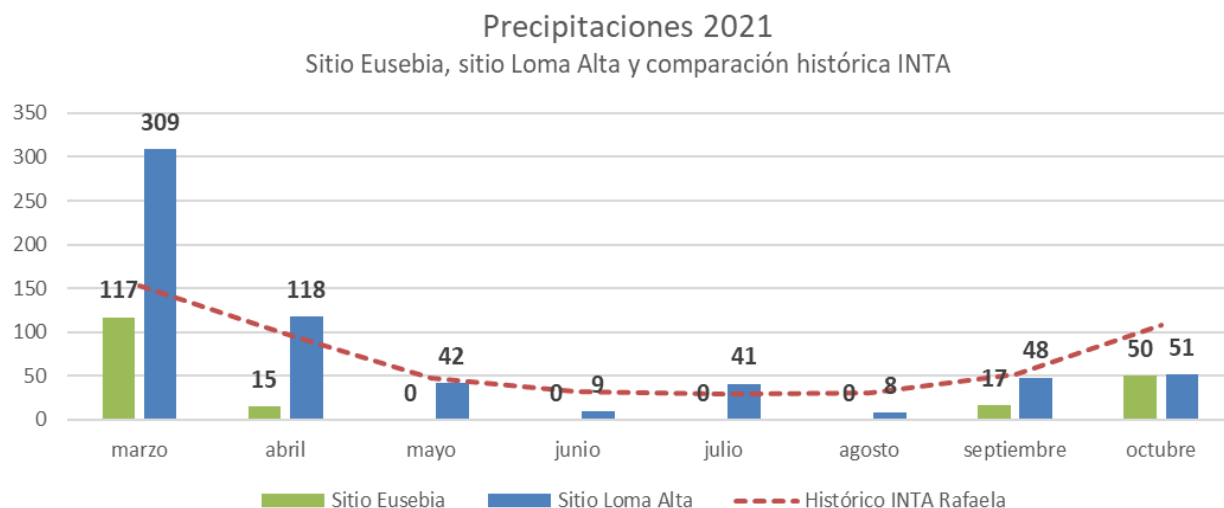


Gráfico n°1: Precipitaciones en los sitios de ensayos de cultivos de servicio. Año 2021. Campaña 2021/2022.

Meses		Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre
Eusebia		117	15	0	0	0	0	17	50
Loma Alta		309	118	42	9	41	8	48	51
Histórico (INTA Rafaela)		153	98	47	32	29	30	51	108
Eusebia	diferencia de la media en mm	-36	-83	-47	-32	-29	-30	-34	-58
	% de la media Histórica en + o en -	-24%	-85%	-100%	-100%	-100%	-100%	-67%	-54%
Loma Alta	diferencia de la media en mm	156	20	-5	-23	12	-22	-3	-57
	% de la media Histórica en + o en -	102%	20%	-11%	-72%	41%	-73%	-6%	-53%

Tabla n°6: Precipitaciones en los sitios de ensayos de cultivos de servicio. Año 2021. Campaña 2021/2022. Diferencia de la media en mm (Lluvias del mes – Media Histórica INTA Rafaela). % de la media de Histórica en + o en – ((Diferencia de la media en mm / Media Histórica INTA Rafaela) x 100)

Materiales y métodos

1- Diseño de los tratamientos:

El diseño de los módulos de ensayo fue en grandes franjas apareadas (mínimo 150 m de largo, y ancho de sembradora) de cada especie o mezcla de especie evaluada, realizándose dos repeticiones de cada tratamiento. Los tratamientos propuestos para evaluar fueron:

Tecnología de siembra	Tratamiento	Kg semilla/ha
Siembra directa	Nabo/Vicia villosa/Centeno	10 + 15 + 20
	Avena strigosa/Vicia villosa	25 + 20
	Avena strigosa 50	50
	Centeno 60	60
	Trigo CC	145
	Vicia villosa/Centeno	20 + 25
	Trigo CL	135
	Vicia 30	30
	Vicia 15	15
Voleo (*)	Vicia villosa/Avena strigosa	20 + 25
	Centeno 60	60
	Avena 70	70
	Vicia 30	30

Tabla n°7: Tratamientos evaluados en la campaña 2021/2022.

(*) Los tratamientos de siembra neumática al voleo (con el sistema marca Altina) se evaluaron sólo en el sitio de Loma Alta.

2- Actividades desarrolladas

Las actividades desarrolladas bajo la conducción del Equipo Ensayista de la Comisión de Agricultura de Región CREA Santa Fe Centro en cada localidad, con sus respectivas fechas, se detallan en las siguientes tablas n° 8 y 9:

❖ Sitio Loma Alta

Fecha	Loma Alta
27/04/2021	Aplicación herbicida sobre soja en pie (E.F.: R8)
30/04/2021	Siembra al voleo sobre soja en pie
14/05/2021	Cosecha de soja
18/05/2021	Análisis agua útil
19/05/2021	Siembra directa de los tratamientos
31/05/2021	Análisis químico de suelo
26/06/2021	Recuento de plantas establecidas
25/09/2021	Estimación de materia seca y % enmalezamiento

26/09/2021	Secado mitad de las fajas
29/09/2021	Análisis agua útil, C (*), CH (**), EUA (***) .
24/10/2021	Estimación de materia seca
26/10/2021	Secado otra mitad de las fajas
26/10/2021	Análisis agua útil, C (*), CH (**), EUA (***) .
17/12/2021	Análisis agua útil (capacidad de almacenaje de agua)

Tabla n°8: Actividades realizadas en el sitio Loma Alta con sus respectivas fechas. (*) consumo total de agua. (**) costo hídrico. (***) eficiencia de uso del agua.

❖ Sitio Eusebia

Fecha	Eusebia
01/06/2021	Aplicación herbicida pre siembra
04/06/2021	Siembra directa de los tratamientos
14/06/2021	Análisis agua útil
15/06/2021	Análisis químico de suelo
12/07/2021	Recuento de plantas establecidas
24/09/2021	Estimación de materia seca y % enmalezamiento
27/09/2021	Análisis agua útil, C (*), CH (**), EUA (***) .

Tabla n°9: actividades realizadas en el sitio Eusebia con sus respectivas fechas. (*) consumo total de agua. (**) costo hídrico. (***) eficiencia de uso del agua.

3- Stand de plantas y cobertura vegetal:

Luego de la siembra y posterior emergencia de los cultivos implantados en cada localidad se procedió a realizar el conteo del stand de plantas logradas en cada tratamiento. En Loma Alta la realización de esta actividad fue el 26/06/2021 (57 días después de la siembra al voleo con máquina Altina y 38 días después de la siembra con la tecnología de siembra directa de los tratamientos), y en Eusebia fue el 12/07/2021 (38 días después de la siembra).

Este parámetro se considera de relevancia como indicador de la capacidad posterior del cultivo de general la biomasa y cobertura buscadas.

4- Producción de materia seca:

Para determinar la producción de materia seca de cada parcela, se procedió a obtener una muestra representativa de cada tratamiento a través de un aro de 0,25 m², esto se repitió cuatro veces para llevar el valor a 1 m², luego se lo multiplica por 10000 para llevarlo a hectárea. De esta manera obtenemos la producción expresada en kg materia verde/ha. Posteriormente la muestra es llevada a peso seco a

través de un microondas. De esta manera realizando esta fórmula: **$[(\text{peso seco}/\text{peso húmedo}) * 100]$** se obtuvo el % de materia seca de cada tratamiento.

En Loma Alta se realizó la medición de materia seca de cada tratamiento el día 25/09/2021 (148 días después de la siembra con maquina Altina y 129 días luego de la siembra directa) y en Eusebia el 24/9 (112 días después de la siembra).

El 26/10/2021 se realizó en el sitio Loma Alta una segunda medición de materia seca de cada tratamiento.

5- Control de malezas:

Para evaluar la presencia de malezas y poder cuantificarlas se utilizó la escala que se detalla en la tabla n°10, donde se evalúa cada franja tratamiento en comparación a la franja de barbecho químico (Fuente: Protocolo Red de Cultivos de Servicio Aapresid 2018/2019)

0%	Sin control (la parcela no presenta diferencias con respecto al testigo)
10% a 40%	Control malo
50%	Control pobre (la parcela tiene la mitad de malezas que el testigo absoluto)
60% a 70%	Control regular
80% - 90%	Control satisfactorio (aún con malezas presentes, conformidad de control)
100%	Control excelente (no hay malezas presentes)

Tabla n°10: Escala utilizada para la evaluación de malezas.

6- Consumo de agua:

Este parámetro cobra importancia dado el impacto provocado en el corto plazo en el sistema, alterando de manera directa las condiciones de producción para el cultivo de cosecha sucesor. Tanto por su capacidad de consumir agua del perfil en caso de excedentes hídricos, como por la de crear las condiciones físicas adecuadas para una recarga más eficiente del mismo en situaciones de déficit de precipitaciones, el momento y el método empleado para la interrupción del CS constituyen pilares fundamentales de su adecuado manejo en cuanto al consumo de Agua Útil disponible.

En Loma Alta el día 29/09/2021 se realizó el análisis de agua útil a una profundidad de 2 mts estando los tratamientos gramíneas en floración y los tratamientos leguminosas en vegetativo; posteriormente en la fecha 26/10/2021 se realizó nuevamente el análisis de agua útil a una profundidad de 2 mts estando los tratamientos gramíneas entre grano lechoso a pastoso y los tratamientos leguminosa en floración.

A continuación se muestra a modo ilustrativo el estado de los cultivos en la tabla n° 11, las fechas en la tabla difieren debido a que son las del día de observación de estado fenológico de los tratamientos y no la de realización del análisis de agua útil:

Tratamiento	Fecha 25/09/2021	Fecha 24/10/2021
Avena	Floración	Grano pastoso a duro
Avena/Vicia	Floración / Vegetativo	Grano pastoso a duro / Floración
Centeno	Floración	Grano pastoso
Nabo/Vicia/Centeno	Floración+Fructificación /Vegetativo/Floración	Floración+Fructificación/Floración/Grano pastoso
Trigo CC	Espigazón	Grano acuoso
Trigo CL	Floración	Grano lechoso
Vicia	Vegetativo	Floración
Vicia/Centeno	Vegetativo / Floración	Floración / Grano pastoso

Tabla n°11: estado vegetativo y reproductivo de los tratamientos Loma Alta al momento de análisis de agua útil.

En la localidad de Eusebia el día 27/09/2021 se realizó el análisis de agua útil a una profundidad de 2 metros, a los 115 días de la siembra de los tratamientos.

Para la caracterización de los distintos parámetros de la economía del agua de los distintos tratamientos se utilizaron las siguientes fórmulas:

COSTO HIDRICO: [AU secado CS – AU secado testigo]

EUA: [kg MS/uso consuntivo*]

(*) uso consuntivo: [(AU inicio + precipitaciones ciclo) – AU final]

7- Capacidad de recarga del perfil luego de cada tratamiento:

En Loma Alta, sobre el cultivo sucesor Soja de segunda en inicio de V3, el día 17/12/2021, se realizó otro análisis de agua útil a 2 mts de profundidad para continuar la evaluación de la capacidad de recarga del perfil de cada tratamiento luego del quemado del CS. El período evaluado fue **“secado al momento de floración a V2 inicio de V3 de la soja de segunda”**. Solo se realizó en los tratamientos más difundidos en la zona, los cuales son Vicia villosa, Avena strigosa, Centeno y Vicia villosa/Avena strigosa, y se utilizaron las fajas sembradas con Altina ya que la cobertura en materia seca era tanto con sembradora como con Altina mayor a 5000 kg MS/ha al momento de floración (recordar que los modelos zonales buscan valores de producciones objetivos dentro de los 4000 – 4500 kgMS/ha).

Para especificar lo mencionado los piques para análisis de agua útil se realizaron sobre las fajas quemadas al momento de floración, primer quemado Avena strigosa, Centeno, y la mezcla Vicia villosa/Avena strigosa (al menos una especie florecida). Estos tres tratamientos tuvieron un mes más de recarga (29 días más para ser preciso) que la Vicia villosa ya que se utilizó la faja de segundo momento de quemado para el muestreo (momento de floración total de la Vicia villosa).

A estos valores se los comparó con el testigo aplicado con herbicida al momento del primer quemado de los tratamientos, teniendo este testigo 29 días más de recarga que la Vicia villosa al igual que el resto.

Resultados

1- Sitio Loma Alta

1.a Stand de plantas - Fecha 26/06/2021

Los stands de plantas medidos sobre las franjas implantadas tanto en siembra directa como al voleo, ya sean los tratamientos puros (gramíneas o leguminosas) como las mezclas (gramíneas / leguminosas / crucíferas) lograron valores acordes a la densidad objetivo. Con menor stand de plantas, la Avena strigosa logró una mejor performance de producción que el Centeno y el Trigo. Los valores de las Vicias villosas se encontraron dentro de los recomendados 45 – 55 pl/m².

Tecnología de siembra	Tratamiento	Kg/ha	pl/m (especies)	pl total/m	pl/m ²
Siembra directa	Vicia 15	15	9.2	9.2	48
	Vicia 30	30	10.7	10.7	56
	Avena strigosa/Vicia villosa	25 +20	10 + 8.2	18.2	96
	Avena strigosa 50	50	20	20	105
	Nabo/Vicia villosa/Centeno	10 + 15 + 20	4.25 + 4.7 + 11.2	20.15	106
	Vicia villosa/Centeno	20 + 25	5.7 + 15.7	21.4	113
	Centeno 60	60	33	33	174
	Trigo CL	135	34.5	34.5	182
	Trigo CC	145	55.4	55.4	292
Voleo	Vicia 30	30	4.8	4.8	48
	Vicia villosa/Avena strigosa	20 + 25	3.5+3	6.5	64
	Avena 70	70	11.3	11.3	112
	Centeno 60	60	13.8	13.8	137

Tabla n°12: plantas por metro cuadrado (pl/m²) sitio Loma Alta. **Para sembradora:** Pl/m: plantas por metro lineal (prom. 3 recuentos). Pl/m²: [(1/0.191 m EES)*Pl/m]. EES: espaciamiento entre surco. **Para Voleo:** recuento de pl/m² con aro.



Imagen n° 4, 5 y 6: triple mezcla Nabo/Vicia villosa/Centeno, plántula/s de Vicia villosa.

La Vicia villosa y las gramíneas tuvieron una muy buena performance en el establecimiento de plántulas/m² al ser sembradas al voleo con máquina Altina, a pesar de su característica de germinación hipogea.

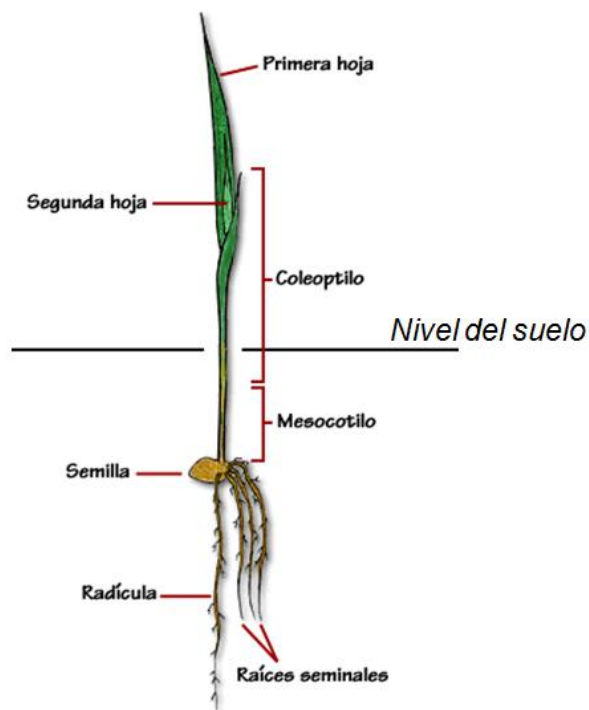


Imagen n°7 y 8: 11) Germinación hipogea de Vicia y Gramínea. Cotiledones debajo del suelo. Plántula normal de Vicia: Fuente Laboratorio de Semillas INTA Oliveros, con nivel de suelo añadido a la foto. 12) Foto de la germinación y emergencia de una plántula de gramínea.



Imagen n°9: Emergencia de plántula de Nabo. Siembra al voleo sitio Loma Alta



Imagen n°10: Siembra directa. Línea de siembra de la triple mezcla Nabo/Vicia villosa/Centeno



Imagen n°11: Siembra al voleo de Vicia villosa con máquina Altina.

1.b Producción de Materia seca (MS)

La producción de MS de un cultivo de servicio se encuentra acotada a la ventana de crecimiento delimitada por la fecha de siembra y el secado. Por lo tanto, el momento de secado de un cultivo de servicio determina, en parte, cuánta cantidad de N puede ser fijado por una leguminosa y cuánto residuo del cultivo de servicio quedará en la superficie del suelo (Clark *et al.* 1995).

Para Vicia villosa como regla práctica de campo se toma como valor aceptable una fijación de un 2% de N cada 1000 kgMS/ha. Según la bibliografía “Vicias: Bases agronómicas para el manejo en la Región Pampeana. Editor: Juan Pablo Renzi. Editor Asociado: Miguel Angel Cantamutto. INTA”, para una amplia diversidad de condiciones ambientales se halló que Vicia villosa acumula aproximadamente 36 kg N/ha por tonelada de MS.

Teniendo en cuenta que la fijación biológica de N en leguminosas anuales alcanza su máxima tasa en floración (Sustainable Agriculture Network 1998), el momento de secado de un cultivo de servicio de Vicia villosa, debería ser cercano a dicho estado fenológico, y de esta manera se evitaría la translocación del N fijado en la MS a los órganos reproductivos.

La producción total de biomasa aérea de la leguminosa al momento de secado es más importante que su concentración de Nitrógeno (Holderbaum *et al.* 1990), ya que ésta última se mantiene casi constante. Un retraso de dos semanas en el control de un cultivo de servicio de Vicia villosa en primavera, permite incrementar la cantidad de MS producida y, por lo tanto, aumentar significativamente la acumulación de nitrógeno en la biomasa del mismo (Sainju y Singh 2001, Vanzolini 2011); la tasa de acumulación de materia seca para el período considerado fue de 240 kg MS por día por ha.

En el sitio Loma Alta, como se indicó anteriormente, se realizó la estimación de MS/ha en dos fechas. A continuación se muestra la tabla de los tratamientos con su respectivo estado fenológico al momento de la estimación:

Tratamiento	Fecha 25/09/2021	Fecha 24/10/2021
Avena strigosa 50	Floración/Grano acuoso	Grano pastoso a duro
Centeno 60	Floración	Grano pastoso
Nabo/Vicia villosa/Centeno	Floración + Inicio Fructificación / Vegetativo / Floración	Floración + Fructificación / Floración / Grano pastoso
Trigo CC	Espigazón	Grano acuoso
Trigo CL	Floración	Grano lechoso
Vicia villosa	Vegetativo	Floración
Vicia villosa/Avena strigosa	Vegetativo / Floración	Floración / Grano pastoso a duro
Vicia villosa/Centeno	Vegetativo / Floración	Floración / Grano pastoso

Tabla n°13: tratamientos con su respectivo estado fenológico al momento de la estimación.

La leguminosa *Vicia villosa* alcanzó la plena floración un mes después que las gramíneas. La más rápida de las gramíneas en alcanzar el estado reproductivo fue la Avena (en este caso *Avena strigosa* o “Avena Negra”) como se ve en las fotos a continuación:



Imagen n°12 y 13: fecha 25/09/2021 centeno en floración (1.65 a 1.75 m de altura). Para la misma fecha se muestra en *Vicia villosa* la aparición de flores aisladas en el tratamiento, estando en menos del 2 % de floración.



Imagen n°14: avena, centeno y vicia + centeno en la fecha 24/10/2021



Imagen n°15: vicia florecida (a la izquierda) y triple mezcla a la derecha (Nabo/Centeno/vicia) en la fecha 24/10/2021.

Primera estimación de producción de materia seca (25/09/21)

Recordemos que, en el presente ensayo, la primera instancia de finalización evaluada se llevó a cabo el 25/09/21 (129 DDS) y la segunda fecha de finalización evaluada fue el 24/10/21 (158 DDS).

En esta primera estimación se ve que las Vicias villosa sembradas con sembradora 19 días después que con máquina Altina se encuentran por debajo de los 4000 kgMS/ha. En esta instancia se debe tener presente como se indica en la tabla n° 13 que las Vicias villosas se encontraban en estado vegetativo, no estando a igualdad de condiciones respecto de los demás tratamientos.

Sistema de siembra: Voleo

Tratamiento	kgMS/ha
Vicia villosa/Avena strigosa	8224
Centeno 60	7212
Avena strigosa 70	6331
Vicia villosa 30	4036

Sistema de siembra: Siembra directa

Tratamiento	kg MS/ha	
Nabo/Vicia villosa / Centeno	13201	A
Vicia villosa / Avena strigosa	11795	A
Avena strigosa 50	11049	A
Centeno 60	6312	B
Trigo CC	5249	BC
Vicia villosa / Centeno	4925	BC
Trigo CL	4896	BC
Vicia villosa 30	3865	BC
Vicia villosa 15	1962	C

Tabla n°14 y 15: producción de MS/ha en el primer corte para la 14) tecnología de siembra con máquina Altina (voleo) y 15) sistema de siembra en directa. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Analizado como un Modelo en DBCA (diseño en bloques completamente aleatorizados)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
kgMS/ha	18	0.92	0.83	23.79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	260085878.83	9	28898430.98	10.34	0.0016
Repetición	9454001.39	1	9454001.39	3.38	0.1032
Tratamiento	250631877.44	8	31328984.68	11.21	0.0013
Error	22364770.11	8	2795596.26		
Total	282450648.94	17			

Tabla n° 16: Modelo y Análisis de la varianza. Producción de MS/ha en el primer corte. Analizado como un Modelo en DBCA (diseño en bloques completamente aleatorizados). Test LSD Fisher. Alfa = 0,05. FV: fuente de variación. SC: suma de cuadrados. gl: grados de libertad. CM: cuadrado medio o varianza. F: análisis de la varianza.

En el primer corte se observó que el tratamiento de Nabo/Vicia villosa/Centeno fue el que obtuvo el mayor valor de producción de Kg MS /Ha. Sin embargo, se debe tener en cuenta que al analizar las

repeticiones hubo grandes diferencias entre los valores obtenidos en cada medición. Esta diferencia se puede relacionar con la arquitectura de la planta de Nabo al momento del corte ya que en los muestreos al azar se presentaban con mayor o menor proporción de raíz por sobre la superficie del suelo lo que al recolectar la muestra suma mayor o menor materia seca a la estimación. Además, al utilizarse un sistema de siembra a chorrillo y por tratarse de una triple mezcla, la distribución en la línea no es exacta pudiéndose encontrar mayor o menor cantidad de plantas de Nabo en la línea que de Vicias villosas y Centeno. Otra característica a considerar es que la triple mezcla tiene la particularidad de que el Nabo comienza la floración a los 50/55 días de sembrado aumentando el % de MS en este estado y ante la mayor o menor presencia de esta especie en el muestreo para la estimación de materia seca nos encontramos con mayor o menor proporción de % MS en la mezcla tomada para la estimación.



Imagen n°16: raíz de nabo ("Tillage Radish" Rábano Labrador) sobre la superficie del suelo.

Segunda estimación de materia seca (24/10/21)

En la **segunda estimación** (ahora ya con la **vicia florecida**) se observó en la siembra al voleo un cambio de posición en el ranking, en donde la Vicia villosa supera a la Avena strigosa en 1675 kgMS/ha. Además podemos ver que, en la tecnología con siembra directa, todos los tratamientos superan los 76 qqMS/ha, logrando el tratamiento Vicia villosa 30 kg un avance considerable en el ranking, logrando superarse a sí mismo este tratamiento en un 58,1% de MS $((9225 - 3865)/9225) \times 100$; valores por debajo de los vistos por Waggoner (1989) como se cita en bibliografía, en donde notó un aumento promedio de 61% de producción de materia seca cuando se retrasó el control de vicia por dos semanas. En parcelas experimentales, en la EEA INTA Hilario Ascasubi, cuando el secado del cultivo de servicio de vicia se

postergó dos semanas, la leguminosa elevó su producción en 3,6 ton MS/ha. Este incremento se atribuyó al rápido crecimiento de la vicia en primavera, en respuesta al aumento de temperatura y disponibilidad de agua (Clark *et al.* 1995, Sainju *et al.* 1998).

Sistema de siembra: voleo con altina

Tratamiento	kgMS/ha
Vicia villosa/Avena strigosa	12859
Centeno 60	11206
Vicia villosa 30	8526
Avena strigosa 70	6851

Sistema de siembra: Siembra directa

Tratamiento	kg MS/ha	
Nabo/Vicia/Centeno	13260	A
Vicia villosa/Avena strigosa	11943	AB
Avena strigosa 50	11502	ABC
Vicia villosa 30	9225	BCD
Trigo CC	8526	CD
Vicia villosa/Centeno	8274	D
Centeno 60	8178	D
Vicia villosa 15	7776	D
Trigo CL	7677	D

Tabla n°17 y 18: producción de MS/ha en el segundo corte para la 17) tecnología de siembra con máquina Altina (voleo) y 18) sistema de siembra en directa. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Analizado como un Modelo en DBCA (diseño en bloques completamente aleatorizados)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
kgMS/ha	18	0.82	0.61	14.58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	69623633.17	9	7735959.24	3.95	0.0330
Repetición	417393.39	1	417393.39	0.21	0.6566
Tratamiento	69206239.78	8	8650779.97	4.42	0.0253
Error	15667103.11	8	1958387.89		
Total	85290736.28	17			

Tabla n° 19: Modelo y Análisis de la varianza. Producción de MS/ha en el segundo corte. Analizado como un Modelo en DBCA (diseño en bloques completamente aleatorizados). Test LSD Fisher. Alfa = 0,05. FV: fuente de variación. SC: suma de cuadrados. gl: grados de libertad. CM: cuadrado medio o varianza. F: análisis de la varianza.

Comparando los resultados entre las dos instancias evaluadas de finalización de los tratamientos vemos la diferencia de comportamiento entre los mismos. Cada punto representado por un triángulo es una repetición, para cada tratamiento se observan 2 puntos rojos y 2 puntos azules correspondientes a las 2 repeticiones de los tratamientos con sembradora en directa para el caso del primer secado y segundo secado respectivamente.

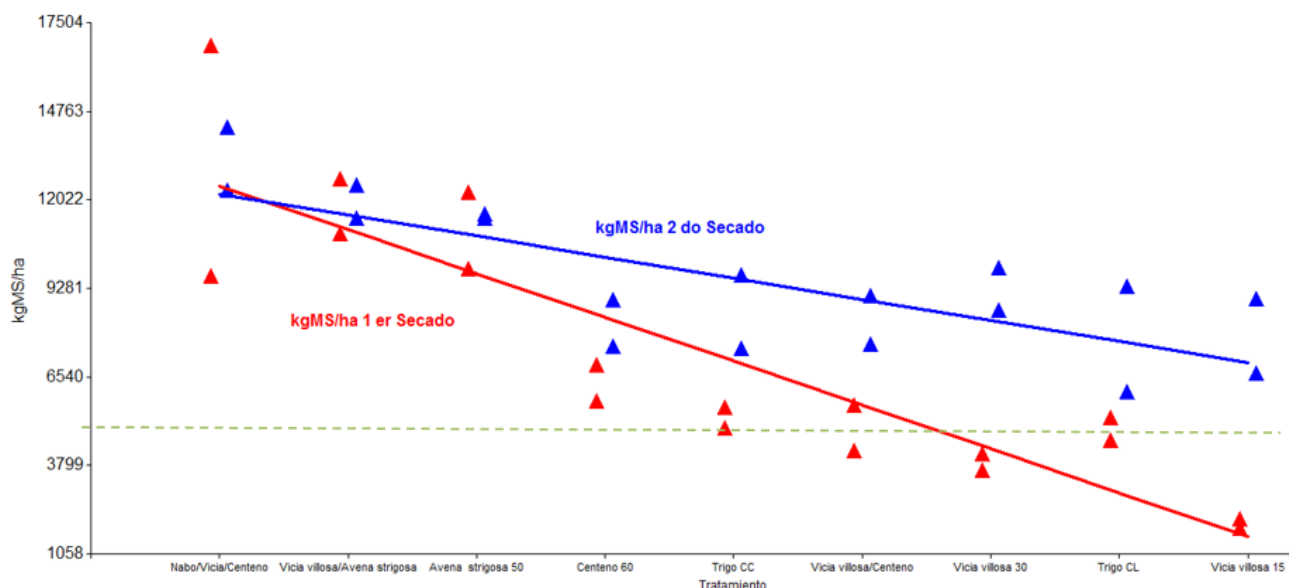


Gráfico n°2: Tratamientos con tecnología siembra directa. Kg MS/ha al primer corte y segundo corte.

Todos los tratamientos en el sitio Loma Alta tuvieron una buena performance en cuanto a producción de MS al momento de floración. Este estado, recordemos, constituye además el de mayor consumo de agua por parte del cultivo implantado. Decidir un retraso en la fecha de finalización del Cultivo de Servicio para lograr una mayor producción de MS/ha necesariamente lleva a comprometer la reserva de agua de suelo para el arranque del cultivo sucesor o, al menos, nos hará más dependientes de la posibilidad de recarga posterior debida a las lluvias futuras.

Al momento del primer secado (recta y puntos rojos) a excepción de la Vicia villosa todos los tratamientos puros (gramíneas) se encontraban en estado reproductivo; y en las mezclas al menos una de las especies de cultivo de servicio se encontraba en floración. **Todos los tratamientos del sitio Loma Alta, inclusive los Trigos y salvo los compuestos por Vicias puras, alcanzaron en la primera evaluación de corte el valor tomado como aceptable de 4000 kg/ha de MS.**

Al momento del segundo secado (recta y puntos azules) hubo un aumento notorio de kgMS/ha para la mayoría de los tratamientos a excepción de la triple mezcla Nabo/vicia/Centeno, Vicia villosa/Avena strigosa y Avena setrigosa 50, esta acumulación en Nabo/Vicia/Centeno mostro valores superiores en promedio pero sin relevancia (59 kgMS/ha más) siendo el primer secado el recomendado para la triple mezcla, considerando el servicio de acumulación de biomasa como cobertura del suelo; y fueron en la mezcla Vicia villosa/Avena strigosa y Avena strigosa los dos siguientes tratamientos en donde la acumulación de MS/ha luego del primer secado mostraron menores acumulaciones de biomasa, siendo

148 kgMS/ha más para la mezcla y 453 kgMS/ha más para la Avena strigosa al promediar las dos repeticiones.

En orden a estimar el comportamiento de un cultivo de trigo con destino a cosecha en lo que refiere a su performance como CS a partir de los valores medidos en las franjas tratamiento Trigo del presente ensayo, tomamos los siguientes supuestos relativos el índice de conversión de MV en grano.

Tomando un Índice de Cosecha (IC) del trigo de 0.33 (Kemanian et al, 2007 da como promedio de índice de cosecha para trigo 0.42, y establece un rango para la gramínea de 0.3 a 0.56) podemos **estimar lo que hubiera rendido el trigo en kg grano/ha al momento del secado.**

Para esto tenemos que conocer:

- Las toneladas (Tn) de Materia Verde (MV) por Ha
- El % MS de la muestra verde (de esta manera al multiplicar las Tn de MV/Ha por él % MS obtenemos los kgMS/ha)
- El IC del trigo (en el ejemplo se opta por 0.33, el lector puede tomar el que considere más apropiado dentro del rango establecido por Kemanian et al, 2007)
- La humedad comercial del Trigo que es 14 % (100% - 14% nos da 86% MS en el grano)

Por último tenemos que realizar un cálculo matemático relacionando de la siguiente manera valores de la tabla para obtener el llamado Índice de Conversión: $(IC\% \times \%MS)/\%MS \text{ grano}$. Para la primer fila por ejemplo sería $(33\% \times 27\%)/86\% = 0.104$, si no da decimal, recuerde el lector que, en calculadora los cálculos se hacen al tanto por 1, es decir $(0.33 \times 0.27)/0.86 = 0.104$. Entonces al multiplicar el Índice de Conversión por los kgMV/ha obtenemos los kg grano seco equivalente con esa biomasa producida 18133 kgMV/ha x Índice de Conversión.

Esta estimación nos puede servir, a modo indicativo, para realizar comparaciones en cuanto a los servicios prestados por el cultivo de Trigo, tanto en el destino cosecha como en el uso como Cultivo de Servicio. En este sentido es importante tener en cuenta que esto es una estimación de lo que el trigo con esa biomasa podría llegar a rendir, ya que si se toma una fecha de cosecha como el 23/11 **en el primer secado del 25/09 acortamos el ciclo 59 días y en el segundo secado de 24/10 acortamos el ciclo 30 días.**

Trigo	Momento	kgMV/ha	%MS	kgMS/ha	IC	%MS grano	Indice de Conversión	kg grano seco equivalente
Ciclo Largo	1er secado	18133	27%	4896	33%	86%	0,104	1879
	2do secado	17447	44%	7677	33%	86%	0,169	2946
Ciclo Corto	1er secado	21870	24%	5249	33%	86%	0,092	2014
	2do secado	20795	41%	8526	33%	86%	0,157	3272

Tabla n°20: kg grano seco equivalente de trigo según momento de secado.

Los tratamientos de Vicia mostraron grandes diferencias al momento de comparar los 2 secados. Durante el período inicial, el crecimiento de vicia es muy lento, ya que su evolución en el otoño está condicionada por las bajas temperaturas. Esta circunstancia se acentúa aún más en invierno, aunque no afecta el desarrollo de raíces (Sustainable Agriculture Network 1998). A fines de la estación invernal, las temperaturas cálidas favorecen la acumulación de MS de vicia (Clark *et al.* 1995, Sainju *et al.* 1997). En la primavera, el crecimiento se incrementa rápidamente y la tasa de acumulación de MS es muy alta (Renzi y Cantamutto 2007, 2008, Vanzolini *et al.* 2010).

La Vicia villosa como tratamiento puro en el sitio Loma Alta tardó 29 días en alcanzar la floración total al compararla con los restantes tratamientos.

En la práctica la Vicia villosa nos da la posibilidad, de que, a partir de un volumen considerable de MS (>4000 kg MS/ha) suficiente para controlar de manera eficiente la emergencia de malezas y brindar cobertura de suelo en estado vegetativo, podamos seguir acumulando biomasa pensando en captura de nitrógeno y carbono. **El pico de consumo de agua se posicionaría entre 20 a 30 días después que el resto de los tratamientos permitiendo una cobertura más prolongada sin secar** (sin aplicar herbicidas a la Vicia villosa). Estas diferencias fueron de 5360 kgMS/ha más para la Vicia villosa 30 kg y de 5814 kgMS/ha más para la Vicia villosa 15 kg, al comparar primer secado vs segundo secado.

A continuación se muestran los kgMS/ha en orden descendente según el segundo secado, y los kgMS/ha del primer secado, con sus % de materia seca y las diferencias observadas en kgMS/ha y % MS del primer secado respecto al otro:

Tratamiento	kgMS/ha 1er Secado	kgMS/ha 2do Secado	Diferencia kgMS/ha	%MS 1er Secado	%MS 2do Secado	Diferencia %MS
Nabo/Vicia/Centeno	13201	13260	59	20	33	13
Vicia villosa/Avena strigosa	11795	11943	148	33	47	14
Avena strigosa 50	11049	11502	453	33	51	18
Vicia villosa 30	3865	9225	5360	18	19	2
Trigo CC	5249	8526	3277	24	41	16
Vicia villosa/Centeno	4925	8274	3349	28	34	6
Centeno 60	6312	8178	1866	32	45	13
Vicia villosa 15	1962	7776	5814	19	19	0
Trigo CL	4896	7677	2781	27	44	17

Tabla n°21: kgMS/ha y %MS de los tratamientos con sus diferencias.

Los menores % de MS en ambos tratamientos corresponden a la Vicia villosa. El resto presenta un incremento notorio en el % de MS al pasar de un estado fenológico a otro. Vicia villosa mantuvo su % de MS entre secados, siendo el aumento en kg de MS/ha debido a la producción en volumen de biomasa aérea por ha, arroja una menor tasa de crecimiento al compararla con los registros de 240 kg MS/ha/día atribuida al rápido crecimiento de la vicia en primavera, en respuesta al aumento de temperatura y disponibilidad de agua (Clark *et al.* 1995, Sainju *et al.* 1998), (Fuente: Vicias: Bases agronómicas para el manejo de la Región Pampeana); quedando los valores del ensayo en 184 kg MS/ha/día entre el 25/09/2021 y el 24/10/2021 para el tratamiento Vicia villosa 30 kg (5360 kg MS/ha Vicia villosa 30 kg/29 días) y 200 kg MS/ha/día entre el 25/09/2021 y el 24/10/2021 para el tratamiento Vicia villosa 15 kg (5814 kg MS/ha Vicia villosa 15 kg/29 días), tomando como valor promedio una tasa de crecimiento en los 29 días de 192 kg MS/ha/día.

Las mayores diferencias en kg MS/ha al retrasar el secado se ve en las Vicias villosas como se mencionó anteriormente, y la mayor variación de % MS se ve en la Avena strigosa y en las variedades de Trigo CL y CC.

Análisis conjunto de cortes en Loma Alta. Primer corte y segundo corte de Materia Seca.

A continuación se da el ranking de rendimientos de los tratamientos en Producción de MS/ha, tecnología siembra directa, según momento de corte en orden decreciente de rendimiento.

Recordemos que, en el presente ensayo, la primera instancia de finalización evaluada se llevó a cabo el 25/09/21 (129 DDS) y la segunda fecha de finalización evaluada fue el 24/10/21 (158 DDS). En el análisis conjunto de los momentos de cortes la triple mezcla lidera el ranking, por debajo la mezcla Vicia villosa/Avena strigosa, la Avena strigosa pura los sigue y luego los demás tratamientos presentan rendimientos en donde medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Se puede ver como ejemplo que si me posiciono en la columna momento de corte y analizo vicia villosa/avena strigosa que no es recomendable esperar 29 días para acumular mayor cantidad de materia seca ya que no hay diferencias entre el primer y segundo corte “al visualizar el sistema de letras”, siendo el primer corte el recomendado para el cuidado del consumo de agua.

Otro ejemplo; al comparar Trigo con Avena strigosa, la producción de MS de esta última supera al trigo tanto en el primer corte como en el segundo, pudiendo secarse a la avena en el primer corte con mayor producción de biomasa aérea.

Momento de corte	Tratamiento	Medias (kgMS)	
2	Nabo/Vicia/Centeno	13260	A
1	Nabo/Vicia/Centeno	13201	A
2	Vicia villosa/Avena strigosa	11943	AB
1	Vicia villosa/Avena strigosa	11795	AB
2	Avena strigosa 50	11502	ABC
1	Avena strigosa 50	11048	ABCD
2	Vicia villosa 30	9225	BCDE
2	Trigo CC	8525	CDE
2	Vicia villosa/Centeno	8274	CDEF
2	Centeno 60	8178	DEFG
2	Vicia villosa 15	7776	EFGH
2	Trigo CL	7677	EFGH
1	Centeno 60	6312	EFGHI
1	Trigo CC	5248	FGHI
1	Vicia villosa/Centeno	4925	GHIJ
1	Trigo CL	4896	HIJ
1	Vicia villosa 30	3865	IJ
1	Vicia villosa 15	1961	J

Tabla n°22: Producción de MS/ha según momento de finalización, tecnología siembra directa. Análisis como diseño en parcelas divididas. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En la tabla ranking se pueden estimar distintos modelos adecuados a la zona en lo que respecta a producción de MS/ha para la tecnología de Cultivos de Servicio, siempre respetando la premisa de tener en cuenta la evolución del consumo de AU disponible en cada caso, de modo que esa generación de MS no comprometa la situación para el cultivo sucesor:

- Vicia villosa/Avena strigosa (primer corte/secado, coincidente con el estado reproductivo de Avena strigosa)

- Avena strigosa (primer corte/secado, en estado reproductivo)
- Vicia villosa > 5500 kg MS/ha (segundo corte/secado, estado reproductivo 29 días después al resto de los tratamientos)

Estos modelos atienden de manera adecuada los **aspectos relevantes en la especie a utilizar como Cultivo de Servicio**: facilidad de **implantación y establecimiento** (se recomienda tratar semilla con insecticida y fungicidas); **alta tasa de crecimiento**, para proporcionar una rápida cobertura de suelo que posibilite un adecuado control de emergencia de especies maleza (se deben sembrar a inicios de otoño, fundamentalmente las Vicias); **abundante producción de biomasa** para aportar buena cantidad de residuos; resistencia a enfermedades; facilidad de control; viabilidad económica (Reeves 1994).

1.c Control de malezas

Todos los tratamientos lograron una muy buena performance en el nivel de control de malezas al momento de realizar las mediciones, en estado reproductivo. El valor de porcentaje de Cobertura y porcentaje de Control de las Vicias villosa puras es previo al momento de segundo secado; mientras que en los demás se realizó previo al primer secado. De esta manera comparamos los tratamientos en igual estado fenológico.

Tecnología	Tratamiento	% Cobertura	% Control
Sembradora	Nabo/Vicia villosa/Centeno	↑ 95%	90%
	Vicia villosa 30	↑ 95%	95%
	Vicia villosa 15	↑ 95%	95%
	Vicia villosa/Avena strigosa	↑ 90%	95%
	Vicia villosa/Centeno	↑ 90%	95%
	Centeno 60	→ 80%	95%
	Avena strigosa 50	→ 75%	90%
	Trigo CC	↓ 65%	90%
	Trigo CL	↓ 60%	90%
	Testigo		0%
Altina	Vicia villosa/Avena strigosa	↑ 95%	95%
	Avena strigosa 70	↑ 95%	90%
	Vicia 30	↑ 95%	95%
	Centeno 60	→ 80%	95%
	Testigo		0%

Tabla n°23: % Cobertura y % Control de malezas de cada tratamiento evaluado en floración.



Imagen n°17: recorrida grupo CREA-RSFC. Observación de cobertura y presencia de malezas.

1.d Consumo de agua, costo hídrico y eficiencia de uso del agua.

1.d.1 Primera fecha de secado evaluada.

Dado que el tratamiento testigo, sin cultivo implantado y sin control de malezas durante el período en estudio muestra un consumo de 205 mm al momento de primer secado, todo lo consumido por los demás tratamientos por sobre dicho valor hasta ese momento puede considerarse como un costo en relación a la oferta hídrica disponible para el cultivo sucesor.

La eficiencia de uso del agua de cada alternativa evaluada es un valor indicativo de cuáles tratamientos pudieron generar mayor cantidad de cobertura y material vegetal por cada milímetro de agua disponible.

La determinación del parámetro de EUA está directamente relacionada con la producción de biomasa de la planta con el agua disponible en el período analizado. Por eso encontramos diferencias en los valores de este parámetro que se relacionan con la tabla n°13, donde podemos ver que los picos de producción de las especies se encuentran en distintos momentos y esto ocasiona variaciones en los valores de EUA observados para los dos momentos medidos.

Los tratamientos se encuentran ordenados en orden ascendente de costo hídrico (mm) respecto al testigo.

	Tratamiento	AU (mm) a los 2 m 18/05	Lluvia ciclo (mm)	Oferta hídrica (mm)	AU (mm) a los 2m (133 dds)	Consumo total (mm)	Costo hídrico (mm)	EUA kgMS/mm
Sembradora	Testigo	299	148	447	242	205		
	Vicia villosa 30	299	148	447	216	231	26	17
	Vicia villosa 15	299	148	447	201	246	41	8
	Vicia villosa/Centeno	299	148	447	195	252	47	20
	Vicia villosa/Avena strigosa	299	148	447	187	260	55	45
	Trigo CL	299	148	447	177	270	64	18
	Centeno 60	299	148	447	172	275	70	23
	Nabo/Vicia villosa/Centeno	299	148	447	171	276	71	48
	Trigo CC	299	148	447	159	288	82	18
	Avena strigosa 50	299	148	447	130	317	112	35
Voleo	Vicia villosa/Avena strigosa	299	148	447	171	276	71	30
	Vicia 30	299	148	447	167	280	75	14
	Avena 70	299	148	447	147	300	95	21
	Centeno 60	299	148	447	121	327	121	22

Tabla n°24: Consumo de agua, costo hídrico y eficiencia de uso del agua por tratamientos en el sitio Loma Alta, al momento previo al primer secado. AU: agua útil. EUA: eficiencia de uso del agua. mm: milímetro de agua. kg MS/mm: kilogramos de materia seca por milímetro de agua. dds: días.



Imagen n°18: extracción de muestras de suelo (hasta los 2 m de profundidad) con calador hidráulico al tratamiento Trigo ciclo largo. Fecha 29/09/2021.

1.d.2 Segunda fecha de secado evaluada.

Al igual que en la primera estimación de costo hídrico, dado que el tratamiento testigo sin cultivo implantado y sin control de maleza durante el período en estudio muestra un consumo de 283 mm al momento de segundo secado, todo lo consumido por los demás tratamientos por sobre dicho valor hasta ese mismo momento puede considerarse como un costo en relación a la oferta hídrica disponible para el cultivo sucesor.

Los tratamientos se encuentran ordenados en orden ascendente de costo hídrico (mm) respecto al testigo.

	Tratamiento	AU (mm) a los 2 m 18/05	Lluvia ciclo (mm)	Oferta hídrica (mm)	AU (mm) a los 2 m (160 dds)	Consumo total (mm)	Costo hídrico (mm)	EUA kg MS/mm
Sembradora	Testigo	299	199	498	215	283		
	Vicia villosa/Centeno	299	199	498	179	319	36	26
	Centeno 60	299	199	498	178	320	36	26
	Avena strigosa 50	299	199	498	174	324	40	36
	Trigo CL	299	199	498	166	333	49	23
	Vicia villosa 30	299	199	498	160	338	55	27
	Vicia villosa/Avena strigosa	299	199	498	159	339	55	35
	Vicia villosa 15	299	199	498	149	349	65	22
	Trigo CC	299	199	498	136	362	79	24
	Nabo/Vicia/Centeno	299	199	498	41	457	174	29
Voleo	Avena 70	299	199	498	201	297	14	23
	Centeno 60	299	199	498	186	312	29	36
	Vicia villosa/Avena strigosa	299	199	498	181	317	33	41
	Vicia 30	299	199	498	145	353	69	24

Tabla n°25: Consumo de agua, costo hídrico y eficiencia de uso del agua por tratamientos en el sitio Loma Alta, al momento previo al segundo secado. AU: agua útil. EUA: eficiencia de uso del agua. mm: milímetro de agua. kg MS/mm: kilogramos de materia seca por milímetro de agua. dds: días.



Imagen n°19: tratamiento Vicia villosa, mitad franja primer fecha de secado, y mitad franja reservada para la evaluación de segunda fecha de secado con avance en la floración.

La Avena strigosa fue la especie más avanzada en su desarrollo en los secados, llegando más rápido al pico de consumo de agua (floración) y por ello reduciendo el consumo de agua post floración de manera más adelantada que el resto de los tratamientos. Por ello presento la mayor reducción de costo hídrico al segundo secado.

Esta conclusión es general para el resto de los tratamientos con gramíneas puras que llegaron al estado de floración con mayor anticipación que los tratamientos de vicias.

Al contrario de ello las leguminosas puras mostraron mayor crecimiento de biomasa de forma tardía respecto a los tratamientos evaluados y con ello una mejora en la EUA posterior.

En la triple mezcla de Nabo/Centeno/Vicia villosa se produjo una reducción notoria de la EUA (kg MS/mm) al comparar el primer secado con el segundo secado; el nabo mostro su floración a los 55 días de sembrado. Al momento de floración del centeno, el nabo tuvo superposición de floración y fructificación y, posteriormente cuando el nabo tenía los frutos y el centeno se encontraba en grano pastoso, la vicia se encontraba en plena floración presentando esta triple mezcla floraciones escalonadas entre especies. Por ello, cada cultivo en la mezcla presento los picos de consumo de agua también de forma escalonada.

Para todos los tratamientos se observó que el consumo de agua por parte de los cultivos evaluados fue mayor a la pérdida de agua de la parcela testigo, tanto en primero como en el segundo momento de muestreo.

1.c Capacidad de recarga de agua del perfil del suelo

Al evaluar la evolución de la oferta hídrica en el perfil en el sitio Loma Alta después de la finalización en floración de los tratamientos y dejando un periodo de 79 días de recarga para los tratamientos a excepción de Vicia villosa (en donde el período de recarga fue de 52 días), vemos que el tratamiento con la mayor cantidad de milímetros de agua perdida en el período en estudio no fue la franja testigo o barbecho químico como se venía observando en los ensayos realizados en la Región en campañas anteriores, dado que esta vez la recuperación de humedad del perfil del suelo luego de secado por precipitaciones no se dio como las pasadas campañas en estudio.

Tratamiento	Fin del cultivo de servicio (secado)			Lluvias desde secado en reproductivo al 17/12/2021	Oferta hídrica (mm)	AU mm a los 2 m 17/12/2021	Perdida de agua (mm)
	Fecha AU	Estado fenológico	AU mm a los 2 m				
Centeno 60	29/9/2021	Floración	121	169	290	🔽 276	14
Testigo	29/9/2021		242	169	411	🔼 344	67
Avena 70	29/9/2021	Floración	147	169	316	🔽 249	67
Vicia 30	26/10/2021	Floración	145	123	268	🔽 194	74
Vicia villosa / Avena strigosa	29/9/2021	Vegetativo / Floración	171	169	340	🔽 215	125

Tabla n°26: recarga de agua en el perfil del suelo en los tratamientos con Altina. Secado al momento de floración.

En la siguiente tabla se presentan las Eficiencias de Barbecho (EB %) de cada tratamiento.

La EB indica qué porcentaje de milímetros aportados por las lluvias en el período de rastreo (79 ó 52 días entre secado y siembra) fue retenido en el perfil en cada caso para su uso por parte del cultivo posterior.

Tratamiento	EB (%)
Centeno 60	92%
Testigo	60%
Avena 70	60%
Vicia 30	40%
Vicia villosa / Avena strigosa	26%

Tabla n°27: eficiencia de barbecho en los tratamientos con Altina. Secado al momento de floración. Ecuación de Mathews y Army (1960) para estimar la Eficiencia de Barbecho en el testigo y los cultivos de servicios: $EB = [(AUF - AUI) / PP] \times 100 = \%$. AUF: agua útil final, en este caso AU mm a los 2 m 17/12/2021. AUI: agua útil inicial, en este caso AU mm a los 2 m Fin del cultivo de servicio (secado). **NOTA:** Tener presente que la duración del barbecho bajo cultivo de servicios es de 79 días (2.6 meses) para Centeno, Avena, mezcla Vicia/Avena y para la Vicia 52 días (1.7 meses).

Como se mencionó en el apartado de **“Materiales y Métodos”**, en Loma Alta sobre el cultivo sucesor a los 17 días del mes de Diciembre 2021 se realizó un análisis de agua útil a 2 m de profundidad para evaluar la capacidad de recarga de agua en el suelo para los tratamientos sembrados al voleo, siendo en este caso el período evaluado **“desde secado al momento de floración hasta V2 inicio de V3 de la soja de segunda”**.

La medición sólo se llevó adelante en los tratamientos considerados como “modelos de la zona”, los cuales son Vicia villosa, Avena strigosa, Centeno y Vicia villosa/Avena strigosa, con producciones objetivos dentro de 4500 – 5000 kg MS/ha recomendados como mulch para cubrir el suelo.

Se preservaron las distintas franjas del ensayo para luego, a cosecha de este cultivo sucesor, identificar posibles efectos diferenciales de los tratamientos evaluados en el sitio sobre los rindes obtenidos.

A continuación se muestran fotos de la soja de segunda sembrada sobre los tratamientos evaluados de CS, en estado fenológico V2 / inicio de V3. El objetivo de mostrar estas fotos es que, sobre la soja sembrada sobre el rastrojo de los tratamientos de cultivos de servicio, se visualice el concepto de **“Manejo Integrado de Malezas”**, que en término teórico quiere decir “Varias Alternativas Confluyendo”.

Primero el cultivo de servicio compite con las malezas por agua, luz y nutrientes, e interfiere para que a estas malezas le llegue radiación solar y temperatura, especialmente en los meses de Septiembre Octubre y Noviembre por ejemplo con los primeros picos de yuyo colorado para mencionar una maleza problema. **Luego** el productor incorpora el uso de herbicidas pre emergentes para controlar el segundo pico de yuyo colorado previo a la emergencia de la soja (aplica con pulverizador sobre la cobertura de rastrojo del cultivo de servicio el herbicida residual previo a una lluvia de 20 a 30 mm)



Imagen n°20: soja sembrada sobre testigo.



Imagen n°21: soja sembrada sobre triple mezcla.



Imagen n°22: soja sembrada sobre mezcla Vicia/Avena voleo.



Imagen n°23: soja sembrada sobre Centeno voleo.



Imagen n°24, 25 y 26: soja sembrada sobre Vicia voleo



Imagen n°27: soja sembrada sobre Centeno - Siembra Directa



Imagen n°28: soja sembrada sobre Trigo Ciclo Largo S. Directa



Imagen n°29: descomposición de raíz de nabo

2- Sitio Eusebia

2.a Stand de plantas – Fecha 12/07/2021

La siembra directa se realizó con una máquina de dosificación a chorrillo con un espaciamiento entre surco de 17.5 cm. Los stands de plantas de las Vicia villosa se encontraron dentro de los recomendados 45 – 55 pl/m². Las gramíneas lograron un stand de plantas aceptable para el caso del trigo y el centeno (mayor a 100 pl/m²) para ser utilizadas como un cultivo de servicio.

La Avena strigosa presento valores menores, similares a los obtenidos en campañas anteriores en los ensayos llevados adelante en campañas pasadas, dentro de las 80 pl/m². Fuente: <https://www.crea.org.ar/wp-content/uploads/2021/04/Informe-final-Cultivos-de-Servicio-Eusebia-CRosquin-PM-RSFC-20-21.pdf>

En cuanto a las mezclas gramíneas con leguminosas los valores se encuentran por debajo de las 120 pl totales/m² recomendadas para lograr el objetivo buscado de rendimiento cercano a los 4000 kg MS/ha.

Tratamiento	Kg/ha	pl/m	pl total/m	pl/m ²
Vicia 15	15	9	9	51
Vicia 30	30	8	9	51
Avena strigosa/Vicia villosa	25 + 20	8 + 7	14	80
Avena strigosa 50	50	14	14	80
Nabo/Vicia villosa/Centeno	10 + 15 + 20	3 + 4 + 6	13	74
Vicia villosa/Centeno	20 + 25	7 + 10	17	100
Centeno 60	60	52	52	297
Trigo CL	135	21	21	120

Tabla n°28: plantas por metro cuadrado (pl/m²) de los tratamientos implantados en Eusebia. Pl/m: plantas por metro lineal (promedio de 3 recuentos). Pl/m²: plantas por m² [(1/0.175 m EES)*Pl/m]. EES: espaciamiento entre surco.

En este sitio como se ha mencionado, las precipitaciones de Mayo a Agosto arrojaron un acumulado de 0 mm. Respecto a esto, al evaluar el estado del lote donde se implanta un cultivo, la humedad superficial es un factor crítico siendo unos 10 a 20 mm necesarios para una germinación y emergencia adecuada en general. El sitio presentó muy comprometidos sus rendimientos de MS/ha a causa del bajo nivel de agua acumulada en el suelo a inicio de campaña y a las escasas precipitaciones recibidas en el ciclo de crecimiento y desarrollo. Además presentó por la misma razón un retraso de la fecha de siembra

buscada (a comparación del sitio Loma Alta se sembró 35 días después de los tratamientos al voleo y 16 días después de la siembra con sembradora en directa).

2.b Producción de Materia seca

Tratamiento	Fecha 24/09/2021
Avena strigosa 50	Floración
Centeno 60	Espigazón
Nabo/Vicia villosa/Centeno	Floración / Vegetativo / Floración
Trigo CL	Espigazón
Vicia villosa	Vegetativo
Vicia villosa/Avena strigosa	Vegetativo / Floración
Vicia villosa/Centeno	Vegetativo / Espigazón

Tabla n°29: estado fenológico al secado sitio Eusebia.

El atraso en la fecha de siembra en este sitio combinado con la escasez de precipitaciones una vez implantado el ensayo, produjo una drástica reducción de rendimiento de materia seca/ha en los Cultivos de Servicio evaluados.

El efecto de la limitación por falta de lluvias se verá además al evaluar la cobertura de suelo y nivel de control de malezas alcanzado. Con bajísimas producciones de MS/ha igualmente el control de malezas arroja valores de 85 % para algunos tratamientos, explicado esto por la ausencia de precipitaciones que impidieron la germinación y emergencia de malezas en los mismos.

Los valores objetivos buscados para suprimir de manera considerable la emergencia de malezas en la Región CREA Santa Fe Centro son 4500 kg MS/ha (entre 4000 y 5000 kg MS/ha, dependiendo del tratamiento evaluado y problemática de cada lote en particular en cuanto a presión de maleza existente en él).



Imagen n°30 y 31: Centeno (Eusebia) al momento de estimación de MS/ha (sitio con escasas de precipitaciones)



Imagen n°32: Vicia villosa (Eusebia) al momento de estimación de MS/ha (sitio con escasas de precipitaciones)

Tratamiento	Kg MS/Ha	Dif Kg MS/ha del Valor objetivo
Trigo CL	833	-3668
Avena strigosa 50	810	-3690
Nabo/Vicia villosa/Centeno	743	-3758
Vicia villosa/Avena strigosa	656	-3844
Vicia villosa/Centeno	555	-3945
Centeno 60	532	-3968
Vicia villosa 30	221	-4279
Vicia villosa 15	156	-4344

Tabla n°30: MS/ha relevada en los tratamientos y diferencia en Kg MS/ha del valor objetivo (4500 kg MS/ha).

Como se observa en la tabla anterior, en ningún tratamiento de este sitio se alcanzó el nivel objetivo de producción de biomasa aérea (4500 kg MS/ha). Este resultado se puede atribuir a distintos factores, entre ellos el antecesor Maíz picado, que es un cultivo especialmente extractivo respecto a nutrientes, que deja poca cobertura y que, por su finalización tardía, no dio tiempo a que se recargue el perfil como se mostró en los análisis niveles de humedad deficiente en el momento de la siembra, esto sumado a las bajas precipitaciones durante el ciclo del cultivo. Además, durante el invierno del año 2021 ocurrieron fuertes heladas en el momento de establecimiento de los distintos tratamientos, influyendo sobre la tasa

normal de crecimiento, en especial en aquellas parcelas con vicias y nabo que al momento del recuento de plantas mostraron el efecto de las bajas temperaturas en hojas amarillentas y puntas quemadas.

A todo esto se agrega además los efectos del retraso en la fecha de siembra en este sitio ocasionada por la baja disponibilidad de agua en el perfil comentada en el párrafo anterior, la cual fue el 04/06/2021 (35 días después que los tratamientos con la tecnología Altina en Loma Alta y 16 días después que la tecnología Siembra Directa en Loma Alta) y la escases de precipitaciones durante el ciclo del cultivo ya establecido.

2.c Control de malezas

En la siguiente tabla se reemplaza la columna % Control por % Ausencia de malezas, por lo mencionado anteriormente. La ausencia no es consecuencia del control por competencia del cultivo de servicio si no por el muy bajo nivel de emergencia de malezas que presentó el lote, en gran parte debido a la escases hídrica imperante.

Tratamiento	% Cobertura	% Ausencia
Testigo		
Trigo CL	19%	85%
Vicia villosa/Avena strigosa	14%	85%
Nabo/Vicia/Centeno	10%	85%
Centeno 60	7%	85%
Avena strigosa 50	20%	65%
Vicia villosa/Centeno	10%	25%
Vicia villosa 15	3%	5%
Vicia villosa 30	5%	0%

Tabla n°31: % Cobertura y % Ausencia de malezas de cada tratamiento evaluado en floración.

En el cuadro, si se observan los valores de % de ausencia, los colores rojos a anaranjados indican para Vicia villosa 30 y 15, 0 % y 5 % respectivamente, no presentando diferencias con respecto al testigo. Se observaron similares niveles de malezas emergidas y distribuidas tanto en el testigo como en dichos tratamientos.

Los tratamientos de mejor comportamiento presentaron un 15 % de las malezas registradas en la franja testigo (85 % de ausencia).

2.d Consumo de agua

En este sitio se agregó un tratamiento barbecho químico al momento de primer secado.

Dado que el tratamiento barbecho químico, sin cultivo implantado y con residual para el control de maleza durante el período en estudio, muestra una reducción en el contenido de AU de 50mm al momento de secado respecto a la situación inicial, todo lo consumido por el testigo sin residual y los demás tratamientos por sobre dicho valor al momento del secado puede considerarse como un costo en relación a la oferta hídrica disponible para el cultivo sucesor.

Los tratamientos se encuentran ordenados en orden decreciente de costo hídrico (mm) respecto al testigo.

Tratamiento	AU (mm) a los 2 m 14/06	Lluvia ciclo (mm)	Oferta hídrica (mm)	AU (mm) a los 2 m (104 dds)	Consumo total (mm)	Costo hídrico (mm) respecto al barbecho químico	Costo hídrico (mm) respecto al testigo	EUA kg MS/mm
Barbecho químico	199	17	216	166	50			
Testigo	199	17	216	149	67	17		
Vicia villosa 30	199	17	216	132	84	34	17	3
Vicia villosa 15	199	17	216	132	84	34	17	2
Trigo CL	199	17	216	127	88	38	22	9
Nabo/Vicia/Centeno	199	17	216	126	89	39	23	8
Vicia villosa/Centeno	199	17	216	108	107	58	41	5
Vicia villosa/Avena strigosa	199	17	216	104	112	62	45	6
Avena strigosa 50	199	17	216	101	115	65	48	7
Centeno 60	199	17	216	85	131	81	64	4

Tabla n°32: Consumo de agua, costo hídrico y eficiencia de uso del agua por tratamientos en el sitio Eusebia, al momento previo al primer secado. AU: agua útil. EUA: eficiencia de uso del agua. mm: milímetro de agua. kg MS/mm: kilogramos de materia seca por milímetro de agua. dds: días.

El testigo tuvo un costo hídrico de 17 mm respecto del barbecho químico. Los tratamientos se encuentran ordenados en orden ascendente según costo hídrico (mm) respecto al testigo.

En este sitio los tratamientos tuvieron un escaso desarrollo de la biomasa aérea dando como resultado baja eficiencia en el uso del agua. Afectado por la falta de agua, Eusebia tuvo una oferta hídrica de 216 mm, lo que significa unos 231 mm menos que la oferta relevada en Loma Alta (un 52% inferior).

Como se dijo anteriormente, la finalización del cultivo en este sitio se realizó en una sola instancia. Al momento de secado los tratamientos de *Vicia villosa* presentaron los menores costos hídricos, como ocurrió en el sitio Loma Alta, encontrándose en estado vegetativo, siendo igualmente las gramíneas puras más adelantadas fenológicamente los tratamientos de mayores costos hídricos.

La capacidad de recarga varía en función del cultivo antecesor y el tipo y cantidad de raíces que este haya podido dejar, habiendo diferencias en la estructura, composición y distribución de las mismas entre tratamientos. En este caso, debido al pobre desarrollo que tuvo el ensayo en general y a las condiciones extremas de precipitaciones deficientes no se podría atribuir las diferencias de recargas a un efecto del cultivo de servicio.

En esta campaña, el rendimiento de trigo que se dejó a cosecha en el mismo lote donde se realizó el ensayo de cultivos de servicio, fue de 709 Kg/Ha.

Ideas resumen

Cabe destacar que, si bien los sitios de ensayo se encontraban en la zona Santa Fe Centro a una distancia de 180 Km, las condiciones productivas de los mismos fueron muy distintas entre sí, tal como ocurrió en el resto de los lotes de producción de nuestra Región CREA.

Esto constituye a hacer un llamado a considerar todos los aspectos necesarios antes de tomar una decisión o dar una recomendación. Es importante conocer los lotes, su condición de humedad, su estado nutricional, manejar las fechas de siembra y de finalización y además reconocer, para cada año que se evalúe, en cuáles lotes es posible que la incorporación de un cultivo de servicio o bien un cultivo de renta tenga probabilidades de ser exitoso.

Luego de cinco años consecutivos de recabar información mediante ensayos locales, la Región Santa Fe Centro junto a otros múltiples actores van afinando sus conocimientos respecto a esta tecnología y su mejor aprovechamiento. Ensayos como los presentes sirven para ajustar detalles de manejo para los Cultivos de Servicio en nuestra Región y para descartar técnicas probadas en otros ambientes que no aplican a nuestros sistemas predominantes.

Es así que, si bien en los primeros años de esta línea de trabajo se testearon múltiples materiales a ser utilizados como CS, hoy enfocamos nuestros esfuerzos en el estudio de un grupo reducido de especies, de probada eficacia y versatilidad en la Región, como son la Vicia villosa, la Avena, el Centeno y, como complemento, diferentes especies de Nabo. Como puede verse en el presente informe y otros anteriores, actualmente nuestros tratamientos testeados se centran más en alternativas de manejo de pocas especies (mezclas, densidades de siembra, nutrición, fecha de finalización, etc)

Como principales aprendizajes:

- 1- Las especies Leguminosas puras presentan la ventaja del aporte de N al suelo, debido a su capacidad de fijación biológica. Muestran ciclos largos de acumulación de biomasa, debido al tiempo que requiere su inducción a floración (momento de mayor acumulación de MS).
- 2- Las especies Gramíneas son grandes productoras de biomasa y por ello consumidoras de excesos hídricos existentes en el perfil, pero también grandes consumidoras de AU y Nitrógeno, sin la capacidad éstas de tomarlo de la oferta que pueda hacer el suelo. En este sentido, las mezclas multiespecies han mostrado niveles de producción muy buenos complementando las características de las especies gramíneas con la posibilidad de las leguminosas de fijar nitrógeno mediante la nodulación.
- 3- La fecha de siembra es un punto crítico para el manejo de un CS. También se debe tener en cuenta el agua útil disponible en el perfil para estos cultivos. Si el objetivo es finalizar el ciclo de los mismos de manera temprana, la posibilidad de alcanzar 4000 Kg MS/Ha (producción a partir de la cual se garantiza un correcto nivel de cobertura y, con ello, un adecuado control de emergencia de malezas) es mayor bajo estas condiciones.
- 4- La técnica de la siembra anticipada al voleo, cuando es posible y se ajusta la densidad de siembra adecuadamente, tiene muy buenos resultados en oportunidad y velocidad de operación debido a la posibilidad de adelantar la fecha de siembra. En reglas generales, la época de siembra de un cultivo de servicio adquiere relevancia ya que define en gran medida el potencial de producción de materia seca del mismo. Son recomendables las fechas tempranas, tanto para cubrir el suelo como para estimular su crecimiento de otoño y fomentar la competencia con malezas (Teasdale et al. 2007) y el hecho de poder adelantar esta labor realizándola al voleo con el antecesor en pie, colabora con este objetivo.
- 5- Si bien en esta oportunidad las condiciones particulares de la campaña en estudio no lo evidencian, a través de los años que tiene esta línea de trabajo se observa que, con buena disponibilidad de agua, todos los tratamientos tienen costo hídrico parecido entre sí, menor o

similar al de un barbecho testigo, dejando menos malezas, con cobertura y raíces. A través de las sucesivas campañas también se observa que la recarga de lluvias post finalización es mejor aprovechada por los CS que por el testigo.

- 6- Los trigos cosecha de nuestra Región, dado el rinde promedio que alcanzan, en la mayor parte de los casos no logran alcanzar de manera satisfactoria los niveles de producción de biomasa, cobertura y control de malezas que la mayoría de las mezclas multiespecies evaluadas en estos años de estudio. Son excepciones casos como el que muestra el presente ensayo, donde las condiciones ambientales de Loma Alta posibilitaron cultivos de trigo de desarrollo por sobre los promedios esperados, haciendo de esta manera que éstos alcancen similares performances a los demás tratamientos en cuanto a servicios prestados al sistema.
- 7- Como métodos de finalización de los CS hemos aprendido que, mientras el secado químico arroja resultados óptimos en la finalización de los tratamientos, el secado mecánico mediante el uso de rolos faca mostró falencias importantes en su performance debido a la mayor posibilidad de rebrotes. Resulta sí una técnica válida en casos de lotes de CS de áreas periurbanas donde se halla restringido el uso de agroquímicos.
- 8- Dentro de la finalización mediante métodos químicos resulta crucial la oportunidad de secado para el correcto manejo del AU remanente en el perfil, de manera de no comprometer la implantación del cultivo sucesor y quedar expuestos ante demoras o recarga insuficiente debida a precipitaciones esperadas al inicio de la primavera.

El valor de la información obtenida hasta el momento hace evidente la necesidad de seguir trabajando sobre la observación de situaciones como las presentadas, ajustando protocolos que permitan mediciones más ajustadas y oportunas y contrastando situaciones ambientales y productivas diferentes. Los productores de la Región CREA Santa Fe Centro están cada día más involucrados con esta tecnología por lo cuál la Comisión de Agricultura asume el compromiso de seguir trabajando en este sentido, para generar información local de utilidad, sumándose a todo el trabajo que las distintas Instituciones y técnicos particulares de nuestra área de influencia están por su parte realizando en este sentido.

Agradecimientos

Como siempre agradecemos a los productores CREA y sus Equipos de Trabajo, que gentilmente nos donan su tiempo, materiales, maquinaria y esfuerzo para realizar los ensayos en sus campos, junto a los profesionales integrantes del Equipo Ensayista de la Región CREA Santa Fe Centro.

A los profesionales de todo el país integrantes de la Mesa de Planes Nacionales de Aacrea, la Comisión de Agricultura y la Mesa de Asesores de la Región CREA Santa Fe Centro, por sus aportes en la conformación de los protocolos aplicados.

Fuentes de consulta

- Software estadístico InfoStat. Manual de usuario, Versión 1. Análisis de la varianza. Diseño completamente aleatorizado. Pág. 84.
- Software estadístico InfoStat. Manual de usuario, Versión 1. Análisis de la varianza. Diseño en parcelas divididas. Pág. 98.
- Edafología. Introducción para estudiantes de Agronomía. Año 2006. Miguel Ángel Pilatti, Pablo Ghiberto y Osvaldo Felli. Cátedra edafología FCA – UNL.
- Bernardo Romano y Marcelo Arriola. Experiencias de productores Aapresid en Cultivos de Servicios. <https://www.youtube.com/watch?v=fMwCzqGHGZ0>
- D.H.Perez. II Simposio de cultivos de cobertura – Experiencias en cult. de servicios en el centro de Santa Fe. <https://www.youtube.com/watch?v=bi-vEk3ZQk8>
- Vicia de 10.000 kg en el sur de Córdoba. En una recorrida por la Chacra Sur de Córdoba se encontraron vicias de hasta 10.000 kg MS/ha. Analizan las causas de esta verdadera “bomba de N”. <https://www.aapresid.org.ar/blog/vicia-de-10-000-kg-en-el-sur-de-cordoba>
- Mucho forraje y fertiliza el suelo. Ventajas de la vicia villosa. Ing. Agr. Jorge Noutary <https://producirxxi.com.ar/producirxxi/ventajas-de-la-vicia-villosa/>
- Vicias: Bases agronómicas para el manejo en la Región Pampeana. Editor: Juan Pablo Renzi. Editor Asociado: Miguel Ángel Cantamutto. Ediciones INTA. Gerencia de Comunicación e Imagen Institucional. Comunicación Visual. Tirada: 500 ejemplares. Noviembre 2013.
- Manejo de malezas problema. Cultivos de cobertura. Bases para su manejo en sistemas de producción. ISSN N° 2250-5342 (versión papel) / ISSN N° 2250-5350 (versión on-line). Volumen VII – Año 2017.
- Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. Cristian Álvarez; Alberto Quiroga; Diego Santos; Marcelo Bodrero. EEA Anguil “Ing. Agr. Guillermo Covas” Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
- Región CREA Santa Fe Centro. Proyecto malezas AACREA. Evaluación de especies sin finalidad de cosecha – cultivos de servicio. Campaña 20-21. Autores: Ings. Agrs. Guillermo Martin, Paula Giorgis, Nicolás Cignetti, Gabriel Milanesio, Carolina Nicola y Doria Turchi.
- Captura de carbono por los cultivos de cobertura y su costo hídrico. Juan A. Galantini y Eduardo de Sa Pereira

- Eficiencia de barbecho en un suelo arenoso franco del centro oeste de Bs. As. Rillo Sergio, Cristian Álvarez, Elke Noellemeyer, Martín Díaz Zorita y Martín Lobos. Julio 2016. Estación Experimental Agropecuaria Pergamino “Ing. Agr. Walter Kugler”. AER 9 de Julio
- Eficiencia del uso del agua y de barbechos en rotaciones con cultivos de cobertura. González, A.; M.J. Eiza; P. Carfagno. Facultad de Agronomía y Ciencias Agroalimentarias Universidad de Morón

Región CREA Santa Fe Centro

Comisión de Agricultura – Equipo Ensayista

Enero 2022