

CONSULTORA

BioRed

*La Agricultura como sistema
Nuevos paradigmas
de producción*



AUTORES:

Ing. Agr. Lucas Andreoni.

Ing. Agr. Santiago Bassino.

Ing. Agr. Santiago Loser.

Ing. Agr. Cecilia Nasser Marzo.

CULTIVOS DE SERVICIOS.

ENSAYOS 2016 - 2018.

INTRODUCCIÓN:

En los últimos años la simplificación excesiva de los procesos productivos promovió la proliferación de sistemas en agricultura continua con baja diversidad de cultivos.

Actualmente nos encontramos con diferentes problemas que afectan a nuestros productores. Dentro de ellos podemos mencionar el incremento del número de especies de malezas con las diferentes resistencias a diversos herbicidas que se generaron en los últimos años; la acumulación de agroquímicos en suelo; la pérdida de nutrientes; problemas por excesos hídricos; problemas por erosión hídrica y eólica, etc.

Hace varios años que nos venimos planteando diversos interrogantes sobre el recurso suelo, la degradación tanto física como química que viene produciéndose de este recurso y su impacto en la dinámica del agua y los nutrientes. Consideramos que son de particular preocupación los balances negativos de carbono (o materia orgánica) y nitrógeno y la falta de cobertura sobre el suelo en determinados periodos del año.

En ese marco, comenzamos a trabajar en alternativas orientadas a diversificar los sistemas para mejorar o aumentar el aporte de carbono y nitrógeno a los mismos, así como reducir los periodos en los que los suelos se encuentran sin cobertura y, por lo tanto, se vuelven más susceptibles a los problemas de erosión y presencia de malezas problemáticas. Por otra parte, consideramos esencial la reactivación de la microbiología del suelo, lo cual creemos que a futuro nos permitirá aumentar la disponibilidad de nutrientes que en la actualidad no pueden ser utilizados por el cultivo.

Lo mencionado en los párrafos anteriores son algunos indicios de que se está registrando un *quiebre* de los fundamentos del sistema productivo tradicional y está surgiendo un nuevo paradigma agrícola en el cual tanto la sustentabilidad ambiental como económica y social tienen un papel preponderante.

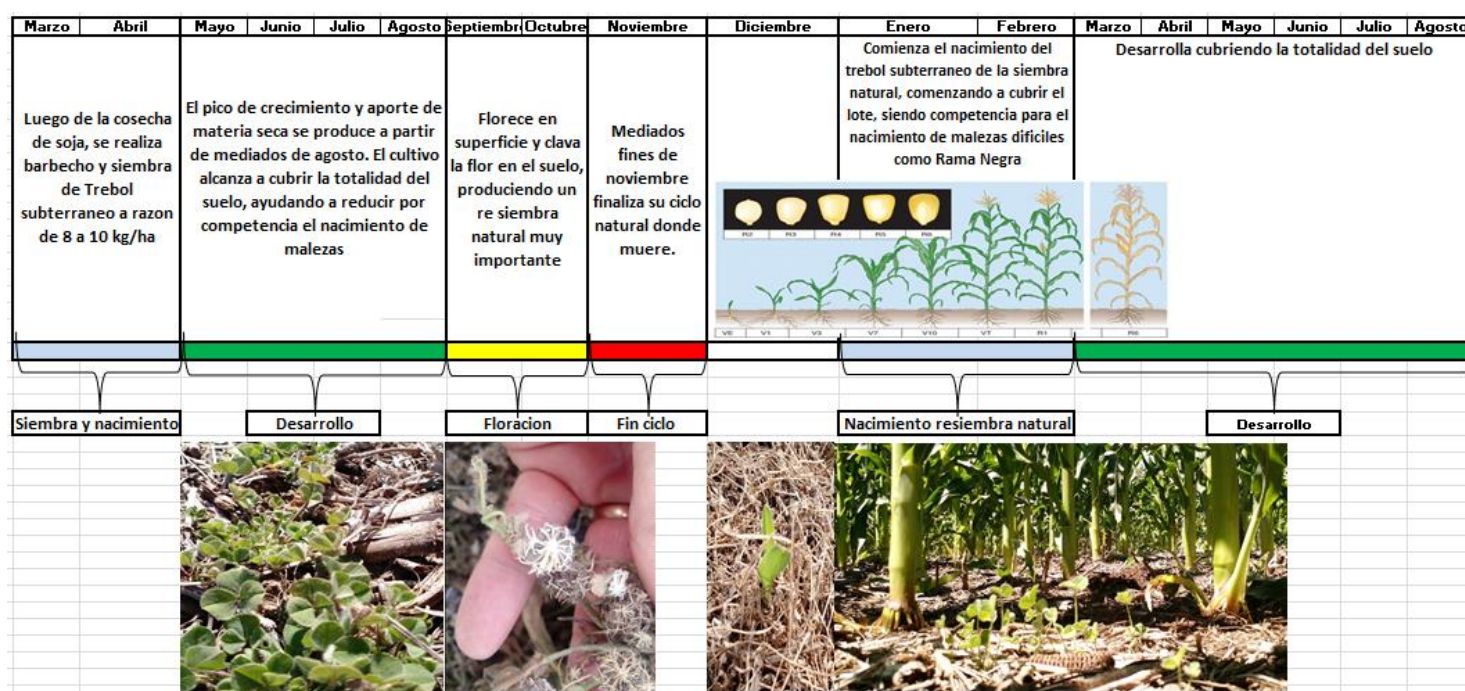
Todo esto nos lleva a plantearnos nuevos desafíos donde el principal objetivo es generar alternativas viables para construir SISTEMAS agrícolas o agrícolas-ganaderos que sean SUSTENTABLES y SOSTENIBLES en el tiempo.

Con nuestro equipo de trabajo, nos encontramos realizando tareas para la generación de nuevas alternativas y es aquí donde surge la adopción de los cultivos de coberturas o de servicios como una herramienta altamente viable ante las nuevas adversidades que se plantean y como una opción más en las rotaciones de cultivo.

EXPERIENCIAS REALIZADAS

En el año 2016 comenzamos a emplear nuevas opciones de cultivos de servicios, entre las cuales se incluyeron el trébol subterráneo y cultivos multi-especies. El primer caso es una especie perteneciente a la familia de las leguminosas, de crecimiento anual, con un tipo de floración y fructificación particular, es decir, la planta florece, clava y desarrolla su fruto debajo de la superficie. Durante el segundo año, cuando se dan las condiciones, se observan nuevos nacimientos producto de la resiembra natural. Sabiendo eso y definiendo que la principal problemática de malezas, a la salida de los maíces tardíos, son los nacimientos de rama negra, fue que consideramos al trébol subterráneo como una opción viable para competir contra dicha maleza, además del aporte de nitrógeno al sistema que realiza a través de la fijación biológica de N, el cual es utilizado por el cultivo de maíz (ver gráfico 1).

Gráfico 1. Ciclo del trébol subterráneo como cultivo de servicio:



En lo que respecta a los cultivos multi-especies (que incluyen, por ejemplo, diferentes tipos de tréboles, melilotus, vicia y centeno), al momento de diseñarlos se consideraron tanto los beneficios que las diferentes especies provocan sobre la superficie (producción de materia seca), como así también el impacto positivo que producen debajo del suelo, a través de sus sistemas radiculares que permiten la removilización de nutrientes, a la vez que aportan carbono al suelo. Las especies seleccionadas no sólo mejoran la estructura del suelo y la infiltración, sino que también aumentan la fertilidad. Cada una de las especies intervinientes son demandantes de nutrientes específicos y por lo tanto, activan diferentes mecanismos para obtenerlos. A su vez, dicha combinación de especies nos obliga a rotar principios activos de herbicidas, aspecto clave para evitar la aparición o consolidación de malezas resistentes. Además, una vez en el suelo y en forma conjunta con los vegetales, los herbicidas son metabolizados y degradados de diferentes maneras; por lo tanto, los cultivos multi-especies pueden ayudar también a desintoxicar el suelo.

Durante la campaña 2016/17 se sembraron dos bloques de 10 hectáreas cada uno con diferentes variantes de cultivos multi-especie y en ellas se realizaron diversos análisis: capturas de microorganismos de suelo, cromatografía de suelo, análisis químicos y físicos completos, infiltración, densidad, materia seca y agua útil, entre otros. Los resultados obtenidos fueron muy promisorios en lo que respecta a estructura y actividad microbiana del suelo, como así también en lo que respecta a las diferencias evidentes en las cromatografías presentes antes y después de los cultivos de servicio. Para destacar puede mencionarse el alto grado de desintoxicación que se promovió a partir de la diversidad de especies presentes en el suelo y el aumento de los niveles de oxígeno, resultado de la mayor actividad de organismos aeróbicos.

Por otra parte, durante el periodo 2017/2018, se contó nuevamente con 2 bloques experimentales. Los mismos se encontraban en el establecimiento MONTE HERMOSO ubicado al NE de la localidad de Gral. Levalle, Córdoba.

El ensayo fue realizado sobre un suelo de textura arenoso franco, con 7,5% de arcilla, 13,9% de limo, 78,6% de arena y un contenido de materia orgánica total de 1,2%.

El lote donde se realizó el ensayo tiene una historia agrícola bajo sistema de siembra directa de al menos nueve años. Los cultivos en rotación en este período han sido soja y maíz en la época estival y dos cultivos invernales: trigo y centeno de cobertura (puente verde) (Tabla 1).

Tabla 1: Rotación de cultivos 2008-2016.

08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17
trigo/soja 2°	soja 1°	maíz	soja 1°	maíz	soja 1°	PV/soja	maíz	soja 1°

Los cultivos de servicio (CS) se implantaron en siembra directa sobre un rastrojo de soja el 28/04/2017 y se fertilizaron con 55 kg/ha de SPT. El ensayo se realizó en macroescalas, procurando que el lote sea parejo, sin cambios en el relieve ni en el tipo de suelo. La dimensión de las parcelas fue de 800 m².

Los tratamientos (T) probados fueron los siguientes:

Tabla 2: Tratamientos (cultivos de servicios).

TREATAMIENTO:	ESPECIES:
1	Centeno.
2	Multi-especies.
3	Melilotus.
4	Trébol Persa.
5	Trébol subterráneo ciclo corto.
6	Trébol subterráneo ciclo largo.
7	Trébol rojo.

El T2 contaba con la mezcla de 15 especies: avena sativa, avena strigosa, trigo, centeno, arveja, vicia, garbanzo, coriandro, colza, acelga, melilotus alba, poroto mung, trébol subterráneo ciclo largo y ciclo corto, trébol persa. Las densidades de siembra utilizadas se pueden ver en la tabla 3. La interrupción (quemado) del crecimiento de los cultivos de cobertura se realizó el día 03/10/2017, mediante control químico.

Tabla 3: Densidades de siembra teórica y lograda por tratamiento.

Tratamiento	Densidad teórica (kg/Ha)	Densidad lograda (kg/Ha)
Centeno	50	50
Multiespecies	34,9	49,9
Melilotus	14	10
Trébol persa	10	9
Trébol subterráneo CC	10	9
Trébol subterráneo CL	10	9
Trébol rojo	10	9

Tabla 4: Densidades de siembra empleadas en el blend multi-especies.

Multi-especies con gramíneas				
Especie	Densidad (/ha)	Total preparado (kg)	Sup. Sembrada (Has)	Densidad final real (kg/ha)
1 Avena sativa	300 gr	0,6 kg	1,2	
2 Avena strigosa	150 gr	0,3kg		
3 Trigo	1,7 kg	3,4kg		
4 Centeno	0,5 kg	1kg		
5 Arveja	8,4 kg	16,7kg		
6 Vicia	5 kg	10kg		
7 Garbanzo	4,8 kg	9,6kg		
8 Coriandro	6 kg	12kg		
9 Colza	2 kg	4kg		
10 Acelga	300 gr	0,6kg		
11 Melilotus alba	3 kg	6kg		
12 Poroto mum	300 gr	0,6kg		
13 T. sub CL	1kg	2kg		
14 T. sub CC	1kg	2kg		
15 Trébol persa	0,5kg	1kg		
Densidad total:	34,9kg/ha	69,8kg/ha	1,2	49,2kg/ha
Semilla grande	27,4kg	54,8kg		43 kg grano grueso
Semilla chica	7,5kg	15kg		6,2kg de mezcla de alfalfero
color gris: especies que se sembraron en el cajón alfalfero				

Las precipitaciones ocurridas entre siembra y momento de secado de los cultivos de servicios fueron 232 mm.

Respecto a los barbechos, los herbicidas empleados fueron los siguientes:

Tabla 5: Barbechos utilizados en cada uno de los tratamientos.

Tratamientos:	Especie	Producto	Dosis	Unidad
1	Centeno	metsulfuron	4	gr/ha
		control max	1,2	kg/ha
		2,4 D ester	500	cc/ha
2	Muliespecies	control max	1,2	kg/ha
		2,4 D ester	500	cc/ha
3	Melilotus	Preside	400	cc/ha
	Trébol persa	Control max	1,2	kg/ha
	Trébol sub			
	CC-CL Trébol rojo	2,4 D ester	500	cc/ha

Se determinó el contenido de humedad de suelo por método gravimétrico a diferentes profundidades hasta los 0.6 mt en tres momentos: siembra de los CC, secado de los CC y siembra del CV. A su vez, se determinaron las constantes hídricas PMP y CC y se estimó el agua disponible en cada momento. Por otra parte, se estimaron las eficiencias de barbecho (EB) para todos los tratamientos y eficiencias de uso de agua (EUA) para los cultivos de servicios. Las ecuaciones utilizadas fueron:

$$EB = (AD_{cv} - AD_{cs}) / PP_p$$

Siendo: AD_{cv} : agua disponible al momento de la siembra del cultivo de verano; AD_{cs} : agua disponible a la siembra del cultivo de servicio; PP_p : precipitaciones durante el período entre siembra del cultivo de servicios y la siembra del cultivo de verano.

$$EUA = MS / (AD_{fc} - AD_{ic} + PP_c)$$

Dónde: AD_{ic} : agua disponible a la siembra del cultivo de servicios; AD_{fc} : agua disponible al secado del cultivo de servicios; PP_c : precipitaciones entre la siembra y el secado del CS.

La producción de biomasa aérea y radicular fue medida en 4 momentos del ciclo de los cultivos de cobertura para confeccionar una curva de acumulación de materia seca. Para esto, se tomaron muestras de plantas en superficies de 0,25 m² al ras del suelo para la fracción aérea y a 30 cm de profundidad para la fracción radicular. La determinación de biomasa de raíces se hizo extrayendo raíces hasta la profundidad detallada anteriormente y procediendo luego al lavado de las mismas. Paso seguido, las muestras se colocaban en estufa con ventilación forzada a 60°C hasta obtener peso constante, dicho peso obtenido se expresó en Kg ha⁻¹.

Los aportes de carbono realizados por la biomasa aérea y radicular se estimaron considerando un contenido de C del 41% en la misma. El valor se obtuvo multiplicando la materia seca por 0,41.

El contenido de nitratos (NO₃) fue determinado en el momento de secado de los CC y a los 20 días posteriores en las profundidades 0-20, 20-40 y 40-60 cm, mediante el método de fenoldisulfónico, el objetivo era determinar cómo fue la dinámica de liberación de nitrógeno (N) por parte de los diferentes rastrojos.

Se estimó el porcentaje de cobertura de suelo por parte de cada cultivo mediante una aplicación de celular denominada “Canopeo”. Las mediciones fueron realizadas seleccionando las zonas donde los cultivos mostraban mayor desarrollo, es decir en sectores de cobertura “potencial” en cada tratamiento.

La infiltración de agua en el suelo se midió mediante el método de Anillo Simple con equipos desarrollados en el Instituto de suelos (CIRN). Las lecturas se hicieron en un período de tiempo de 2 hs.

La temperatura de suelo fue medida el 10 de noviembre, aproximadamente 40 días después del secado de los CC a los 2 cm de profundidad, por la mañana, entre las 9 y las 10:30 hs. Se realizaron 4 repeticiones por tratamiento, eliminándose el dato extremo en aquellos tratamientos cuyo coeficiente de variación era superior al 5%.

Se determinaron las siguientes variables biológicas: carbono de la biomasa microbiana con el método fumigación extracción (Vance et. al., 1987), respiración microbiana con el método fumigación incubación (Jenkinson, D & D Powlson, 1976), Nan a través del método microdestilación (Bremer, 1965; Keeney, 1982) en el Laboratorio de biología de EEA INTA Marcos Juárez y carbono orgánico particulado mediante Walkley & Black (Nelson & Sommers, 1982). Estos parámetros, de fácil determinación, son indicadores de la salud edáfica y presentan mucha sensibilidad a las prácticas de manejo.

Además, se realizó un seguimiento de la profundidad de la napa, parámetro orientativo, ya que no se midió en cada uno de los tratamientos. La misma fue medida en 5 momentos durante el ciclo de los cultivos de cobertura a través de freáticos colocados a 3 m de profundidad y ubicados en las cabeceras de cada uno de los lotes.

Son muchos los trabajos que demuestran los beneficios que produce la incorporación de cultivos de coberturas en las rotaciones. A continuación, se detallan algunos de nuestros resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características ambientales del período en estudio

En la figura 1 se pueden ver las precipitaciones ocurridas en el período evaluado.

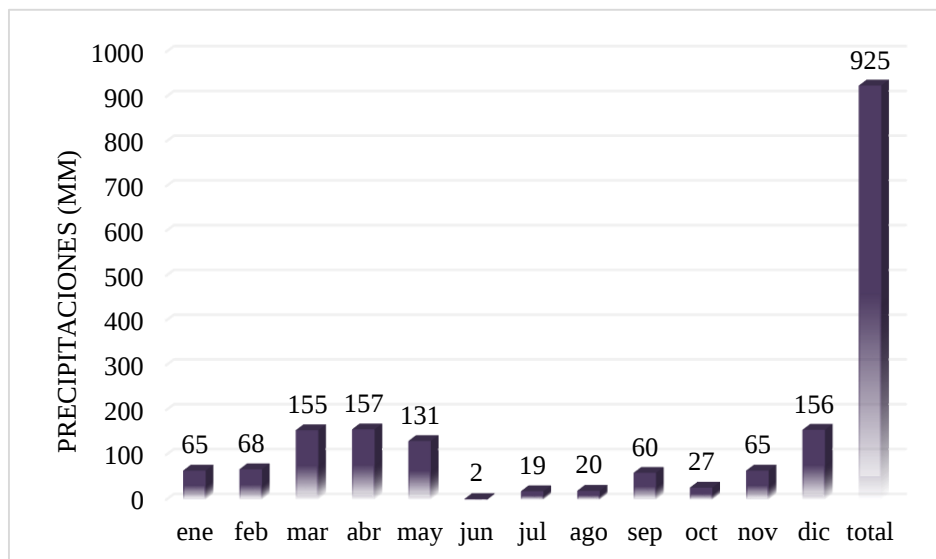


Figura 1: Precipitaciones 2017.

Agua en el suelo y eficiencia de uso.

La figura 2 muestra los contenidos de humedad en suelo de los diferentes tratamientos en los momentos de siembra de los cultivos de servicios, secado de los mismos y momento de siembra del cultivo estival.

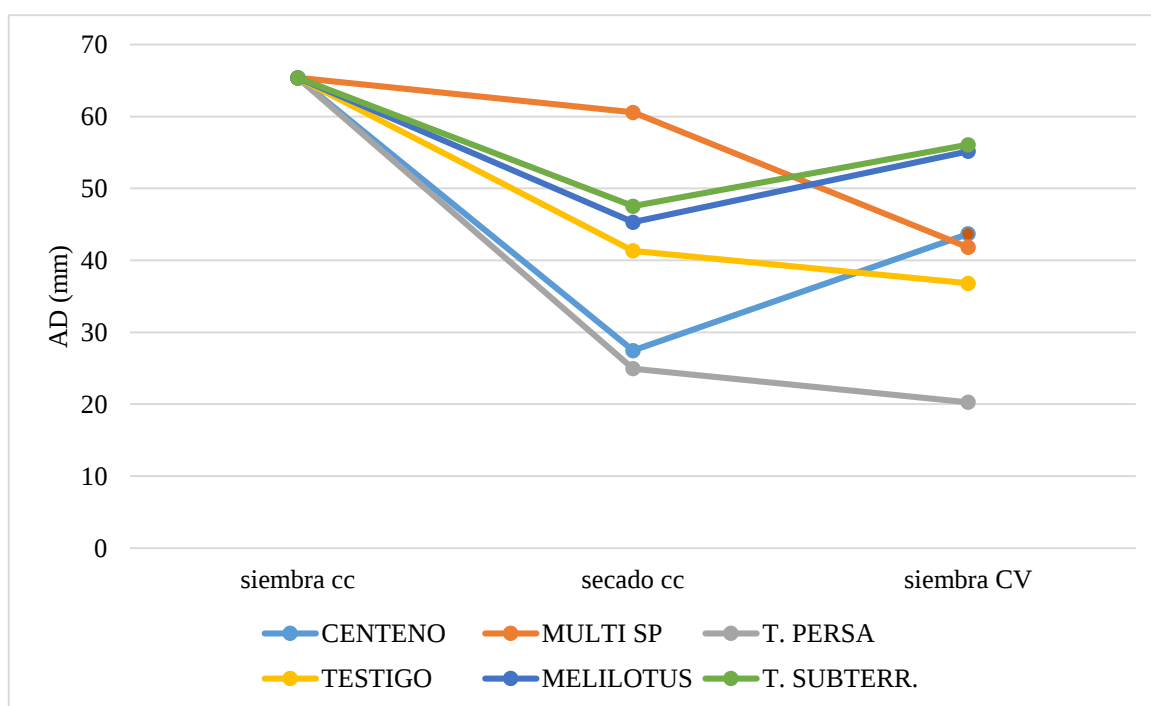


Figura 2: Agua en el suelo en tres momentos de los cultivos de servicios, a 60 cm de profundidad.

Puede observarse que al momento de la siembra del cultivo de verano, todos los tratamientos, excepto el trébol persa, superan al testigo respecto de la disponibilidad de agua en el suelo (mm). Estos resultados indican la importancia de evaluar el agua disponible en el perfil antes de la siembra.

Eficiencia de barbecho.

Tabla 6: Eficiencia de barbecho de los diferentes tratamientos.

TRATAMIENTO	Humedad vol. Inicio (mm)	Humedad vol. Final (mm)	Eficiencia de Barbecho (%)
TESTIGO	65	37	-11,0
CENTENO	65	44	-8,4
MULTIESPECIE	65	42	-9,1
T. PERSA	65	20	-17,4
MELILOTUS	65	55	-3,9
T. SUBTERR.	65	56	-3,6

La eficiencia de barbecho de todos los tratamientos fue negativa, debido a que ninguno almacenó agua de las precipitaciones ocurridas durante el período, evidenciado en el menor contenido hídrico al final del período en comparación con el inicio. Los tratamientos testigo y trébol persa fueron los que menos eficiencia tuvieron.

Eficiencia en el uso del agua.

Tabla 7: Eficiencia de uso de agua de los diferentes cultivos de servicios.

	Biomasa aérea	Biomasa radicular	Biomasa total
TRATAMIENTO	EUA (kg.Ha.mm)**		
T. PERSA	25,1	8,3	33,4
CENTENO	22,1	9,8	31,9
T. SUBTERR.	27,6	3,7	31,3
MULTIESPECIE	17,6	8,5	26,0
MELILOTUS	9,1	4,0	13,1
T. ROJO	4,9	2,6	7,5

Aquí puede observarse que la mayor producción de biomasa por mm de agua utilizado correspondió al trébol persa, seguido por centeno, trébol subterráneo y multi-especies. Estos datos explican en parte el menor contenido hídrico del tratamiento con trébol persa al momento de la siembra del cultivo de verano.

Producción de materia seca de los cultivos de servicio.

La figura 4 muestra la producción de materia seca aérea y radicular total de cada una de las especies evaluadas. Los cortes se realizaron en 4 momentos diferentes durante el ciclo del cultivo: 31/08; 29/09; 17/10; 11/11. Trébol persa fue el que mayor acumulación de MS total (aérea + radicular) tuvo, llegando a 11640 kg.Ha MS. Los tréboles subterráneos de ciclo corto y ciclo largo no mostraron diferencia en su producción aérea ni radicular, alcanzando los 11040 kg.Ha de MS total. Centeno tuvo una producción total de materia seca de 10960 kg.ha mientras que el cultivo multi-especies generó 9880 kg.Ha de MS. Melilotus fue el cultivo que menos MS produjeron, llegando a 6660 kg. Ha de MS. Cuando se analizan los aportes aéreos centeno, trébol persa, subterráneo ciclo largo y ciclo corto, produjeron más de 8000 kg.Ha MS. En cuanto a melilotus estuvo por debajo de 6500 kg.Ha MS. Por otra parte, el cultivo multispecies tuvo una producción intermedia de 7320 kg.Ha MS. Los aportes de MS radiculares variaron entre 2920 y 900 kg.Ha MS, con mayor aporte del trébol persa, centeno y el cultivo multispecies.

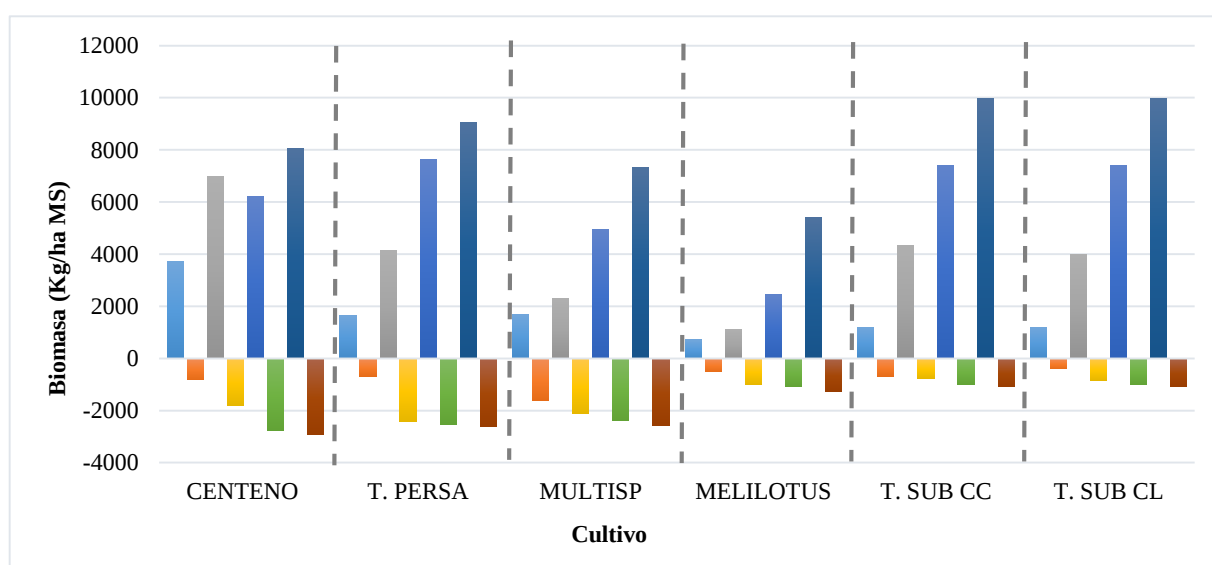


Figura 3: producción de materia seca aérea y radicular.

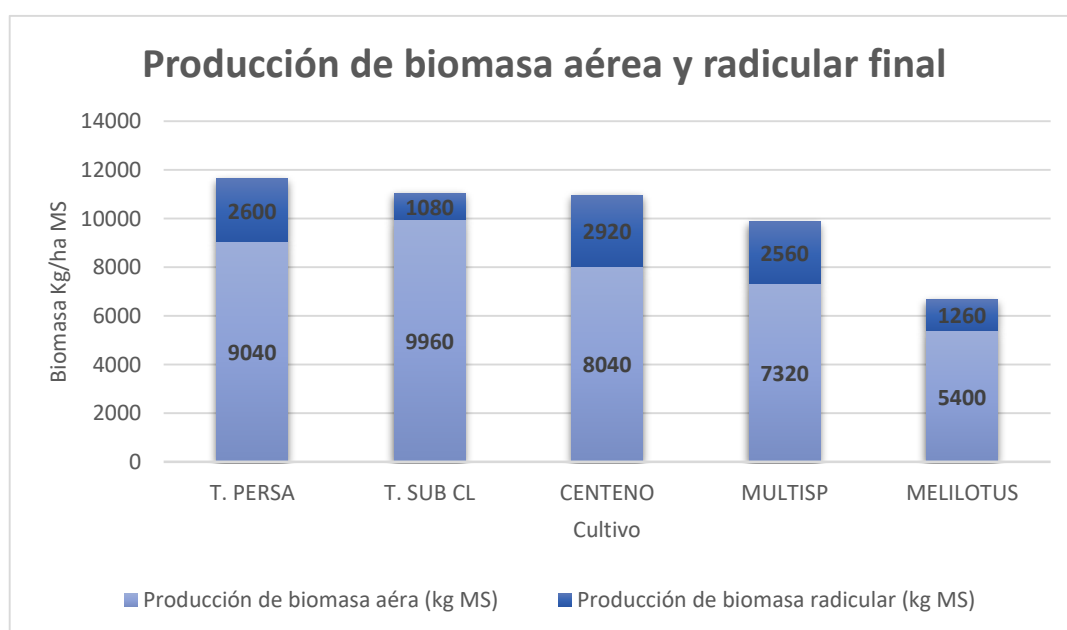


Figura 4. Producción de biomasa aérea y radicular total en los cultivos de cobertura.

Aportes de carbono al suelo

En general todos los cultivos tuvieron una alta producción de materia seca y por ende los aportes de carbono que realizaron al suelo fueron buenos. Los tréboles, el centeno y el multiespecie no tuvieron mayores diferencias en los aportes totales de carbono, los cuales variaron entre 4000 y 4700 kg.Ha de C. Por su parte, el melilotus aportó 2700 kg de C total.

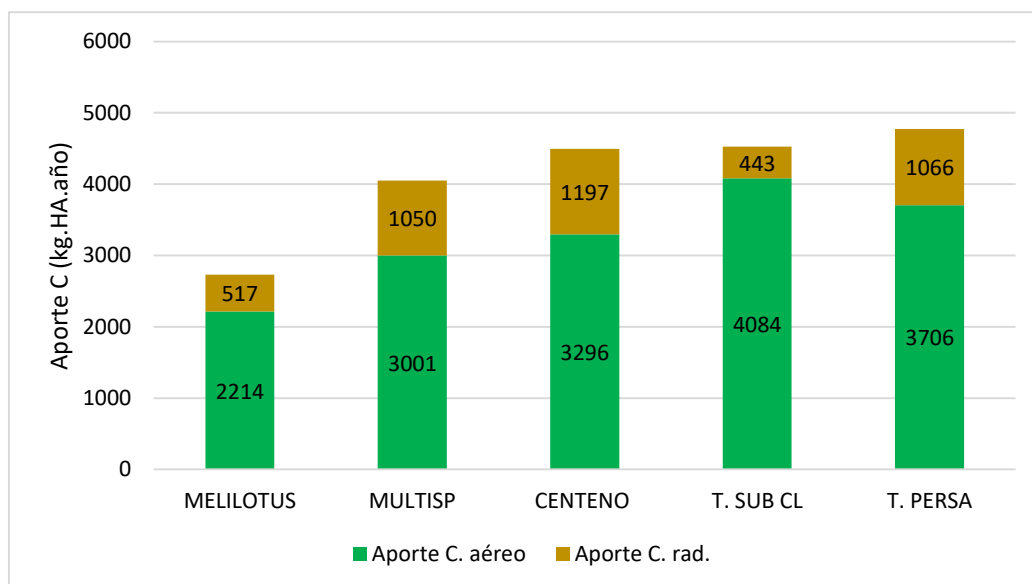


Figura 5. Aporte de carbono aéreo y radicular (kg.C.Ha.año) de los cultivos de cobertura.

Teniendo en cuenta cuánto de los aportes de carbono proviene de la biomasa aérea y de la radicular, observamos una diferenciación entre cultivos. En la figura 7 se observa que porcentaje del C total de cada cultivo proviene de raíces y de la biomasa aérea de las plantas. El 26 y 27% del total de los aportes de C realizados por el centeno y el cultivo multiespecie provinieron de las raíces, ambos caracterizados por poseer raíces con estructura en cabellera. Por su parte, el trébol persa y el melilotus aportaron un 22% y 19% del C, provenientes de las raíces y el trébol subterráneo aportó un 10% de C de raíces, respecto al total.

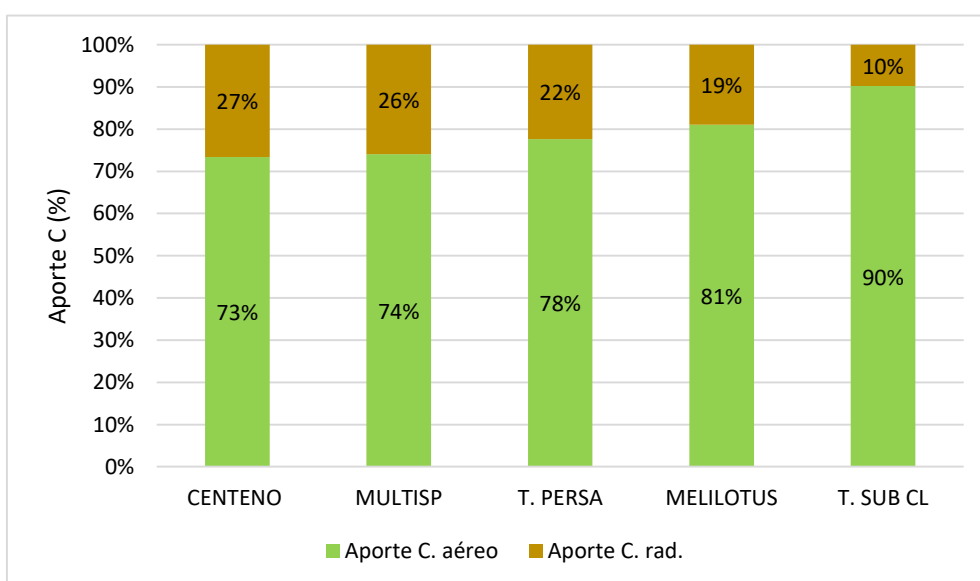


Figura 6. Proporción del aporte de C radicular y aéreo de los cultivos de cobertura.

Cobertura del suelo.

Los seis tratamientos evaluados alcanzaron una cobertura de suelo cercana al 80% o superior al momento de interrupción del ciclo de los cultivos. No obstante, la manera como fueron cubriendo la superficie del suelo fue diferente según la especie analizada. La primera medición se realizó el 21 de junio, 54 días después de la siembra, momento en el cual todos los tratamientos lograban una cobertura menor al 10% de la superficie del suelo. La segunda medición fue realizada 22 días posteriores a la primera, comenzando a notarse mayor diferencia entre las especies: el centeno y el cultivo multi-especies llegaban aproximadamente al 60%, el trébol persa al 40%, ambos tréboles subterráneos casi al 20%, mientras que la cobertura del melilotus no superaba el 10% de la superficie del suelo. El tercer momento de medición de cobertura fue en el mes de agosto, 33 días más tarde. En este momento se destaca el aumento de superficie cubierta por el trébol persa, el cual superó al centeno y multi-especies, llegando a 78%, 71% y 59%, respectivamente. El trébol subterráneo ciclo largo muestra un despegue con respecto a las especies con las cuales venía teniendo un comportamiento similar, llegando al 41% de cobertura de suelo, mientras que el trébol subterráneo ciclo corto y melilotus no alcanzaron a cubrir el 20% del suelo. Un mes más tarde se realizó el siguiente muestreo, donde el trébol persa llegó casi al 100% de cobertura del suelo, el multi-especies a 88% y el trébol subterráneo ciclo largo al 85%, quedando el centeno 5% por debajo de este último. El trébol subterráneo ciclo corto y melilotus triplicaron la superficie de suelo cubierta, llegando a 69%, 45%, respectivamente. La última medición fue realizada al momento del secado de los cultivos de servicio. El trébol persa, el cultivo multi-especies y el centeno no mostraron casi incremento. El trébol subterráneo de ciclo largo aumentó en 12 puntos porcentuales, llegando al 96% de cobertura. Melilotus y trébol subterráneo de ciclo corto llegaron a 78%.

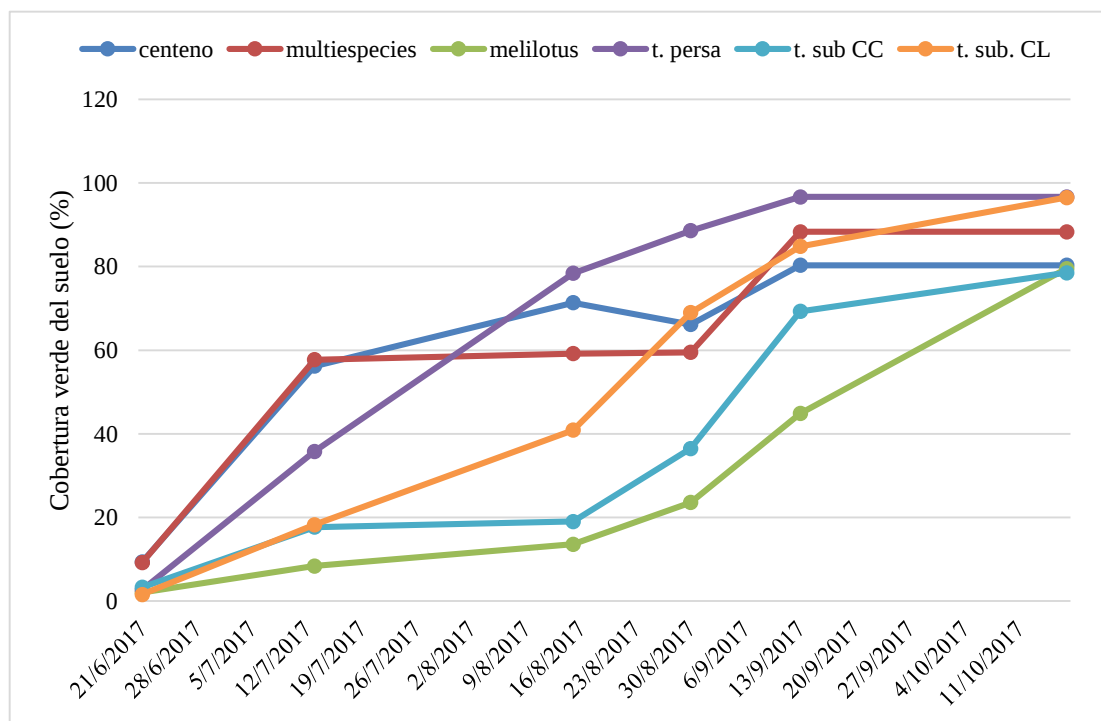


Figura 7. Cobertura de suelo (%) en los cultivos de cobertura.

Infiltración.

La infiltración acumulada varió entre 148 mm y 97 mm, siendo el menor valor correspondiente al tratamiento con trébol subterráneo, estando el testigo 10 mm por encima de este. El comportamiento de la infiltración de agua en los cultivos melilotus, trebol persa y multi-especies fue similar durante los 120 minutos de medición y la infiltración acumulada tuvo una diferencia de 7 mm. Por su parte, el total de agua ingresada en el tratamiento con centeno fue aproximadamente 20 mm menos que estos tres cultivos, llegando a un total de 127 mm. La diferencia más marcada en infiltración acumulada se dio entre los cultivos de servicios y el testigo, a excepción del trébol subterráneo, cuyo valor estuvo por debajo del testigo.

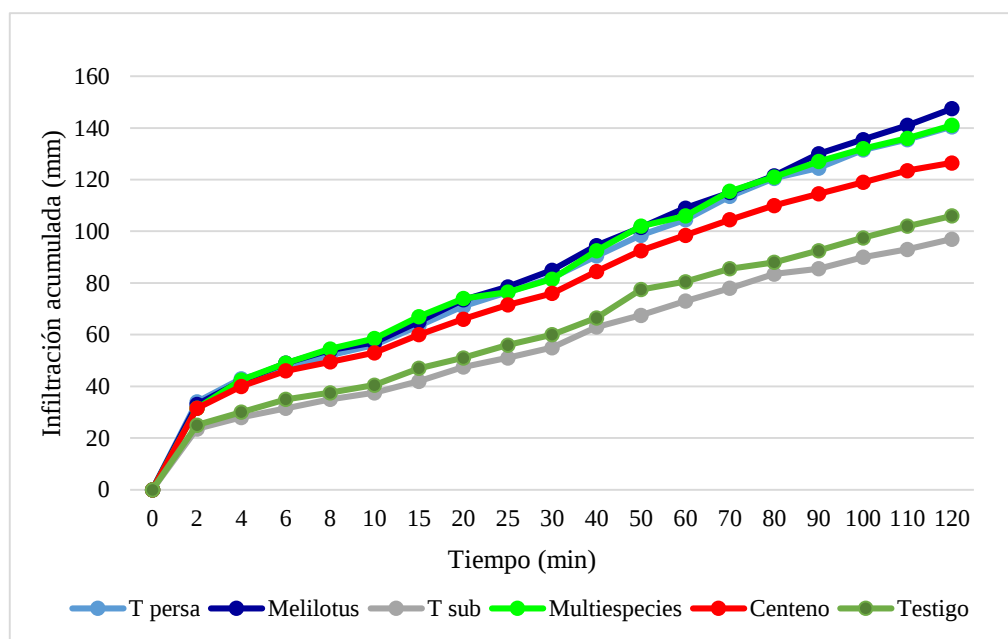


Figura 8: Infiltración acumulada en los cultivos de servicio y testigo.

Indicadores biológicos.

Los parámetros biológicos y bioquímicos tienden a reaccionar de manera más rápida y sensible a los cambios producidos en el suelo debido al manejo, por lo tanto podrían constituir una señal temprana y sensible y ser de utilidad para estimar la calidad edáfica, incluso antes que las propiedades físicas y químicas (Nannipieri, 1994).

A continuación, se muestran una serie de parámetros que fueron medidos durante el ciclo de los cultivos, indicadores construidos y la relación entre ellos.

Las transformaciones de la materia orgánica que se da en el suelo están mediadas por microorganismos, y la intensidad de la misma estará dada por la cantidad que haya y su actividad. El carbono de la biomasa microbiana (CBM) nos da una idea de la masa de microorganismos presentes en el suelo, que son los responsables de la transformación de la materia orgánica, mientras que su actividad puede medirse a partir de la respiración de los mismos (ABM).

Los agroecosistemas se caracterizan porque la acumulación de materia orgánica se da en los primeros centímetros de profundidad, siendo el lugar donde hay mayor actividad microbiana.

El siguiente gráfico nos muestra cómo fue el contenido de COT en el suelo y el CBM para los diferentes tratamientos. Esta relación es un indicador de la disponibilidad de materia orgánica del suelo para los microorganismos. En general se observa que a medida que aumenta la cantidad de COT, la masa de microorganismos es mayor, probablemente debido a la mayor cantidad de sustratos, siendo centeno y trébol subterráneo los más altos. También se puede observar como disminuye tanto el COT como el CBM en el estrato 10-20 cm, en comparación con el 0-10 cm, resultado de los mayores aportes de materia seca provenientes de la MS aérea y radicular de los cultivos.

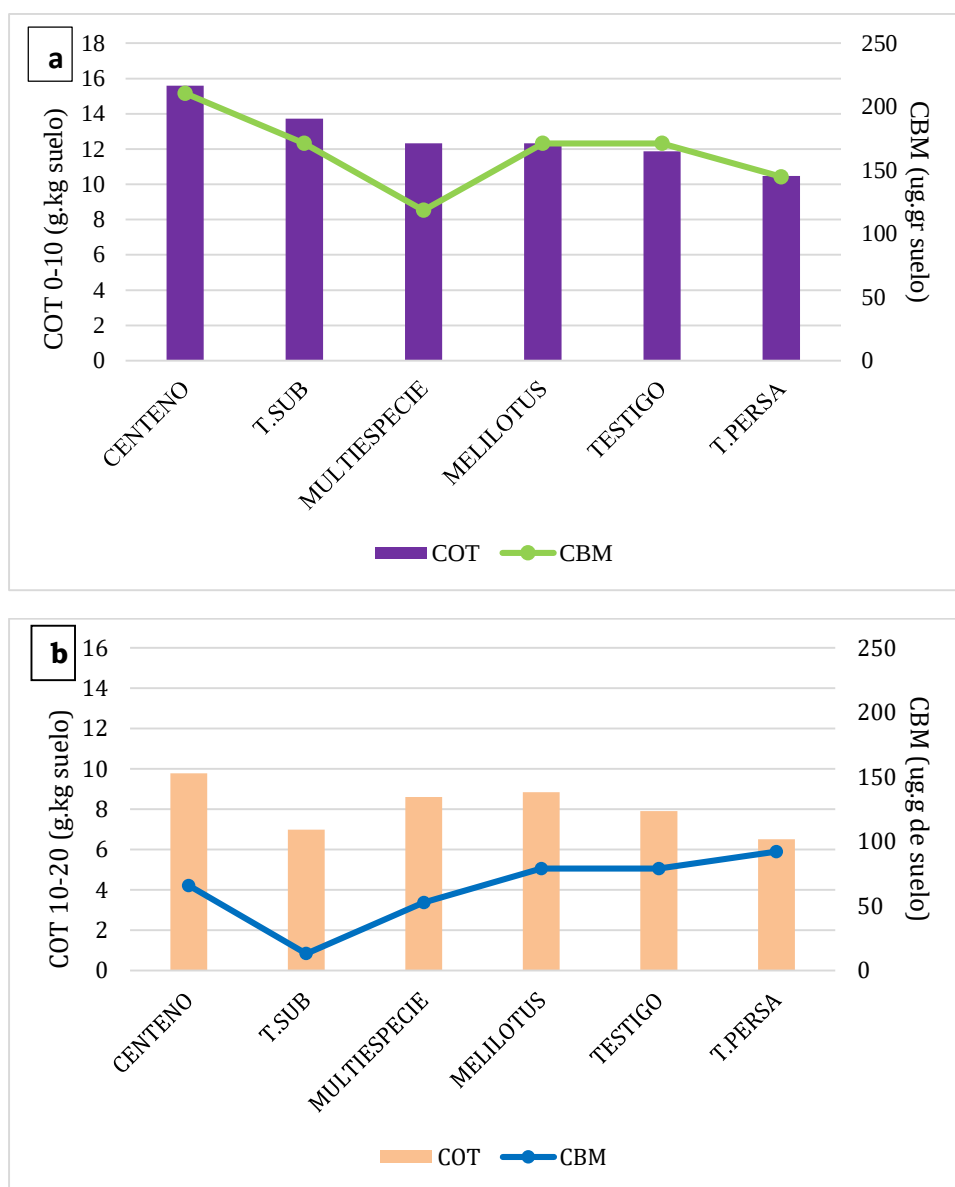


Figura 9. Carbono orgánico total de suelo (COT) y carbono de la biomasa microbiana (CBM) de los cultivos de cobertura, para las profundidades a) 0-10 cm y b) 10-20 cm.

En la figura 10 se muestran los valores de concentración de CO₂ en dos profundidades, 0-10 cm y 10-20 cm, respectivamente. Este indicador nos permite inferir acerca de la actividad microbiana presente en cada uno de los cultivos. Puede verse que en ambas profundidades el cultivo con mayor respiración microbiana fue el multi-especies, lo cual podría explicarse en parte por la mayor diversidad de especies implantadas y alto aporte de materia seca de raíces, que sirven de sustrato para la proliferación de diferentes tipos de microorganismos. El centeno, muestra altos valores de respiración en los primeros 10 cm de suelo, luego disminuye considerablemente. Por otra parte, el trébol subterráneo presenta valores de concentración de CO₂ semejantes en ambas profundidades.

La mayor producción de CO₂ no debe interpretarse directamente como una pérdida de carbono del suelo por baja eficiencia, ya que esto va a depender de la cantidad de microorganismos presentes (CBM).

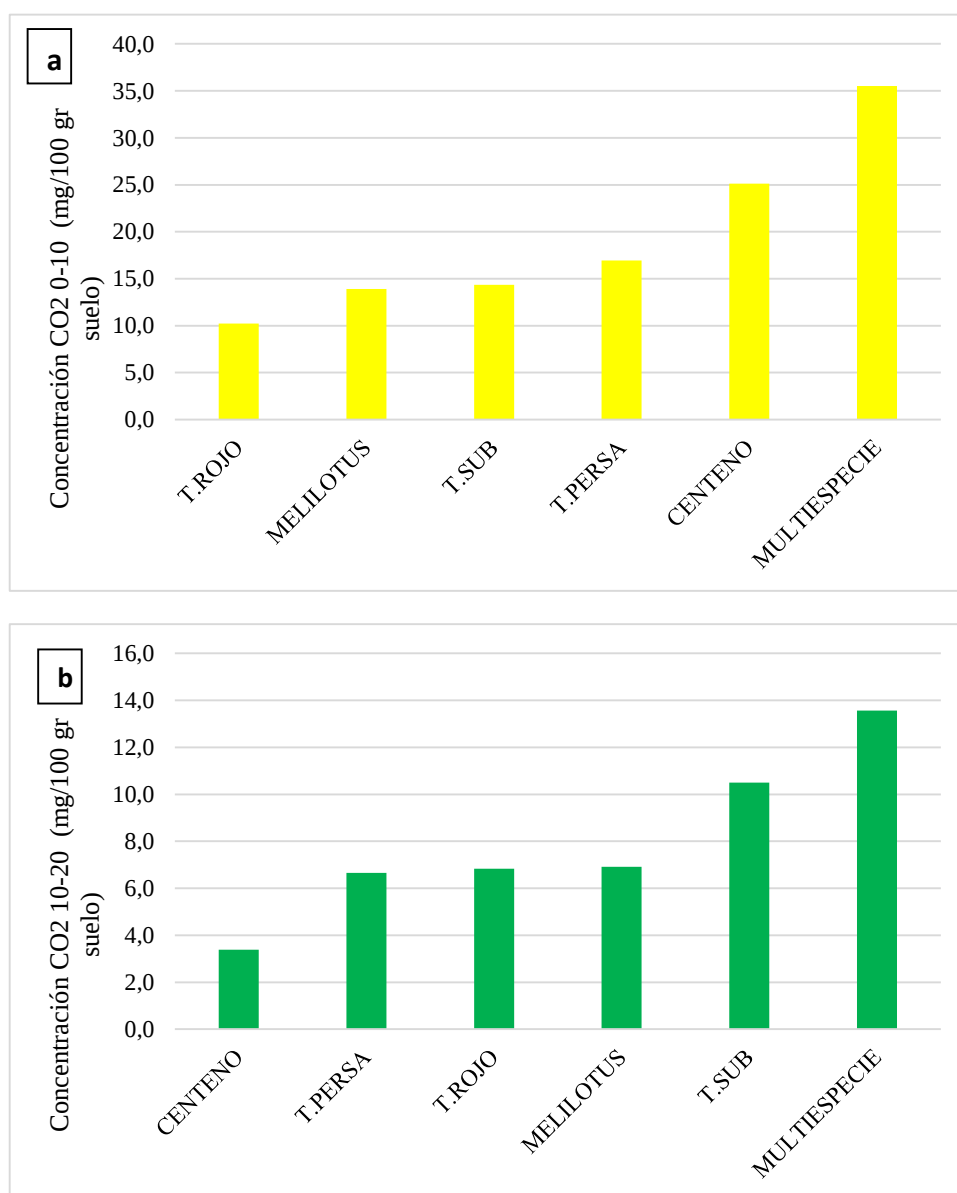


Figura 10: a) Concentración de CO₂ (mg/100 gr suelo) en los primeros 10 cm de profundidad. b) Concentración de CO₂ (mg/100 gr suelo) en la profundidad 10-20 cm.

Nitrógeno anaeróbico (Nan).

El nitrógeno anaeróbico (Nan) es un indicador temprano de los cambios que ocurren en el suelo debido al uso y manejo del mismo; es también una alternativa rápida, sencilla y confiable de estimación del N potencialmente mineralizable.

El siguiente gráfico muestra la relación que existe entre el carbono de la materia orgánica joven (con alta tasa de mineralización) y en Nan. Aquellos tratamientos que producen un mayor aporte de C al suelo, permitirían aumentar la cantidad de nitrógeno en el cultivo siguiente. En el caso de nuestro ensayo, los tratamientos que mayor aporte realizarían de este nutriente serían centeno, trébol subterráneo y trébol persa.

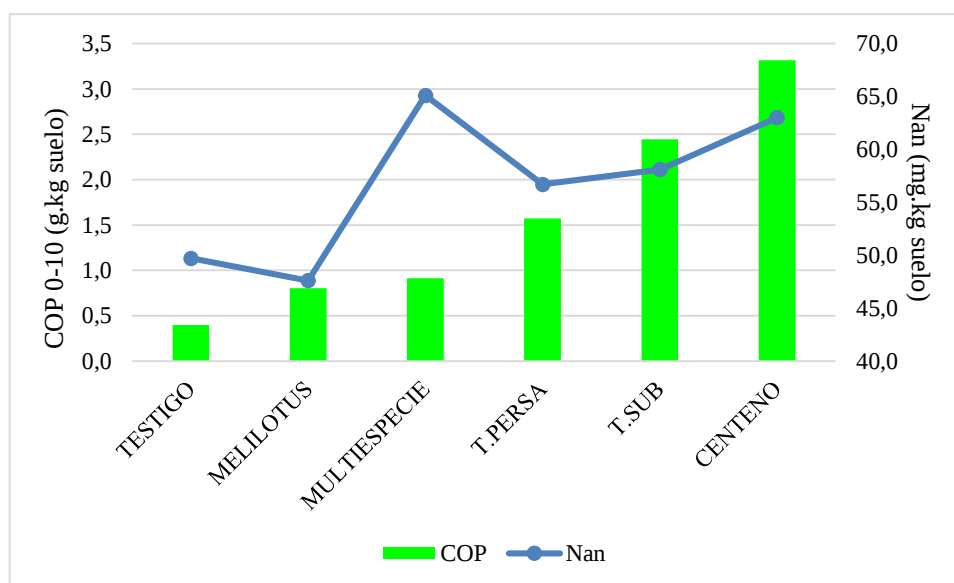


Figura 11: Carbono orgánico joven (COP) y concentración de Nan a 0-10 cm de profundidad.

Analizando los resultados vemos que el valor de Nan de todos los tratamientos, excepto el melilotus, superaron al testigo en los primeros 10 cm de suelo. Además los mayores valores fueron alcanzados por centeno y multi-especies. Por otra parte, en los segundos 10 cm de profundidad, observamos que todos los tratamientos igualaron o superaron al testigo. Esto permite decir que con la incorporación de coberturas es posible incrementar el nitrógeno potencialmente mineralizable para los cultivos subsiguientes. Algunos trabajos de la bibliografía comentan que a partir de los 45-50 ppm de Nan medidos a la siembra del maíz, el mismo no mostraría respuesta a la fertilización nitrogenada.



Figura 12: concentración de Nan a) 0-10 cm de profundidad. b) 10- 20 cm de profundidad.

Los indicadores biológicos del suelo pueden tener un rol fundamental como indicadores tempranos y sensibles de degradación o restauración de suelo. En este ensayo hubo algunos resultados que permitieron hacer una primera aproximación a campo sobre el comportamiento en los diferentes tratamientos.

Se destacó la importancia que tienen los diferentes parámetros medidos con los contenidos de materia orgánica del suelo. Es decir, a medida que esta aumenta, lo hace el contenido microbiano del mismo, mejora las condiciones para su desarrollo, y la posibilidad de liberación de nutrientes necesarios para los cultivos como por ejemplo el nitrógeno.

Temperatura de suelo.

El registro más alto de temperatura de suelo estuvo en el tratamiento testigo con 28.1 °C y la menor en el cultivo de centeno con 18.8 °C.

La temperatura de suelo mostró cierta relación con la biomasa aérea producida para los tratamientos de centeno, multiespecies, melilotus y testigo. Trébol persa y subterráneo de ciclo largo registraron temperaturas de suelo hasta 1.5 °C más altas que melilotus a pesar de haber producido más del doble de biomasa que este. Trébol subterráneo ciclo largo fue el último tratamiento medido, por lo cual puede haber tenido influencia de la temperatura ambiente.

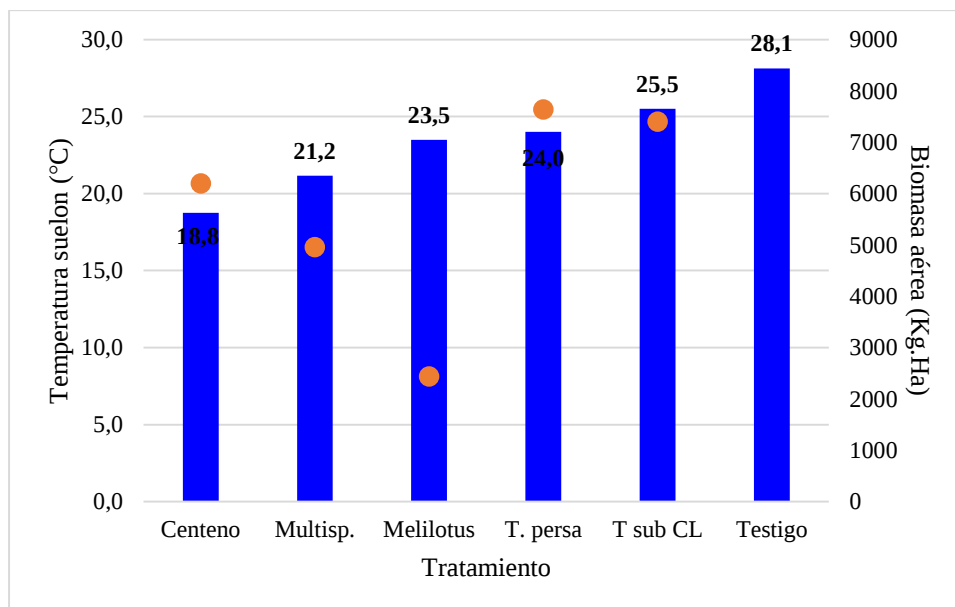


Figura 13: temperatura de suelo a 2 cm de profundidad.

Fluctuación de la napa.

En la figura 10 se observa la fluctuación de la napa desde el momento de la siembra de los cultivos de servicio hasta 14 días después del quemado de los mismos. Aquí se observa que para fines de mayo la napa se encontraba a 1 metro de profundidad, luego subió hacia los 70 cm para finalizar a q profundidad de 1.25 m. Tener en cuenta que este dato es solo informativo acerca del comportamiento de la napa.

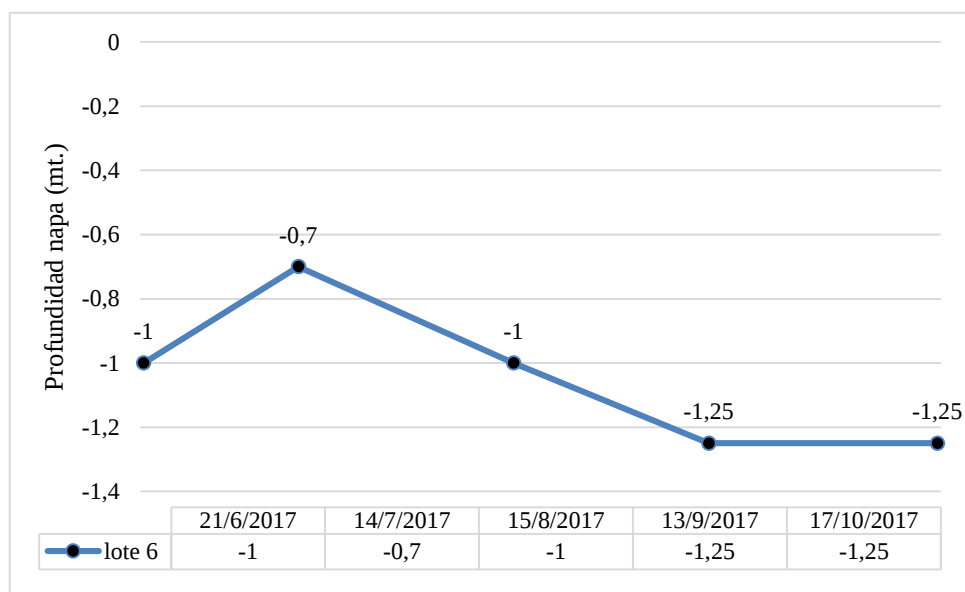
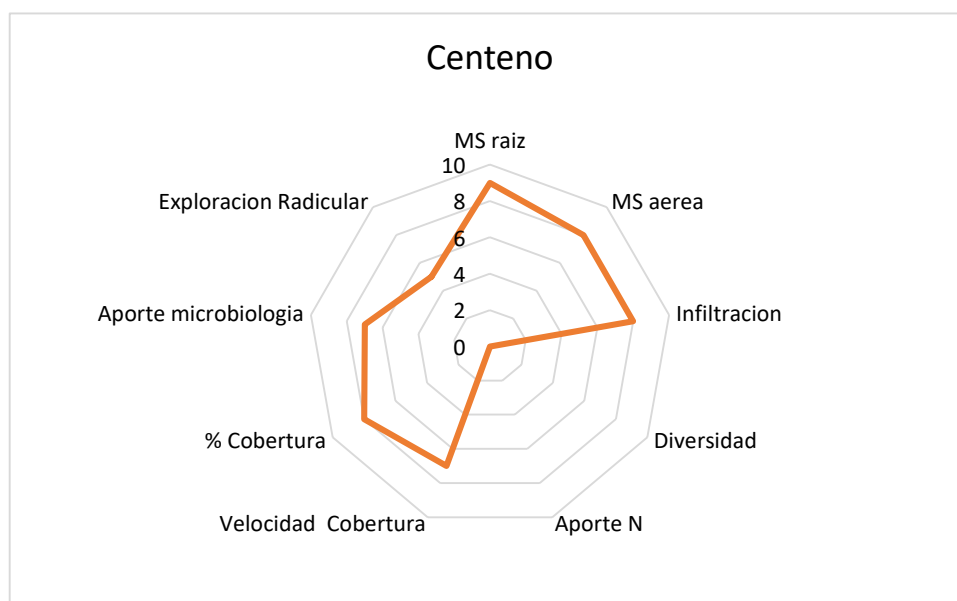
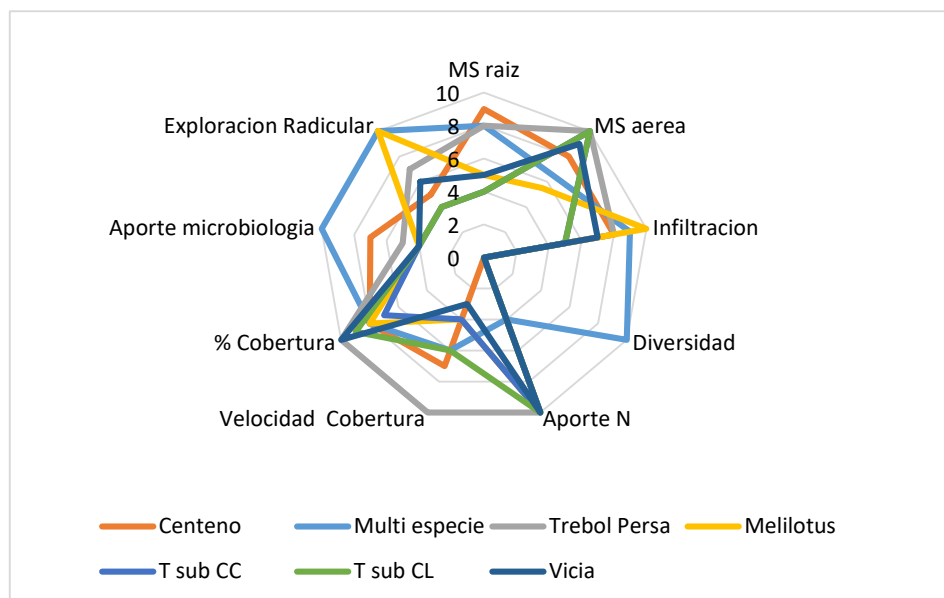


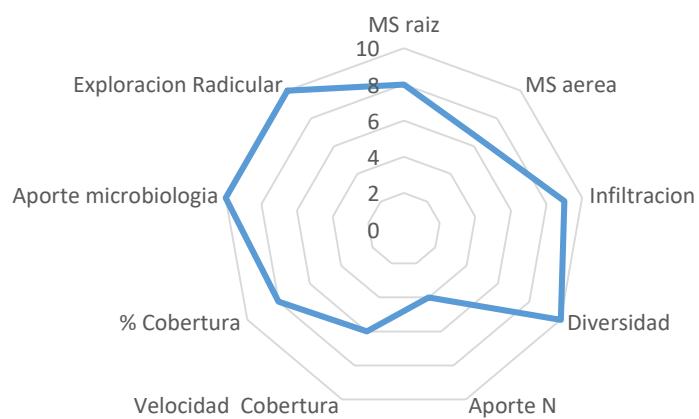
Figura 14: profundidad de la napa freática.

Como cierre, nos propusimos realizar una clasificación subjetiva y cualitativa del aporte que realiza cada una de las especies analizadas. Para ello se utilizó una escala de 1-10 en la cual se puntuaba cada característica o aporte según los resultados obtenidos en las mediciones detalladas anteriormente.

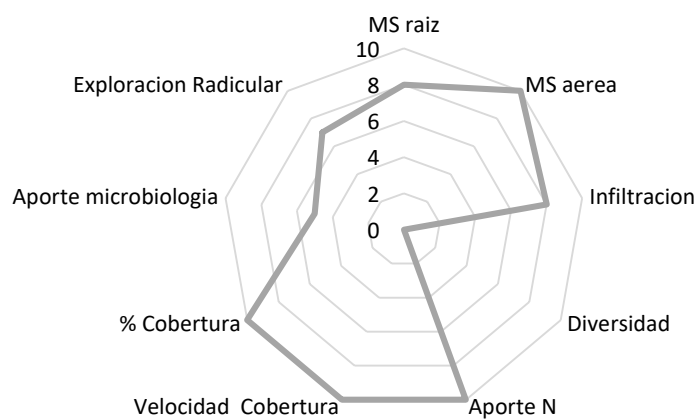
Gráfico general.



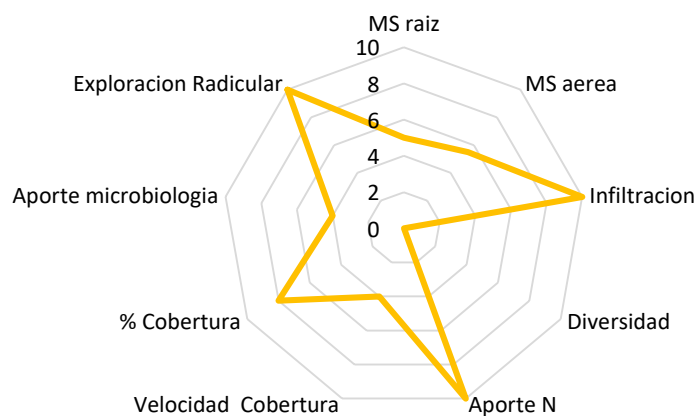
Multi especie



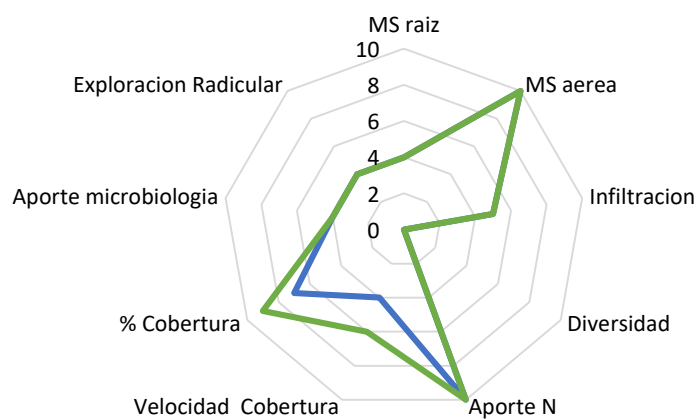
Trebol Persa



Melilotus



Trébol subterráneo CC/CL



Para la campaña 2018/2019 continúan los desafíos y es por esto, que se cuenta con tres bloques de ensayos, ubicados en el establecimiento MONTE HERMOSO (Gral. Levalle).

El objetivo en esta campaña es probar cultivos de servicios conformados por multiespecies (blends) que sirvan como antecesores de los cultivos de soja y maíz.

Como cultivos de servicios antecesores al maíz, se ensayan 4 blends de la empresa LAS PRADERAS y 3 cultivos de servicios formados cada uno por una especie leguminosa.

Los tratamientos son los siguientes:

Tratamiento	Especies
1	57 % vicia villosa ; 15 % trébol persa; 28 % avena strigosa
2	57 % vicia villosa ; 15 % trébol persa ; 28 % centeno
3	57 % vicia villosa ;15 % trébol alejandrino ; 28 % avena strigosa
4	57 % vicia villosa ;15 % trébol alejandrino; 28 % centeno
5	100% vicia
6	100% trébol alejandrino
7	100% trébol persa

La superficie sembrada es de 1.5 Ha para cada blend y la vicia, 4 Ha de trébol alejandrino y 30 ha de trébol persa.

Por otra parte, como antecesores al cultivo soja se sembraron 4 blends de la misma empresa en una superficie de 1.5 ha cada uno. Los mismos están conformados de la siguiente manera:

Blend	Especies
1	48 % vicia villosa ; 4 % trébol persa; 48 % avena strigosa
2	48 % vicia villosa ; 4 % trébol persa ; 48 % centeno
3	41 % vicia villosa ;12 % trébol alejandrino ; 47 % avena strigosa
4	41 % vicia villosa ;12 % trébol alejandrino; 47 % centeno

CONCLUSIONES

Los cultivos de servicios constituyen una gran herramienta para los sistemas productivos actuales, ya que permiten mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo que influyen directamente sobre la calidad y productividad de los mismos.

Los resultados obtenidos de las experiencias realizadas nos muestran que el uso de cultivos de cobertura permite mejorar la utilización de la energía del sistema. Esto se manifiesta a través del mayor aprovechamiento del recurso hídrico evidenciado por el aumento de infiltración, mejor almacenamiento del agua de precipitaciones y la producción de materia seca. Además, los aportes de carbono realizados al suelo fueron altos, manifestándose en las diferencias de carbono orgánico joven entre los tratamientos.

La cobertura de suelo fue mayor en los cultivos de cobertura, manifestando diferente dinámica de crecimiento y cubrimiento según la especie. La cobertura lograda produjo reducción de la temperatura de suelo y mayor competencia con malezas.

Aquellos tratamientos con mayor cantidad de carbono orgánico del suelo tuvieron más cantidad y actividad microbiana y cantidad de nitrógeno potencialmente mineralizable, es decir, una reactivación de la vida biológica del suelo.

Los diferentes comportamientos de las especies estudiadas en cada una de las variables detalladas y esquematizadas en los diagramas de tela de araña, permitirían elegir las especies a utilizar como cultivos de servicios según el/los objetivos específicos de cada lote o ambiente.

Respecto a los cultivos multiespecies podemos sugerir que colaboran en la desintoxicación del suelo producto de la metabolización de herbicidas por parte de las diferentes especies.

Para más información o seguimiento de los trabajos que estamos realizando seguinos en:



@ljandreoni

consultorabioired@gmail.com

AGRADECIMIENTOS



MONTE
HERMOSO

