



Foto: Kathrin Grahmann

CULTIVOS DE COBERTURA: REDUCCIÓN DE LA EROSIÓN Y APORTES A LA NUTRICIÓN DEL SUELO

El caso de la mezcla de centeno (*Secale cereale*) con *Vicia Villosa*

Ing. Agr. PhD Kathrin Grahmann¹,
Ing. Agr. PhD Andrés Quincke²,
Téc. Agrop. Emiliano Barolín²,
Ing. Agr. PhD Verónica Ciganda²

¹ZALF - Alemania

²Programa de Investigación en Producción y Sustentabilidad Ambiental - INIA

La inclusión de cultivos de cobertura en los sistemas de rotación agrícola o agrícola pastoriles se presenta como una herramienta para favorecer la sustentabilidad de los sistemas productivos y puede ser considerada parte de una transición gradual a sistemas de producción agroecológicos. Como parte de esta estrategia, INIA evaluó el rolado de una mezcla de cultivos de cobertura (centeno con vicia villosa) sin el uso de herbicidas en rotación con soja convencional.

INTRODUCCIÓN

La inclusión de cultivos de cobertura en los sistemas de rotación agrícola o agrícola pastoriles es una herramienta muy efectiva para el manejo integrado de las malezas, siendo factores claves en la minimización de aplicaciones de agroquímicos. Esto ocurre, principalmente, por el efecto que logran en bajar la presión de malezas para el cultivo siguiente. Además, tienen un rol protagónico en la conservación del suelo, ya que logran su cobertura durante todo el año reduciendo en forma

significativa las pérdidas de suelo por erosión hídrica. Estos beneficios derivados de la inclusión de cultivos de cobertura favorecen a la sustentabilidad de los sistemas productivos y pueden ser considerados parte de una transición gradual a sistemas de producción agroecológicos. Un ejemplo interesante a destacar en la utilización de cultivos de cobertura es lo que ha ocurrido en Estados Unidos, en donde se ha establecido un sistema de producción orgánica con siembra directa: soja o maíz en rotación con una mezcla de centeno con vicia como cultivos de cobertura.

Tabla 1 - Actividades y detalles del manejo agronómico en las parcelas durante el estudio.

Actividad	Fecha	Comentario
Siembra Trigo	29/06/2018	Variedad Genesis 628, 17 cm entre surcos, 115 kg/ha
Cosecha Trigo	23/12/2018	Rendimiento promedio: 4.7 t/ha
Siembra Soja	05/01/2019	Variedad SJ 13002, 40 cm entre surcos, 18 semillas/m
Cosecha Soja	03/05/2019	Rendimiento promedio: 2.4 t/ha
Siembra Cultivos de cobertura (CC)	18/05/2019	Centeno (Variedad Don Enrique, 90 kg/ha) con Vicia Villosa (Variedad Ascasubi, 45 kg/ha)
Aplicaciones (CC)	14/08/2019	Maleza durante desarrollo temprano del cultivo de cobertura, Boydal 200 cc/ha
Rolado (CC)	06/11/2019	Marca Distrimaq: 5 m ancho con 3 cuerpos (peso: 950 kg+aprox. 550 kg agua), 9.5km/hora
Siembra Soja	11/12/2019	Variedad SJ 13003 (madurez 4.8), 35 cm entre surcos, 18.6 semillas/m, sembradora: BTI Agri

Este sistema ha logrado rendimientos estables y un banco de semillas de malezas muy reducidoⁱ. Otra ventaja que muestra este sistema de producción es el manejo sustentable de la fertilización del suelo: la vicia es una leguminosa que hace un elevado aporte de nitrógeno al suelo, y la mezcla en conjunto con centeno contribuye con una alta biomasa radicular asegurando entradas de materia orgánica en las capas profundas del suelo. En diciembre de 2018, en Uruguay, se firmó el nuevo "Plan nacional de Agroecología" el cual introduce al país a la búsqueda de alternativas de producción en el camino de la agroecología de nuestros sistemas. En este sentido, en INIA La Estanzuela hemos llevado a cabo algunos estudios (2017-2019) que aportan resultados preliminares y pueden contribuir a la generación de información para sistemas agroecológicos. El objetivo de este estudio fue evaluar el rolado de una mezcla de cultivos de cobertura (centeno con *vicia villosa*) sin el uso de herbicidas en rotación con soja convencional (es decir sin eventos transgénicos) y medir los efectos en el comportamiento de plantas, la nutrición y pérdidas de suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en los años 2017, 2018 y 2019 en las parcelas de escurrimiento de largo plazo de INIA La Estanzuela, Uruguay (instaladas en 1982). El suelo está clasificado como Vertic Argiudoll y tiene una pendiente de 3%. Se utilizaron seis parcelas, que tienen un tamaño de 22 m de largo y 3,5 m de ancho. La rotación fue: soja – barbecho – maíz – trigo – soja – cultivo de cobertura – soja, precedido por siete años de soja continua. En las seis parcelas se aplica desde 2008 un sistema de siembra directa, sin retiro de rastrojos. Anteriormente, la mitad de las parcelas fue manejada con laboreo convencional.

Detalles sobre el manejo agronómico durante el tiempo de estudio se resumen en Tabla 1.

El agua de escurrimiento se colectó en dos tanques con una capacidad para almacenar escurrimientos de hasta 100 mm. En cada evento de lluvia se registraron las precipitaciones y el volumen de agua escurrido por parcela. Se tomaron muestras de agua en cada tanque para determinar la cantidad de los sólidos fijos (concentración de sedimentos minerales) y volátiles (materia orgánica) con el método gravimétrico de la APHAⁱⁱ.

Además se instaló un ensayo de invernáculo para determinar la biomasa radicular de centeno y *vicia villosa*, creciendo separadas o en mezcla. Cilindros de acrílico transparente de 50 cm de altura y 9,3 cm de diámetro ("Rhizometer") fueron puestos en un invernáculo (Figura 1A-C).

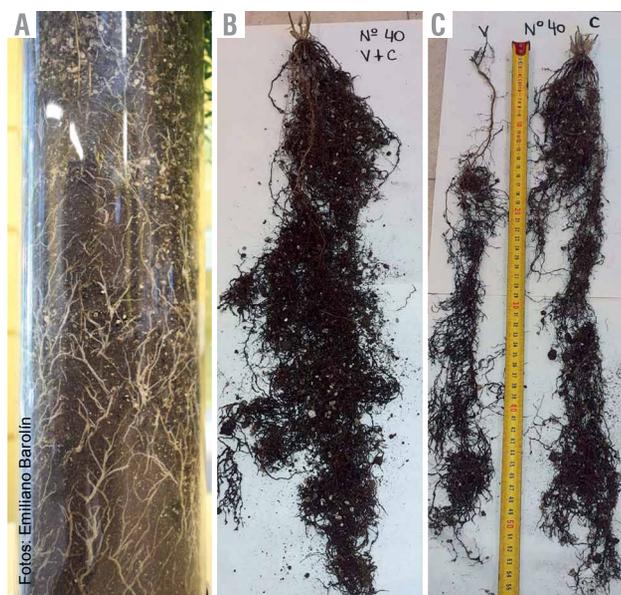


Figura 1 - A: raíces en el Rhizometer, B: raíces de centeno con vicia en conjunto (V+C), C: raíces de Vicia (V) y centeno (C) por separado.

ⁱMirsky et al. Conservation tillage issues: Cover crop-based organic rotational no-till grain production in the mid-Atlantic region, USA. *Renew. Agric. Food Syst.* 2012, 27, 31–40. ⁱⁱAPHA; AWWA; WPCF Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association; 23rd editi.; Washington DC, 2012

Se hizo un monitoreo del sistema radicular dibujando las raíces visibles sobre un nylon colocado sobre la pared exterior del cilindro. Las proyecciones obtenidas de cada cilindro fueron digitalizadas con una cámara de fotos. Después se usó el software "Rootreader 2D" para determinar la longitud de raíces. Al finalizar el estudio se realizó un lavado de raíces en dos etapas: primero con un tamiz de 710 μm y agua potable y luego con un tamiz de 500 μm y Teepol (200 ml, 2%).

RESULTADOS

La mezcla de cultivos de cobertura en campo tuvo un rendimiento promedio de materia seca entre 4333 y 5952 kg/ha. La variación dentro de las parcelas fue alta, con valores mínimos de 3000 y máximos de 7570 kg/ha. Eso fue debido, probablemente, al intenso y largo uso de las parcelas por más de 30 años que causó una degradación parcial de suelo en cada unidad experimental, particularmente en las huellas y el área próxima al embudo de colección del escurrimiento. La proporción de plantas entre centeno y vicia (óptimo sería de 2) varió entre 1.4 y 2.4, dependiendo de la parcela y del momento del conteo de plantas, pero en total fue satisfactorio. Durante el desarrollo temprano de la mezcla de cultivos de cobertura, se tuvo que aplicar un herbicida selectivo por problemas con Caapiqui (*Stellaria media*). Se terminó la mezcla de cultivos de cobertura en el día 172 posterior a la siembra. Se utilizó un rolo faca comercial que alcanzó un alto porcentaje de área con plantas terminadas. Las últimas plantas vivas fueron terminadas con la operación de la siembra (Figura 2A-D). Se observó una buena implantación de la soja después del rolado y se registraron entre 77% a 91% plantas emergidas de soja por metro lineal (sembrado a 18.6 semillas/m).

En el estudio de invernáculo, la biomasa radicular fue medida en tres momentos.

La vicia realiza un elevado aporte de nitrógeno al suelo y su mezcla con centeno contribuye a una elevada biomasa radicular.

En la primera medida (28 días post-emergencia) no hubo diferencias entre las especies en monocultivo comparado con la mezcla (101 kg/ha). En la segunda medida (56 días post-emergencia) la biomasa radicular de la mezcla (1373 kg/ha) fue dos tercios más que la vicia o el centeno puros. En la última medida (70 días post-emergencia) la mezcla produjo 3750 kg/ha de biomasa radicular, comparado con 640 kg/ha para la vicia o el centeno puros.

Suponiendo un contenido promedio de nitrógeno (N) en las raíces en vicia de 10% y en centeno de 15%, se puede obtener en el largo plazo hasta 470 kg/ha de aportes de N por descomposición de la biomasa radicular en mezcla, comparado con solo 96 kg N/ha en centeno y 65 kg N/ha con la vicia. Aquí se sumaría la fijación biológica de N por la vicia que fue reportado en la literatura con casi 100 kg N/ha en monocultivo y aproximadamente 50 kg N/ha en mezcla con centeno.

Por ser un experimento de largo plazo, existe un historial de mediciones del carbono orgánico del suelo (COS). Desde 2015 con agricultura continua, el COS descendió hasta que llegó a un nivel mínimo de 1.9% en diciembre 2018. Durante el ciclo de la mezcla de cultivos de coberturas, se logró aumentar el COS a 2.4% en los primeros 15 cm de suelo (Figura 3). Las diferencias que se observan antes de 2015, son debido a diferentes tratamientos que se aplicaron anteriormente.

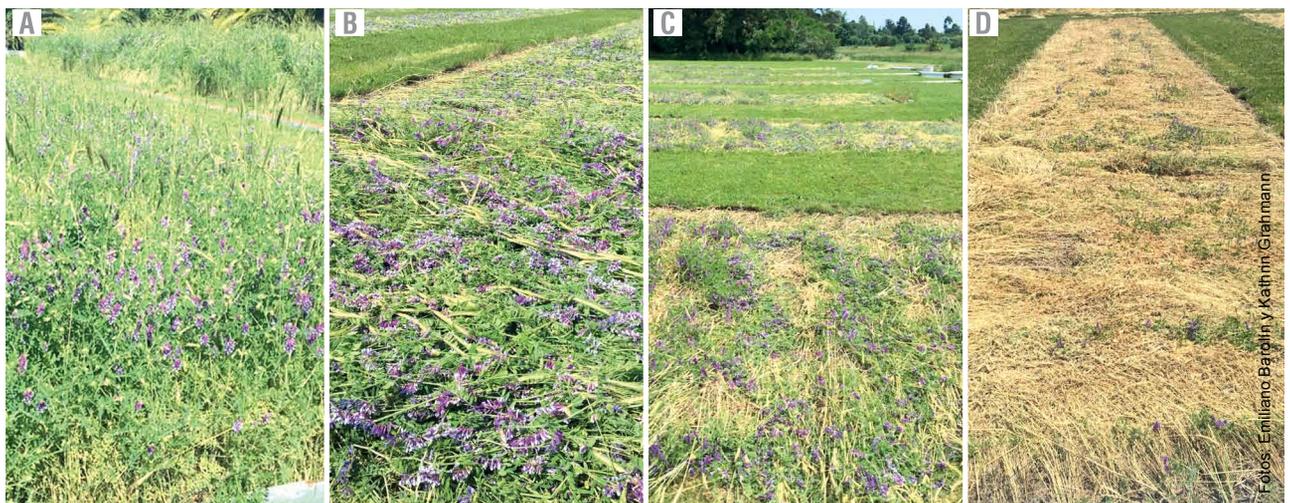


Figura 2 - A: antes del rolado, B: justo después del rolado, C: justo después la siembra de soja seis días después de rolado, D: tres días después de la siembra.

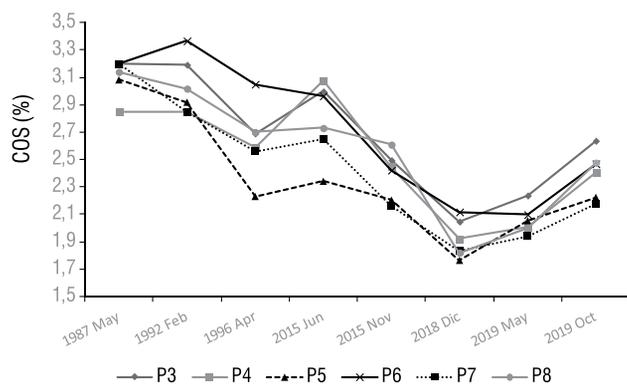


Figura 3 - Desarrollo de carbono orgánico del suelo (COS) a largo plazo en las seis parcelas (P3-P8, corregido por cambio del método en 2012).

La mezcla de los cultivos de cobertura en combinación con siembra directa y retención de paja durante la rotación de cultivos logró aumentar las diferentes fracciones de N en el corto plazo (Tabla 2). Particularmente, el nitrato (NO_3), la fracción más disponible para las plantas, aumentó y, si no ocurren pérdidas posteriores, podrá ser utilizado por el siguiente cultivo. También el PMN incrementó significativamente en la última fecha del muestreo en la profundidad de 7.5 a 15 cm, debido a los aportes por la descomposición de las raíces de la mezcla de los cultivos de cobertura.

En 2019, la erosión medida durante todo el año varió entre 71 y 243 kg de suelo/ha y un promedio de 139 kg/ha, apuntando hacia una muy efectiva protección del suelo. Se encontró una alta correlación lineal entre el agua escurrida y la pérdida de suelo ($R^2=0,82$) y también una relación con incremento exponencial entre la precipitación y el agua escurrida ($R^2=0,71$). Los sólidos volátiles representan aproximadamente un tercio de las pérdidas totales que se traducen directamente en pérdida de materia orgánica y otros nutrientes, por consiguiente los sólidos fijos (minerales) corresponden a dos tercios de la pérdida total de suelo.

La magnitud de las pérdidas anuales de suelo (sólidos totales) en 2018 osciló entre 435 kg/ha y 1479 kg/ha y, para el año 2017, entre 169 y 327 kg/ha. La variabilidad entre parcelas fue atribuida a la historia del uso y manejo de suelo.

CONCLUSIONES

El uso amplio de las mezclas de cultivos de cobertura en el país aún requiere muchos estudios y ajustes, por ejemplo, en parámetros técnicos (velocidad y peso del rolado), pero también en el manejo agronómico para lograr una alta y pareja biomasa de la mezcla. En general, se logró aumentar la fertilidad de suelo superficial en el corto plazo debido al aporte beneficioso de las raíces. Las pérdidas de suelo por erosión se redujeron a un mínimo en sistemas de agricultura de conservación con cobertura total y comparada con estudios en sistemas con laboreo y sin cobertura.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la empresa Sureña por el préstamo del rolo faca, a Juan Pablo Viera y a la empresa Fadisol por disponer la semilla de la vicia, a los productores Jorge y Alejandro Torielli por disponer la semilla de centeno y a Andrés Contatore (Cuatro Hojas) por su seguimiento del proyecto. También agradecemos al laboratorio de suelos INIA por los análisis de suelo y agua de alta calidad y a Leonardo Silva, Héctor Vergara y Gualberto Soulier por el mantenimiento del experimento de largo plazo.

Se logró aumentar la fertilidad de suelo superficial en el corto plazo debido al aporte beneficioso de las raíces, mientras que la erosión se redujo a un mínimo en sistemas de agricultura de conservación con cobertura total.

Tabla 2 - Resultados de diferentes fracciones de N en el suelo durante la mezcla de cultivos de cobertura en campo para tres muestreos (N_{tot} : nitrógeno total; NO_3 : nitrato; NH_4 : amonio; PMN: potencial de mineralización de nitrógeno).

Parametro	Profundidad (cm)	25-oct	SD	11-nov	SD	29-nov	SD
N_{tot} (%)	0-7.5	0,27	0,05	0,26	0,02	0,28	0,04
	7.5-15	0,22	0,03	0,2	0,03	0,2	0,03
NO_3 (ppm)	0-7.5	3,41	0,22	6,13	0,8	11,7	2,7
	7.5-15	3,1	0,12	4,2	0,46	6	0,69
NH_4 (ppm)	0-7.5	16,62	1,73	6,1	0,98	7,65	3,38
	7.5-15	14,54	2,05	8,22	3,61	6,98	1,43
PMN (mg/kg)	0-7.5	46,67	18,9	36,67	17,27	42,63	19,32
	7.5-15	2,92	0,95	10,1	5,15	16,19	9,53