



Foto: Facundo Capandeguy

Jornada de campo del FPTA de Cultivos de Servicio.

# EL ROL DE LOS CULTIVOS DE SERVICIO EN LA MEJORA DE LA ECONOMÍA DEL NITRÓGENO



Ing. Agr. Santiago Alvarez<sup>1,2</sup>  
Ing. Agr. PhD Agustín Núñez<sup>3</sup>  
Ing. Agr. MSc. Nicolás Baráibar<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Asociación Uruguaya Pro Siembra Directa

<sup>2</sup>EEMAC, Facultad de Agronomía - Udelar

<sup>3</sup>Sistema Agrícola Ganadero, Área de Recursos Naturales, Producción y Ambiente - INIA

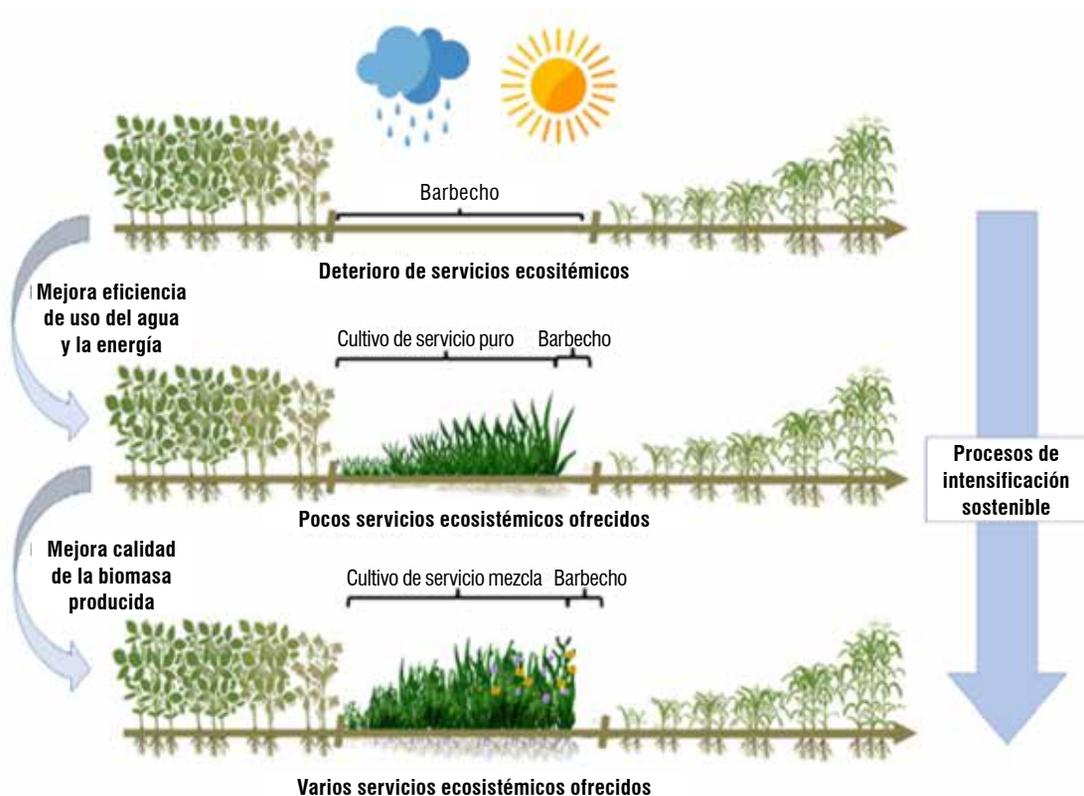
<sup>4</sup>Técnico Sectorial - INIA La Estanzuela

Transitar por un proceso de intensificación sostenible requiere planificar la diversidad del sistema agrícola con el objetivo de maximizar la eficiencia en el uso de los recursos naturales y minimizar el uso de fuentes de energía de origen fósil. Los cultivos de servicio (CS) son una herramienta valiosa en este proceso, ya que mejoran la economía del nitrógeno (N) e impactan directamente en la rentabilidad de los cultivos.

## INTRODUCCIÓN

Con el apoyo financiero del Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria (FPTA) de INIA, la Asociación Uruguaya pro Siembra Directa (Ausid) y la Facultad de Agronomía (EEMAC) están llevando a cabo un proyecto de difusión para promover, mejorar y ajustar la tecnología de producción de los CS, también conocidos como cultivos de cobertura.

El objetivo de este artículo es presentar información sobre el rol que pueden cumplir los CS en el aporte de N y el manejo requerido para aprovechar este beneficio sin comprometer la productividad del cultivo siguiente. Se ahondará en la elección de las especies, con foco en dos características relevantes: i) la capacidad de producción de materia seca y ii) su calidad, medida como la relación carbono/nitrógeno (C/N) del material.



**Figura 1** - Marco conceptual de proceso de intensificación sostenible de los sistemas agrícolas asociados a la incorporación de cultivos de servicio puros y en mezcla en sustitución de períodos improductivos de barbecho.  
Fuente: FPTA de Cultivo de Servicios

Esta presentación está basada en información de referencia a nivel regional e internacional, utilizando como ejemplo la información generada durante el 2022 en campos de productores del litoral oeste del país y en experimentos instalados en INIA La Estanzuela y EEMAC en el marco del FPTA.

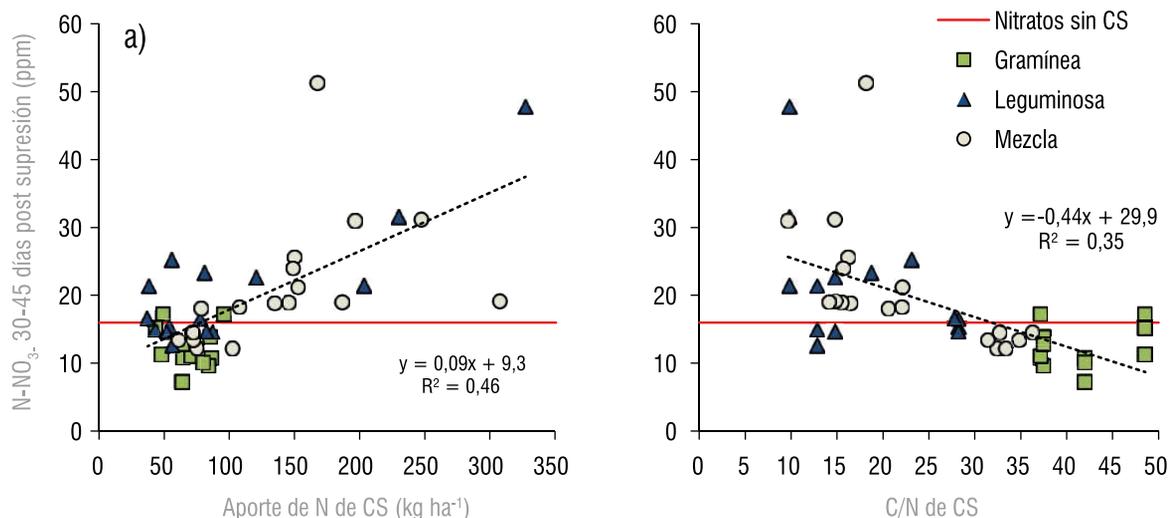
## EL SERVICIO ECOSISTÉMICO APORTE DE NITRÓGENO

La implementación de los Planes de Uso y Manejo Responsable del Suelo que establece que mantener el suelo descubierto está penado por ley, se tradujo en la inclusión de CS con el objetivo de reducir la erosión. Sin embargo, su implementación ofrece una oportunidad sin precedentes para aumentar la productividad y la diversidad “doméstica” así como promover múltiples servicios ecosistémicos desde la agricultura (más allá del control de la erosión) como por ejemplo: mejorar la estructura del suelo, el manejo de plagas, la eficiencia del uso de agua y nutrientes, incorporar N al sistema y aumentar el secuestro de carbono (Alvarez *et al.*, 2012) (Figura 1). Varios de los servicios ecosistémicos mencionados

pueden obtenerse con el diseño de un sistema agrícola complejo que contemple el no laboreo, una alta intensidad del uso del suelo y la planificación de la diversidad. Sin embargo, la eliminación de las pasturas mezclas de gramíneas y leguminosas de la rotación, por sistemas con una alta intensidad de uso del suelo generada en base a cultivos de renta, ha llevado a la pérdida del servicio ecosistémico “aporte de N orgánico” y, por ende, al agotamiento de este recurso (Ernst *et al.*, 2018).

## EL ROL DE LOS CULTIVOS DE SERVICIO

Pocas herramientas son más promisorias para mejorar la economía del N que la inclusión de CS de base leguminosa. Esta práctica puede tener un impacto inmediato en el margen neto del cultivo de renta siguiente. Pero además de su capacidad de aportar N “nuevo” al sistema a partir del proceso de fijación biológica, las leguminosas se diferencian de otras especies por poseer una mayor capacidad de acumular N por cantidad de biomasa producida, generando un residuo de menor C/N y, por lo tanto, de más rápida descomposición (Finney *et al.*, 2016).



**Figura 2** - Relación entre el nitrógeno como nitrato ( $N-NO_3^-$ ) en el suelo a siembra del cultivo de renta (30-45 días según sitio y manejo) en función de: A) aporte de nitrógeno por hectárea y B) la relación carbono/nitrógeno de la biomasa producida por el cultivo de servicio. Nitratos sin CS indica el valor promedio de testigos sin CS. Fuente: FPTA de Cultivo de Servicios.

**Mayor el aporte de N y menor la C/N del CS, mayor será el nivel de nitratos en suelo a la siembra del cultivo de renta sucesor**

Esta interacción entre el aporte de N y la C/N del material es explicada en la Figura 2, en la que se presenta su relación con el nivel de nitratos a siembra del cultivo de renta. En la Figura se observa que para superar el nivel de nitratos en suelo en comparación a un barbecho largo, parecen ser necesarios superar los 100 kg N/ha (Figura 2a) y/o lograr una C/N menor a 30 (Figura 2b). Esto se logró con CS de leguminosas puras o cultivos mezclas de gramíneas y leguminosas.

Según los datos recabados en el marco del FPTA, el aporte de N de las avenas se encontró entorno

a los 25-80 kg/ha, con una C/N de 40-50, lo que difícilmente permita que quede N disponible para el cultivo de renta siguiente (Cuadro 1 y Figura 2).

Por otro lado, las leguminosas superaron los 100 kg/ha de N, dada por una mayor concentración de N en planta (Cuadro 1), permitiendo, a su vez, que el N acumulado quede rápidamente disponible en suelo por poseer una C/N menor a 30 (Figura 2b).

Los CS mezcla combinan características de ambas especies. Se levanta el piso de productividad de las leguminosas por incorporar gramíneas y, por ende, también se diluye la concentración de N. En consecuencia, se logran aportes de N más estables que serán dependientes de la proporción de biomasa generada por una u otra especie (Cuadro 1).

**Cuadro 1** - Rangos de biomasa producida en base a relevamientos de chacra, rango de concentración de nitrógeno y relación carbono/nitrógeno determinados en ensayos en INIA La Estanzuela y EEMAC y estimación del aporte de nitrógeno a partir de la media de la concentración de N y los rangos de productividad. Fuente: FPTA de Cultivo de Servicios.

Especie	Producción de biomasa (Mg/ha)	Concentración de nitrógeno en planta (%)	Relación carbono/nitrógeno a supresión	Aporte de nitrógeno (kg/ha)
Vicia villosa	2,2 – 4,7	1,8 - 4,2	10 - 23	70 - 140
Avena sp.	2,5 – 8,2	0,9 – 1,1	40 - 50	25 - 80
Mezcla V+G	4,7 – 9,7	1,3 – 2,8	15 - 33	120 - 130*

\*Valor más alto de biomasa se multiplicó por concentración más baja. Asumiendo que los CS mezcla que más producen tienen una mayor proporción de biomasa de gramíneas.

Las leguminosas superaron los 100 kg/ha de N y permitieron que el N acumulado quede rápidamente disponible en suelo, al poseer una C/N menor a 30.

## CLAVES DE MANEJO PARA ALCANZAR EL OBJETIVO PLANTEADO

Los CS podrán cumplir con el objetivo de aportar N, evitando posibles inconvenientes en el cultivo sucesor como el consumo de agua o la propia inmovilización de nutrientes, si se toman en cuenta una serie de pasos.

### Determinación de la ventana de siembra

Para poder decidir la/s especie/s a ser sembrada/s es necesario determinar la ubicación y duración de la ventana de crecimiento del CS. El período varía a partir de una serie de factores como lo son el cultivo sucesor y antecesor, el tiempo de barbecho y la fecha de siembra del CS.

La duración de la ventana de crecimiento afecta la cantidad de biomasa producida por los diferentes CS. A nivel local se ha estimado para CS de una especie que son necesarios aproximadamente 150 días de crecimiento para alcanzar 4-5 Mg/ha de biomasa seca (Siri-Prieto y Ernst, 2011), considerado por algunos investigadores como el mínimo indispensable para que los CS cumplan con sus funciones (Finney *et al.*, 2016). Aun así, la alta frecuencia de cultivos de segunda lleva a que alcanzar 120-150 días de crecimiento sea un desafío.

A continuación, se presentan los principales pasos para la planificación de la ubicación y duración de la ventana de crecimiento.

### Fijar fecha de siembra del cultivo de renta

Es lo primero que hay que definir. Hacerlo permitirá establecer la ubicación de la ventana de crecimiento y establecerá el máximo posible de días de crecimiento.

### El tiempo de barbecho

El tiempo de barbecho es un factor clave en el éxito o fracaso de los CS. Siri-Prieto y Ernst (2011), observaron para suelos del litoral agrícola entre 20 y 40 días de tiempo de barbecho como el óptimo para lograr una buena “cama de siembra” y no comprometer el agua en el suelo y la disponibilidad de nutrientes, y, por lo tanto, el rendimiento del cultivo sucesor. Sin embargo, es importante considerar que el manejo del tiempo de barbecho es sitio específico, dependiente del clima y el tipo de suelo (capacidad de almacenar agua) de la chacra.

Ante primaveras secas, son necesarios más días de barbecho. Por el contrario, en suelos superficiales, el tiempo de barbecho puede ser menor.

Al haber fijado la fecha de siembra del cultivo de renta sucesor, la forma de definir el tiempo de barbecho será estableciendo la fecha de supresión del CS.

### Estimar la relación carbono/nitrógeno del material

Por afectar la velocidad con la que el N absorbido quedará disponible en el suelo, estimar la C/N es un aspecto fundamental para sincronizar el aporte de N al cultivo de renta siguiente. La C/N del material puede ser ajustada a partir de dos estrategias, la especie seleccionada y el estado fenológico al momento de la supresión. Por esta razón, es necesario considerar la fecha de supresión como mecanismo de control del estado fenológico de las especies utilizadas como CS (Cuadro 2).

**Cuadro 2** - Relación carbono/nitrógeno (C/N) y tasa de descomposición en respuesta al tipo de material.

Material	Relación carbono/nitrógeno	Tasa de descomposición
Rastrojo de trigo	80/1	----
Gramíneas en antesis	35-40/1	---
Gramíneas en vegetativo	25-35/1	--
Mezcla con leguminosas	15-30/1	-
Dieta microbiana ideal	24/1	-
Vicia en vegetativo	11-15/1	+
Biomasa microbiana	8/1	+

Especies no leguminosas que alcanzan el estado reproductivo a supresión tendrán una C/N muy alta, favoreciendo el proceso de inmovilización (retención de nutrientes) y manteniendo en superficie el residuo sin descomponer por más tiempo. Mientras que las leguminosas por poseer una baja C/N, favorecerán el proceso inverso.

### Establecer fecha de siembra del cultivo de servicio

La fecha de siembra definirá el largo de la ventana de crecimiento. Cuanto antes se pueda realizar, mayor la posibilidad de alcanzar la producción objetivo. En este proyecto, relevando chacras de productores, se ha encontrado en *Vicia villosa* niveles de productividad similares entre siembras precosecha al voleo y post cosecha en línea (Figura 3), pero mayor variabilidad de los resultados en siembras precosecha.

El grado de éxito de este método es dependiente de la especie utilizada, del antecesor de verano (soja > maíz) e invierno (canola > trigo > cebada) y del ajuste de la densidad de siembra (se requiere entorno a un 30 % más de semillas al voleo).

### Seleccionar la especie que pueda ofrecer el servicio ecosistémico demandado

Una vez filtradas las especies que se adaptan a la ventana de crecimiento y el método de siembra seleccionado, se pasa a identificar las necesidades o servicios ecosistémicos demandados por la chacra para definir el CS puro o mezcla a ser sembrado.

Al poner el foco en el aporte de N, como se mencionó, las especies que deben tomarse en cuenta son aquellas que puedan fijar N del aire y que logren una alta concentración de N en su biomasa.



Foto: Facundo Capandeguy

**Figura 4** - Jornada de campo del FPTA de Cultivos de Servicio.

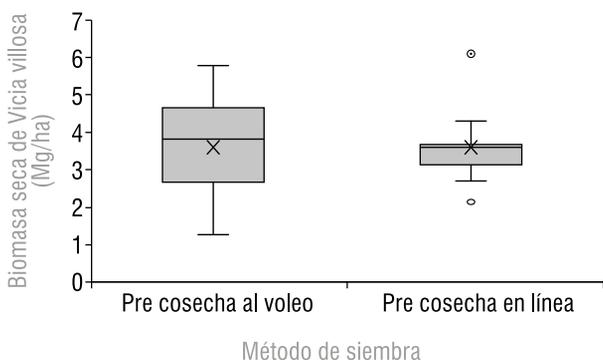
Por lo tanto, todo CS (ya sea puro o mezcla) que requiera cumplir este objetivo debe incorporar leguminosas.

### SÍNTESIS Y COMENTARIOS

La inclusión de CS leguminosos en los sistemas agrícolas intensivos del Uruguay representa una oportunidad para mejorar la sustentabilidad de los sistemas de producción. Sin embargo, su implementación para que representen un beneficio real depende de la planificación y ejecución de tecnologías acordes para lograr los resultados esperados. Desde el proyecto FPTA de Cultivos de Servicio se continuará trabajando para identificar y difundir las buenas prácticas agrícolas que potencian y capitalizan los beneficios de estos cultivos a partir de una red de ensayos y seguimiento de chacras comerciales de productores.

Por más información

Acceda **AQUÍ**



**Figura 3** - Gráfico de cajas y bigotes para la producción de biomasa de *Vicia villosa* según si el método es precosecha al voleo (n=9) o poscosecha en línea (n=13). La cruz muestra el valor medio para cada método.

Fuente: FPTA de Cultivo de Servicios.

### BIBLIOGRAFÍA

Alvarez C, Quiroga A, Santos D, Bodrero M. (2012). En Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción.

Ernst O, Dogliotti S, Cadenazzi M, Kemanian A. (2018). Shifting crop-pasture rotations to no-till annual cropping reduces soil quality and wheat yield. *Field Crops Research*, 217, 180–187.

Finney DM, White CM, Kaye JP. (2016). Biomass production and carbon/nitrogen ratio influence ecosystem services from cover crop mixtures. *Agronomy Journal*, 108(1), 39–52.

Siri-Prieto G, Ernst O. (2011). Raigrás como cultivo de cobertura: Efecto del largo del período de barbecho sobre la disponibilidad de agua, el riesgo de erosión y el rendimiento de la soja. *Cangue*, 31, 18–27.