

## Captura de carbono por los cultivos de cobertura y su costo hídrico

Juan A. Galantini y Eduardo de Sa Pereira

---

*La agricultura permanente, con largos barbechos y pobre cobertura del suelo, favorece el balance negativo de carbono en el suelo. ¿En qué medida y a que costo los cultivos de cobertura revierten esta situación?*



---

El aumento del área agrícola y desplazamiento de la ganadería a zonas marginales o a cría intensiva ha impulsado la reducción de la superficie con pasturas en favor de cultivos que incluyen periodos de barbecho. Cuanto menor y más errática es la disponibilidad de lluvias, más largos tienen a ser los barbechos, de esta forma su eficiencia disminuye (Rosell et al., 1994), los residuos en superficie se descomponen (Sa Pereira et al., 2017) y se pierde la protección del suelo (López et al., 2015).

Se reconoce que para una agricultura de conservación la protección del suelo de los procesos erosivos es fundamental, donde se propone un límite de 30% de cobertura del suelo como valor mínimo. Estudios en el SO Bonaerense han encontrado que en siembra directa (SD) al momento de la siembra esta cobertura mínima en la mayoría de los casos no se logra (López et al., 2015).

Las condiciones del barbecho son favorables para la descomposición de los materiales orgánicos lábiles en el suelo, con la liberación de nutrientes que pueden ser utilizados por el cultivo a implantar. La posibilidad de pérdida de los nutrientes liberados, en particular los más móviles, aumenta con los barbechos largos, mientras que la eficiencia en la conservación del agua disminuye, ya que las lluvias generalmente superan la capacidad de almacenar agua del suelo.

En esta situación, los cultivos de cobertura (CC) representan una alternativa positiva para mejorar el balance de carbono y generar protección del suelo, además de favorecer otros aspectos productivos. En los últimos años se han realizado muchos trabajos evaluando cultivos alternativos y su efecto sobre el cultivo siguiente, sobre algunas propiedades químicas o sobre la dinámica del agua.

El objetivo de esta revisión fue evaluar la información existente relacionada con el aporte que hacen los CC al balance de carbono en suelos de nuestro país y cuál es el costo hídrico.

## **Abordaje metodológico**

En la presente revisión se incluyeron ensayos realizados en diferentes lugares del país con resultados publicados en Congresos, Tesis o Revistas científicas.

Los ensayos considerados se encontraban en Marcos Juárez y Rio Cuarto en la provincia de Córdoba, en Correa y Armstrong en la provincia de Santa Fe, en C. del Uruguay en la provincia de Entre Ríos, en Anguil en la provincia de La Pampa, en Balcarce, Coronel Suarez, 25 de Mayo, Pergamino, H. Ascasubi y Villegas en la provincia de Buenos Aires (Beltrán et al., 2016, 2018; Carfagno et al., 2008,2012; Duval et al., 2015, 2016, 2017; Quiroga et al., 2009; Restovich et al., 2012; Sa Pereira et al., 2012, 2014, 2017a,b; Scianca et al., 2008, 2012; Studdert et al., 2008; Vanzolini et al., 2012, entre otros).

En todos los casos esta mencionado la cantidad de casos de los cuales se calculó el dato.

Se consideró la siguiente información obtenida en cada ensayo:

Tipo de cultivo de cobertura y producción de materia seca;

Ciclo desde la siembra a la suspensión del crecimiento del CC, en días

Lluvias durante el periodo

Balance de agua en el suelo

Concentración de Carbono en planta y cálculo de la cantidad, kg C ha<sup>-1</sup>

Concentración de nitrógeno, fósforo y azufre en planta y cálculo de las cantidades, kg ha<sup>-1</sup>

## **Evaluación de la productividad de los cultivos de cobertura y fijación de carbono**

En base a la evaluación de diferentes sitios en regiones semiáridas a húmedas de Argentina, años y ensayos (191 casos) se determinó la productividad de los CC, el uso de agua y la fijación de C. Se analizan en este artículo algunos de los resultados más relevantes. En promedio, los CC produjeron 4900 kg de materia seca, fijando 2100 kg de C con una eficiencia de 12 kg de C ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>. Una observación importante de la revisión realizada fue la obtención de información parcial en muchos casos, que no permiten evaluación más detallada del efecto de los CC.

En promedio para todos los sitios, años y ensayos (191 datos) el promedio de materia seca producida fue 4933 kg ha<sup>-1</sup>, con un valor mínimo de 1120 y un máximo de 12776 kg ha<sup>-1</sup>. El uso consuntivo también fue muy variable, de 63 a 769, ya que se incluyen en las más variadas regiones del país (Tabla 1).

En 106 casos se realizaron análisis de carbono en el CC, con un valor promedio de 43% y una variación bastante importante, desde 34 a 49%. Agrupando gramíneas o leguminosas no se encontraron diferencias en la concentración, pero si diferencias entre años, y la variabilidad fue igualmente importante.

La concentración de N presentó una variabilidad mayor, ya que fue variable según fuera gramínea, leguminosa o mezcla, y dependiendo del estado evolutivo al momento de la finalización del ciclo del CC. En relación a P y S, la cantidad de datos fue baja para poder hacer cualquier observación.

El aporte de C en cada situación se calculó utilizando el valor de biomasa productividad y la concentración de C determinada, o en el caso de no existir, con el valor promedio de todos los análisis contabilizados. En promedio, los CC fijaron 2120 kg de C ha<sup>-1</sup>, con un valor máximo de 5452 (Tabla 2).

En este sentido, es importante considerar la capacidad que tiene el suelo para el almacenamiento del agua de las precipitaciones y cuál es la probabilidad de recarga de esa capacidad. Dentro de la variabilidad esperable por la amplitud de situaciones que se consideraron, queda en evidencia un aporte interesante de C al suelo. Este aporte complementa el realizado por el cultivo de cosecha y puede ser fundamental para inclinar la balanza cuando se analiza el balance de C del sistema en el mediano y largo plazo.

En promedio la eficiencia en el aporte de carbono fue de 12 kg ha<sup>-1</sup> por cada mm de agua usada (Tabla 3), esto repercute de manera diferente en las regiones semiáridas y sub-húmedas pampeanas en las que el agua falta o es limitante. En la región semiárida las eficiencias en la fijación de carbono son más altas pero el riesgo en la disponibilidad hídrica es mayor y en las regiones sub-húmedas las eficiencias en la fijación de carbono son más bajas pero el riesgo en la disponibilidad hídrica es menor. La alta variabilidad encontrada entre casos estaría asociada al efecto de la disponibilidad hídrica, donde en los sitios donde el agua es más limitante la eficiencia podría aumentar significativamente, seguramente a expensas de la disponibilidad de agua y potencial de rendimiento del cultivo siguiente. En estos casos, el resultado para el balance de carbono del sistema podría ser más favorable, si bien el resultado económico puede ser desfavorable al no tener precio ese carbono.

En los 88 casos en los que se determinó el N en la materia seca, se pudo ver una variabilidad amplia de valores, con un promedio de 81,3 kg de N ha<sup>-1</sup>, llegando a un máximo de 234 kg de N ha<sup>-1</sup> (Tabla 4). Estos valores representan una reserva importante de N para el cultivo/s siguiente.

Tabla 1. Producción de los cultivos de cobertura (biomasa total aérea en el momento del secado) y uso consuntivo

	Producción de materia seca	Uso consuntivo
	Kg/ha	mm
Promedio	4933	244
Desvío	2388	168
Mínimo	1120	21
Máximo	12776	769

Cantidad de datos 191

Tabla 2. Contenido de Carbono (C), Nitrógeno (N), Fosforo (P) y Azufre (S) de los cultivos de cobertura

	C	N	P	S
	%			
Promedio	42,7	2,21	0,17	0,28
Desv.	2,53	0,94	0,07	0,07
Mínimo	34,5	0,61	0,12	0,19
Máximo	48,5	4,45	0,37	0,40
Cantidad de casos	106	99	14	11

Tabla 3. Eficiencia en la captación de carbono (C), nitrógeno (N), fosforo (P) y azufre (S) de los casos analizados.

	Aporte de C	Eficiencia Aporte de C	Eficiencia Aporte C/día	N	P	S
	(kg C ha)	kg ha / mm	kg /ha/mm/día			
Promedio	2120	12	0,1	81,3	8,2	9,5
Desv.	1042	10	0,1	47,9	3,9	3,5
Mínimo	466	1	0,0	15,0	3,5	6,3
Máximo	5452	71	0,4	234,2	14,9	16,4
casos	191	177	137	88	10	7

Cuando la partición se realiza por cultivo (Tabla 4) se observó que las gramíneas de invierno presentaron una mayor producción de biomasa (35%) como de aporte de carbono (36%) que la Vicia. La asociación Avena y Vicia mostro un comportamiento semejante a las gramíneas invernales, lo que estaría confirmando las ventajas de la inclusión de la leguminosa en lo que se relaciona al aporte de N sin modificar la productividad ni el aporte de C.

Tabla 4. Cantidad de casos, producción de biomasa en materia seca y aporte de carbono en kg ha<sup>-1</sup>.

	Cantidad de casos	Producción de biomasa	Aporte de Carbono
Avena Vicia	27	5675	2437
Gramíneas invierno	80	5635	2431
Vicia	44	4165	1781

### Consideraciones finales

Los resultados analizados en esta revisión muestran una amplia variabilidad, la que incluye regiones de las más diversas del país, con resultados importantes en cuanto a la cuantificación de algunos aspectos claves como: producción, calidad y eficiencia en la fijación de carbono.

La propuesta metodológica tiene como objetivo plantear una guía para maximizar la información que se puede obtener de los ensayos en los que se estudian los cultivos de cobertura. Esta propuesta debería estar complementada con un medio para la difusión de esos resultados.

Es importante ampliar esta base de datos y ajustar los valores para los diferentes ambientes productivos del país.

### Bibliografía consultada

- Álvarez, C.; Barraco, M.; Díaz-Zorita, M. & Scianca, C. 2006. Uso de cultivos de cobertura en rotaciones con base soja: efecto sobre algunas propiedades edáficas y rendimiento de los cultivos en un Hapludol típico del noroeste bonaerense. En: XXI Congreso argentino de la ciencia del suelo. Resúmenes. Anales, Salta .AACS, CD-ROM.
- Beltrán M., L. Brutti, R. Romaniuk, S. Bacigaluppo, F. Salvagiotti, H. Sainz-Rosa, J.A. Galantini. 2016. Efecto del trigo como cultivo de cobertura sobre la dinámica de la materia orgánica en el suelo y la disponibilidad de macro y micronutrientes. [Ciencia del Suelo 34\(1\) 67-79](#).
- Beltrán M.J., H. Sainz Rozas, J.A. Galantini, R.I. Romaniuk, P. Barbieri. 2018. Cover crops in the Southeastern region of Buenos Aires, Argentina: effects on organic matter physical fractions and nutrient availability. [Environmental Earth Sciences 77:428](#).
- Carfagno P., M. Eiza, F. Babinec y A. Quiroga. 2012. Inclusión de cultivos de cobertura en la dinámica hídrica de hapludoles y haplustoles del oeste de la provincia de Buenos Aires y noreste de La Pampa. Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción (Eds. C. Álvarez, A Quiroga, D. Santos; M. Bodrero) INTA. págs. 36-49
- Carfagno, P.; Eiza, M.; Quiroga, A. & Babinec, F. 2008. Cultivos de cobertura: Efecto sobre la dinámica del agua en el suelo. En: XXI Congreso argentino de la ciencia del suelo. Resúmenes. Anales, San Luis. AACS, CD-ROM.
- Duval M., J.A. Galantini, Julia E. Capurro, J.M. Martinez, F.M. López. 2016. Use of different winter cover crops species in soybean monoculture: effects on soil organic carbon and its fractions. [Soil & Tillage Research 161:95-105](#)
- Duval, Matías E.; Galantini, Juan A.; Capurro, Julia E.; Beltrán, Marcelo J. 2017. Producción y calidad de diferentes cultivos de cobertura en monocultivo de soja. Ciencias Agronómicas (FCA-UNR) XXIX 7-13
- Duval, ME; JE Capurro, J.A. Galantini & J.M. Andriani. 2015. Utilizacion de cultivos de cobertura en monocultivo de soja: efectos sobre el balance de carbono. [Ciencia del Suelo 33 \(2\) 247-261](#)

- Galantini, J.; Iglesias, J.; Landriscini, M.; Suñer, L. & Minoldo, G. 2008. Calidad y dinámica de las fracciones orgánicas en sistemas naturales y cultivados. En: Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de la argentina. Ed. J.A. [Galantini](#).
- Quiroga, A.; Fernandez, R.; Frasier, I. & Scianca C. 2009. Cultivos de cobertura. Análisis de su inclusión en distintos sistemas de producción. En: I Jornadas Nacionales de Sistemas Productivos Sustentables. Bahía Blanca. CD-ROM AACCS 2009. Pp. 9.
- Restovich S. y A. Andriulo. . 2012. Cultivos de cobertura en la rotación soja-maíz: biomasa aérea, captura de nitrógeno, consumo de agua y efecto sobre el rendimiento en grano. Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción (Eds. C. Álvarez et al.) INTA. págs. 29-35
- Rillo S., C. Álvarez, R. Bagnato, E. Noellemeyer. 2012. Cultivos de cobertura: gramíneas y leguminosas en el centro oeste de la provincia de Buenos Aires. Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción (Eds. C. Álvarez, A Quiroga, D. Santos; M. Bodrero) INTA. págs. 58-68
- Sá Pereira E, M. Duval, J.A. Galantini. 2017. Decomposition from legume and non-legume crop residues: effects on soil organic carbon fractions under controlled conditions. [Spanish Journal of Soil Science 7\(2\) 101-111](#)
- Sá Pereira E. de, J Galantini y A Quiroga. 2012. Sistemas de cultivos de cobertura de suelo de otoño-invierno: sus efectos sobre la disponibilidad de agua. Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción ((Eds. C. Álvarez et al.) [INTA 76-82](#)
- Sá Pereira E. de, J.A. Galantini, A. Quiroga, M.R. Landriscini. 2014. Efecto de los cultivos de cobertura otoño-invernales sobre el rendimiento y acumulación de N en maíz en el sudoeste bonaerense. [Ciencia del Suelo 32 \(2\) 219-231](#).
- Sá Pereira E., J.A. Galantini, A. Quiroga. 2017. Calidad de cultivos de cobertura en sistemas de siembra directa del sudoeste bonaerense. [Ciencia del Suelo 35 \(2\) 337-350](#).
- Salvagiotti F., A. Vernizzi, M. Bodrero y S. Bacigaluppo. 2012. Cambios en el corto plazo en distintas fracciones de la materia orgánica en respuesta a la inclusión de cultivos de cobertura en secuencias basadas en soja. Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción (Eds. C. Álvarez et al.) INTA 88-91
- Salvagiotti F., A. Vernizzi, M. Bodrero y S. Bacigaluppo. 2012. Cambios en el corto plazo en distintas fracciones de la materia orgánica en respuesta a la inclusión de cultivos de cobertura en secuencias basadas en soja. Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción (Eds. C. Álvarez, A Quiroga, D. Santos; M. Bodrero) INTA. págs. 88-91
- Scianca C., C. Álvarez, M. Barraco, A. Quiroga, P. Zalba 2008. Cultivos de cobertura en un argiudol típico del noroeste bonaerense. XXI congreso de Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de los Funes – San Luis.
- Scianca C; M.F Varela, M Barraco, C. Alvarez & A. Quiroga 2012. Cultivos de cobertura en un Hapludol Thapto Árgico de La Pampa arenosa: análisis de cinco campañas. Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción (Eds. C. Álvarez et al.) INTA INTA. págs. 105-116.
- Studdert, G.A.; Domínguez, M.E.; Videla, C. & Echeverría, H. 2008. Materia orgánica particulada y su relación con la fertilidad nitrogenada en el sudeste bonaerense. En: Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de la argentina. Ed. Juan Alberto Galantini. 1ra edn. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. 309 pp.
- Vanzolini J.I., J.A. Galantini y R. Agamennoni. 2012. Cultivos de cobertura de Vicia villosa Roth. en el valle bonaerense del Río Colorado. Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción (Eds. C. Álvarez et al.) [INTA 21-28](#).
- Vázquez M.E. L.A. Berasategui, E.R Chamorro, L.A. Taquín, L.A. Barberis, 1990. Evolución de la estabilidad estructural y diferentes propiedades de la pradera pampeana. Ciencia del Suelo 8: 203-210.
- Viglizzo, E.F., Pordomingo, A.J., Castro, M. G. and Lértora, F. (2003). Environmental 3 assessment of agriculture at a regional scale in the pampas of Argentina. Environmental Monitoring and Assessment, 87: 169-195