

# Cultivos de cobertura: Un puente para el nitrógeno

Roberto Federico Klein\*

## Introducción

La intensificación de la secuencia de cultivos por la inclusión de alternativas invernales contribuye a la mejora de los actuales sistemas agrícolas para el logro de una producción sustentable, eficiente y rentable (Caviglia y Novelli., 2011). La inclusión de cultivos de cobertura (CC) protege el suelo a través de la cobertura viva y de sus residuos durante la implantación de cultivos estivales, aporta carbono (C) para mejorar su balance (Caviglia et al., 2008) y aumenta los beneficios de la siembra directa (Villamil et al., 2008). Los residuos protegen el suelo pero resulta muy importante la ocupación de raíces y cultivos vivos (Sasal et al., 2008).

Los CC permiten aumentar la materia orgánica (MO) del suelo (Álvarez et al., 2004), lo protegen de las lluvias intensas que ocurren al final del periodo de barbecho, reduciendo la erosión (Santanatoglia et al., 1989; Langdale y Williams., 1991; Bono y Álvarez., 2011), disminuyen el escurrimiento de agua con nutrientes y plaguicidas (Sasal et al., 2008), y aumentan la infiltración de agua en el suelo (McVay et al., 1989; Caviglia y Novelli., 2011). McCracken et al. (1993) encontró que la lixiviación de nitrógeno (N) era nula con CC de centeno en otoño, invierno y primavera temprana. Los CC también permiten disminuir la densidad aparente del suelo y facilitar el manejo de las malezas (Warnes et al., 1991), y aumentar el sustrato carbonado y energético para la fauna y flora del suelo, dando como consecuencia sustentabilidad al sistema (Dinnes et al., 2002). Kessavalo y Walters. (1999) encontraron que la reducción de nitrógeno (N) como nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ ) en primavera es equivalente a la acumulación de N en el centeno secado.

La zona centro-norte de la provincia de Buenos Aires tiene un régimen de precipitaciones bajo en invierno y de pocos milímetros por evento de precipitación. Esto puede determinar que el agua de los barbechos desnudos se pierda por evaporación mientras que utilizando CC se podría aprovechar para producir materia seca y mejorar el balance de C del suelo (Caviglia, 2007). Diseñar una estrategia que incluya los CC implica tener en cuenta un número de factores de manejo, cuya sincronización constituye un gran desafío (Cordone, 2011).

Los residuos del CC sufren una descomposición gradual, rápida en los inicios del proceso, cuando utiliza los componentes fácilmente degradables, y decrece con el tiempo al agotarse éstos pasando a los resistentes

como lignina y celulosa (Jensen et al., 2005). El N actúa como regulador de la descomposición, siendo la degradación de materiales de las leguminosas más rápida que las gramíneas (Santanatoglia et al., 1989). La descomposición del residuo dependería también del clima. La temperatura influye en el proceso siendo la velocidad de descomposición rápida en verano y lenta en invierno. En zonas áridas y semiáridas, la descomposición puede demandar más de dos años y medio mientras que en zonas húmedas puede completarse en un año (Álvarez et al., 2008).

Como CC se puede elegir trigo, cebada, avena, centeno u otro. Las razones para usar centeno son: i) no sufre las mismas enfermedades del trigo por lo cual no actúa como puente de enfermedades (Juan Annone com. pers., 2011); ii) tiene mucha tolerancia a las bajas temperaturas y crece aun con heladas fijando más C que otras gramíneas (INTA Bordenave, 2010); iii) genera alelopatía (Williams et al., 1998) facilitando el control de malezas (Warnes et al., 1991); y iv) cubre el suelo rápidamente teniendo buena cabellera de raíces que protege el suelo del efecto gota de lluvia (Sasal et al., 2008) y generan buena porosidad en el suelo.

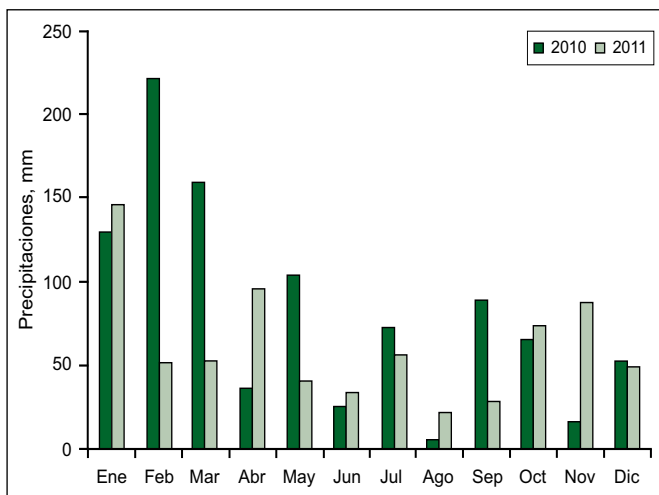
El objetivo de este trabajo fue evaluar los CC antes de la soja, sus ventajas y desventajas, y comprobar si es posible trasladar el N captado por los CC al próximo año cuando se cultiva trigo. En este escrito, se presenta la información correspondiente a tres ensayos del ciclo 2010/11 de CC y soja y el trigo subsiguiente (2011/12) y la información correspondiente al CC y soja de dos ensayos realizados en 2011/12. Los resultados del cultivo de trigo 2011/12 no se analizaron ni se presentan en este trabajo porque fue fuertemente afectado por *Fusarium*.

## Materiales y métodos

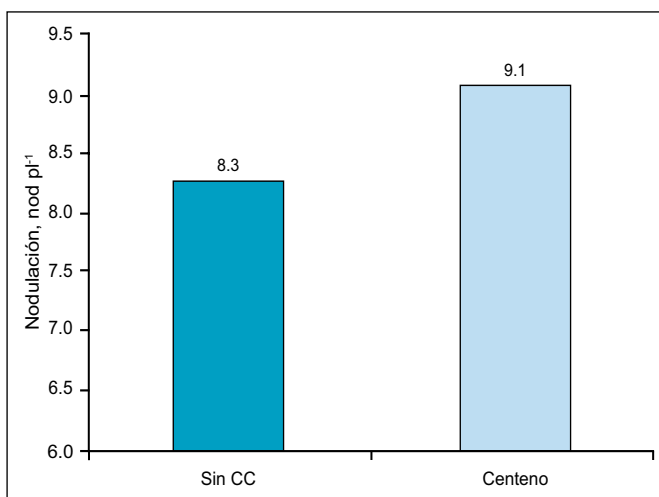
Se instalaron cinco ensayos sobre lotes de maíz en las campañas 2010/2011 y 2011/2012 en el Partido de Alberti, provincia de Buenos Aires. La masa de residuo inicial de maíz que varió entre 12 y 22 t ha<sup>-1</sup>. Todos los lotes se manejaban en siembra directa permanente (entre 19 y 22 años). En la **Figura 1** se presentan las precipitaciones durante el periodo experimental.

El diseño experimental fue de parcelas apareadas de Centeno CC y Testigo (sin centeno) con 4 repeticiones. La secuencia continuó con soja de primera y luego con trigo.

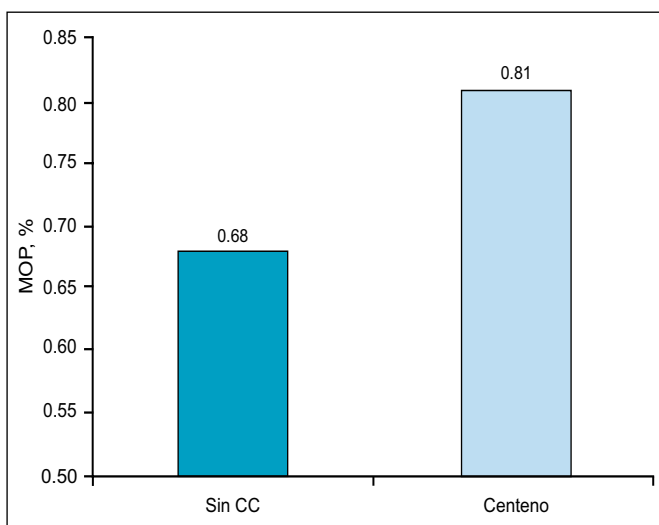
\* Criadero Klein S.A., CC No. 74, (6634) Pla, Alberti, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: roberto@kleinsemillas.com.ar



**Figura 1. Precipitaciones registradas durante las campañas 2010/11 y 2011/12. Alberti, Buenos Aires. Fuente: Información de Meteorología de Criadero Klein S.A.**



**Figura 2. Cantidad de nódulos en raíz principal de la soja en parcelas testigo (Sin CC) y con centeno. Promedios de tres ensayos Soja 2010/11. Pla, Alberti, Buenos Aires.**



**Figura 3. Materia orgánica joven o particulada (MOP) en parcelas sin CC y con CC (centeno). Promedios de 3 ensayos campaña 2010/2011. Pla, Alberti, Buenos Aires.**

El centeno fue variedad Lisandro INTA, sembrado con una densidad de 200 semillas m<sup>2</sup> entre el 18 y el 21 de mayo de 2010 y del 23 al 26 de mayo en 2011. Hubo un tratamiento de centeno extra, en uno de los experimentos, donde se inoculó con Azospirillum (Nitragin Wave®). El testigo se mantuvo libre de malezas con herbicidas adecuados. La fertilización fosforada fue uniforme a todos los tratamientos, realizada al voleo con una maquina neumática cruzadas a las parcelas a fines de julio de cada año. Los lotes estaban bien provistos en fósforo (P) ya que el P Bray-I varió de 25 a 27 ppm según el experimento. De todas maneras se aplicaron entre 13 y 16 kg P ha<sup>-1</sup> y de 18 a 22 kg S ha<sup>-1</sup>, como superfosfato simple. No se aplicó N sobre los CC.

Siguiendo la recomendación general de no demorar la fecha de secado del CC, con fecha límite dos semanas antes de la siembra del cultivo de gruesa (Ruffo et al., 2004; Ruffo et al., 2006; Villamil et al., 2008; Germán Bollero com. pers., 2010), el CC se secó con glifosato entre el 15 y 20 de setiembre de cada año.

Luego del secado del centeno se realizaron cortes a mano (4 m<sup>2</sup> en cada repetición), el material se llevó a secar en estufa y se determinó la concentración de N en materia seca. Siguiendo la metodología de la bolsa de residuos (Álvarez et al., 1991), durante la campaña 2010/11 se prepararon 450 bolsitas de material de media sombra con 11 g de residuo seco de la estufa. Las bolsitas eran de 20 x 20 cm, cosidas, con poros de 2 a 4 mm para no restringir el equilibrio de agua entre suelo y rastrojo y la acción de mesofauna (Álvarez et al., 1991). Se apartó el rastrojo, depositando las bolsitas en el suelo y fijándolas con un alambre. Cada mes se sacaron 2 bolsitas en cada una de las 4 repeticiones de cada tratamiento, generando una muestra de 8 bolsitas por tratamiento de cada ensayo, en la cual se determinó la concentración de N. Cosechada la soja y con las bolsitas remanentes en el campo se sembró el trigo y se prosiguió con el método de extracción de bolsitas.

En 2010 y 2011 se realizaron determinaciones de suelo y cultivo en distintos momentos (Tabla 1). Toda la semilla de soja fue inoculada y curada con fungicida. En R3 se midió la altura y la intensidad del color con Minolta SPAD en el último trifolio expandido. Se realizó un muestreo para evaluar la efectividad de la inoculación, la metodología consistió en arrancar plantas de 2 metros lineales y contar los nódulos de la raíz principal; se omitió contar los pertenecientes a las raíces secundarias. En la cosecha, el rendimiento se determinó con monitor de rendimientos, y también se pesó cada franja con carro balanza.

Para la siembra de trigo 2011/12, subsiguiente al cultivo de soja, se utilizaron los ciclos cortos Klein Tauro en el experimento 1 y Klein Nutria en los experimentos 2 y 3, todos sembrados entre el 6 y 14 de Julio de 2011. Se cosechó con monitores de rendimiento pero para mayor precisión se pesó con carro balanza, se ajustó al 14% de humedad y se extrajeron muestras para analizar proteínas.

**Tabla 1. Determinaciones de suelo y de cultivo reportadas en este trabajo y momentos de muestreo. Ensayos de CC. 2010/11 y 2011/12. Pla, Alberti, Buenos Aires.**

Medición	Detalle	----- 2010 -----			----- 2011 -----				--- 2012 ---		
		May	Oct	Nov	Ene	May	Sep	Oct	Dic	May	Dic
Biomasa	Corte mecánico		x					x			
Rendimiento	Monitor					x			x	x	x
Nodulación en soja	Recuento en R1-R3				x						
Índice verde	SPAD Minolta				x						
Descomposición	Bolsitas de residuos de centeno				Mensual Nov-10 a Nov-11						
N en biomasa	Bolsitas de residuos de centeno				Mensual Nov-10 a Nov-11						
Agua en el suelo	Agua útil hasta 60 cm (3 estratos)	x	x	x		x	x	x	x		
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en el suelo	A 0-60 cm (3 estratos)	x	x	x		x	x	x	x		
C lábil	MO particulada	x		x		x					

**Tabla 2. Producción de materia seca y absorción de N de centeno en los seis ensayos con CC realizados en las campañas 2010/11 y 2011/12. Pla, Alberti, Buenos Aires.**

Campaña	Experimento	MS	----- N -----	
		kg ha <sup>-1</sup>	%	kg ha <sup>-1</sup>
2010/11	1	2904	1.37	40
	2	3255	1.34	44
	3	2505	1.67	42
	3 (Con <i>Azospirillum</i> )	3428	1.50	51
2011/12	5	3124	1.60	50
	6	4625	1.72	80

**Tabla 3. Descomposición de residuos de centeno, concentración (%) y contenido de N (kg ha<sup>-1</sup>). Promedios de tres ensayos de la campaña 2010/11. Pla, Alberti, Buenos Aires.**

Año	Fecha	MS	----- N -----	
		g bolsita <sup>-1</sup>	%	kg ha <sup>-1</sup>
2010	15-Nov	11.0	1.47	44
	05-Ene	9.8	1.24	33
	12-Feb	7.2	1.54	31
	12-Mar	5.9	1.70	27
	12-Abr	5.0	1.89	26
	12-May	5.2	1.87	26
2011	13-Jun	5.7	1.86	29
	13-Jul	6.4	1.95	34
	13-Ago	8.3	1.83	42
	13-Sep	6.5	1.76	31
	13-Oct	11.7	1.54	50
	15-Nov	6.5	1.78	32

## Resultados y discusión

### Producción del centeno

El centeno produjo en promedio 3381 kg MS ha<sup>-1</sup> en las dos campañas evaluadas (rango de 2505 kg MS ha<sup>-1</sup> a 4625 kg MS ha<sup>-1</sup>), captando en su biomasa aérea 54 kg N ha<sup>-1</sup> en promedio (rango 40 a 80 kg N ha<sup>-1</sup>) (**Tabla 2**). El agregado de *Azospirillum* generó un incremento de 923 kg MS ha<sup>-1</sup> y de 9 kg ha<sup>-1</sup> de N absorbido.

Ruffo et al. (2006) reportan producciones con centeno de entre 2200 y 6100 kg MS ha<sup>-1</sup>, con niveles usuales de 90 kg N ha<sup>-1</sup> (36.6 a 170 kg N ha<sup>-1</sup>) absorbidos. Estos últimos valores registrados con altas fertilizaciones de N, obteniendo relaciones de C/N de 28.2 en el testigo a 15.7 en las dosis más altas de N (170 kg ha<sup>-1</sup>). Cuando más tarde seca el centeno mayor es la relación C/N (Caviglia et al., 2008). Shippey et al. (1992) y Ditsch et al. (1993), encontraron que la biomasa del centeno se incrementaba linealmente con el N aplicado al cultivo de maíz anterior.

Es importante la cobertura que deja el centeno antes de la implantación de la soja. Permite en muchos casos lograr una buena siembra por mayor humedad en los primeros 10 cm debidos a la reducción de la evaporación por el residuo del CC; reduciendo el escurrimiento y la erosión hídrica (Wischmeier y Smith, 1958; Sasal et al., 2008).

### Descomposición del centeno

En la campaña 2010/11 se inició con 40 a 51 kg N ha<sup>-1</sup> en el rastrojo de centeno (**Tabla 2**), y este se fue descomponiendo, primero rápidamente durante el ciclo de soja y luego en forma lenta durante el invierno (**Tabla 3**). El CC sufre una descomposición gradual, rápida en los inicios del proceso, cuando se descomponen los componentes fácilmente degradables. Al agotarse éstos, quedan en descomposición sustancias resistentes como lignina y celulosa (Jensen et al., 2005). El N actúa como regulador del proceso, por lo que las leguminosas

**Tabla 4. Agua útil (AU) para dos momentos después del secado del centeno en 2010 y tres momentos en 2011. Promedios de tres ensayos en 2010/11 y de dos ensayos en 2011/12. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).**

Tratamiento	2010		2011		
	26-Oct + 1 mes secado	05-Nov Siembra soja	29-Sep Secado CC	05-Nov Siembra soja	20-Dic Cierre surco soja
AU (mm, 0-60 cm)					
Testigo	75	118	106 a	101	57
Centeno	75	119	50 b	75	41

**Tabla 5. N de nitratos para dos momentos en campaña 2010/11, y tres momentos en campaña 2011/12. Promedios de 3 ensayos en 2010 y de 2 ensayos en 2011. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos en un mismo momento ( $p < 0.05$ ). Pla, Alberti, Buenos Aires.**

Tratamiento	2010		2011		
	26-Oct + 1 mes secado CC	05-Nov Siembra soja	29-Sep Secado CC	05-Nov Siembra soja	20-Dic Cierre surco soja
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (kg ha <sup>-1</sup> , 0-60 cm)					
Testigo	77 a	85 a	104 a	115 a	140 a
Centeno	75 b	46 b	12 b	38 b	80 b

**Tabla 6. Plantas logradas a emergencia, altura en R3 y unidades de SPAD Minolta en R3 de soja. Campaña 2010/11. n = 27. Pla, Alberti, Buenos Aires.**

Tratamiento	Emergencia plantas m <sup>-1</sup>	Altura R3 cm	SPAD R3
Sin CC	8.4	65	41.2
Centeno	7.9	66	40.1

se descomponen más rápidamente que las gramíneas (Santanatoglia et al., 1989). La descomposición total del residuo dependería también del clima, así en zonas áridas y semiáridas puede demandar más de dos años y medio mientras que en zonas húmedas puede completarse en un año (Álvarez et al., 2008).

Al momento del primer muestreo el centeno contenía como promedio 44 kg N ha<sup>-1</sup> en la biomasa y, pese a la descomposición, aun había 29 kg N ha<sup>-1</sup> en los residuos a la siembra del trigo (13 de Junio de 2011) (Tabla 3). La temperatura influye sobre la velocidad del proceso siendo rápida en verano y lenta en invierno (Álvarez et al., 2008). El porcentaje de N aumenta en los residuos vegetales durante la descomposición por formación de biomasa microbiana sobre y dentro de los mismos que emplea el N para crecer (Andren et al., 1993; Parton et al., 1993). A partir de la emergencia del trigo, Agosto de 2011, las bolsitas comenzaron a pesar cada vez más (Tabla 3) por crecimiento de raíces dentro de las bolsitas, un inconveniente a solucionar para futuras experiencias.

### Agua en el suelo

En 2010/11, un mes después del secado del centeno, el contenido de agua útil (AU) hasta 60 cm fue similar tanto

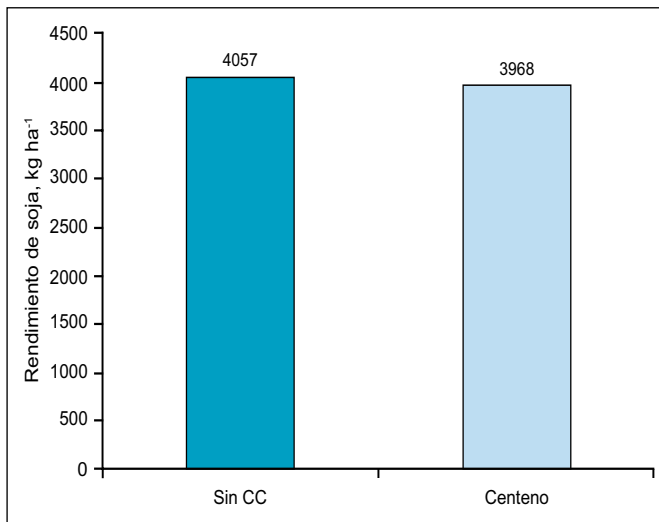
en el testigo como en el CC (Tabla 4). En 2011, tratando de entender mejor cuando se recuperaba el agua consumida por el CC se hicieron muestreos en tres momentos: i) Secado: cuando el centeno amarilleaba por el glifosato y determinamos 56 mm de AU menos que el testigo; ii) Siembra: Al sembrar la soja, con 37 mm menos de AU en el centeno y iii) Cierre de surco de soja: con 16 mm menos de AU en el centeno. Pese a que 2011/12 fue un año extremadamente seco, las parcelas con CC pudieron recargar el AU (Tabla 4).

### N en el suelo

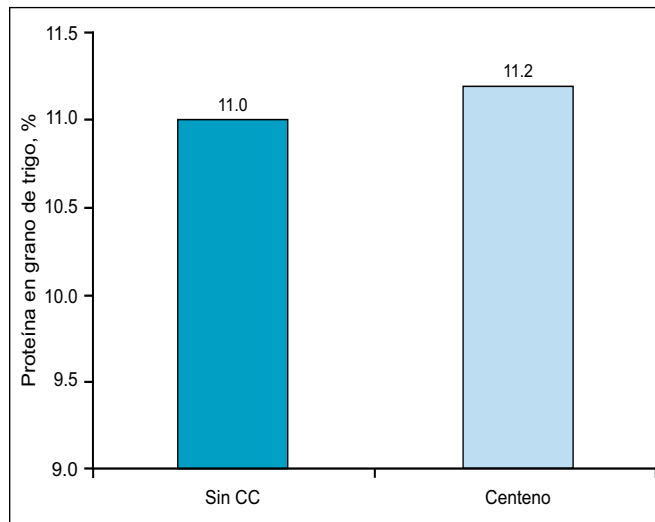
En la campaña 2010/11, un mes después del secado, aparecía una diferencia significativa entre tratamientos de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en el suelo (Tabla 5). Esto sugiere que se inmovilizó N en los residuos vegetales, como sugieren algunos autores (Ruffo et al., 2004). En 2011, al igual que para AU, se muestreo en tres momentos: i) Secado: 92 kg de N ha<sup>-1</sup> menos en el centeno que en la parcela testigo; ii) Al sembrar la soja: 77 kg N ha<sup>-1</sup> menos en el centeno; y iii) Al cerrar el surco de soja: 60 kg N ha<sup>-1</sup> menos en el centeno que el testigo. (Tabla 5). La reducción de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en el suelo, en secuencias con CC, ha sido destacada por contribuir a una menor lixiviación en situaciones de excesos hídricos (McCracken et al., 1993; Schroder et al., 1996).

### Crecimiento de la soja

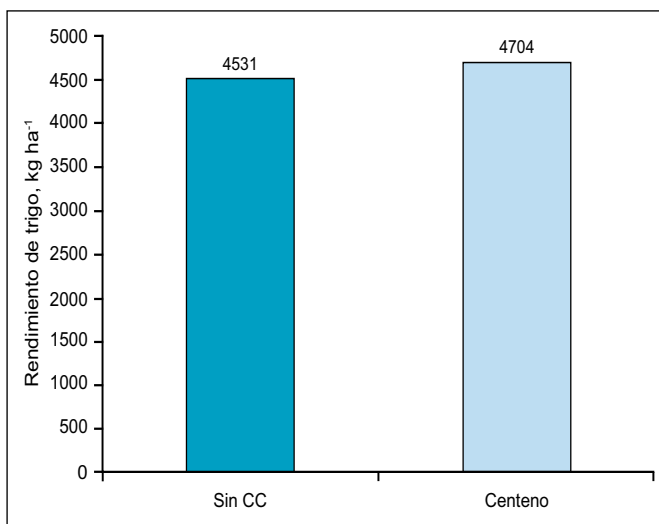
El CC no afectó la cantidad de plantas logradas, ni la altura de planta o el índice de verdor del cultivo de soja subsiguiente (Tabla 6). Ruffo et al. (2004) observaron que la cobertura generada por el CC no afecta la intercepción de luz de soja en R1, R2, R6 y que la intercepción de luz es una efectiva medida para determinar el grado de crecimiento de un cultivo y su rendimiento.



**Figura 4. Rendimiento de soja en parcelas testigo (Sin CC) y con centeno como cobertura. Promedios de cinco ensayos en las campañas 2010/11 y 2011/12. Pla, Alberti, Buenos Aires.**



**Figura 6. Porcentaje de proteína en los granos de trigo en parcelas testigo (Sin CC) y con centeno como CC previo a soja. Promedios de tres ensayos. Campaña 2011/12. Pla, Alberti, Buenos Aires.**



**Figura 5. Rendimiento de trigo (posterior a soja) en parcelas testigo (Sin CC) y con centeno como CC previo a soja. Campaña 2011/12. Promedios de tres ensayos Pla, Alberti, Buenos Aires.**

### Nodulación

En la raíz principal de la soja no se detectaron diferencias significativas en la cantidad de nódulos formados pero sí tendencias a una mejor nodulación con CC (+11%) (Figura 2). Esto se debería al menor contenido de N-nitratos en el suelo con CC, ya que el mismo fue captado para producir materia seca. Micucci et al. (2009) encontró un ajuste matemático entre los parámetros nodulación y rendimiento (Cade y Richards, 2007): al aumentar la cantidad de nódulos sobre la raíz principal hasta 14 nódulos por planta, los rendimientos máximos (correspondientes al 80% de máxima productividad), se incrementaron linealmente. A partir de allí, y en condiciones de mayor nodulación, las diferencias en máximos rendimientos no se vincularon con cambios en la cantidad de nódulos en la raíz principal.

### Materia orgánica joven o particulada

Al realizar análisis de materia orgánica particulada, se encontró que esta tendía a aumentar en las parcelas con centeno, aunque sin diferencias significativas con el testigo (Figura 3).

### Rendimiento de soja

No se observaron diferencias significativas en el rendimiento de soja entre testigo y sobre CC en las dos campañas analizadas (Figura 4). Distintos autores reportan reducciones de rendimientos en soja (Williams et al., 2000; Reddy, 2001), otros incrementos de rendimiento (Warnes et al., 1991; Williams et al., 2000), y un tercer grupo que no se producen cambios en el rendimiento (Wagner-Riddle et al., 1994; Swanton et al., 1998; Reddy, 2003) dependiendo de la biomasa del CC al momento de secado, del momento de secado, del momento de siembra de la soja y de las condiciones del clima. Ruffo et al. (2004), sugieren que lo más importante es que el centeno como CC no reduce el stand de plantas de soja, que es reportada como la causa más común de disminuciones de rendimiento (Eckert, 1988; Reddy, 2001). El efecto positivo sobre el rendimiento de soja del centeno como CC es atribuido a la mejora en el control de malezas (Warnes et al., 1991; Williams et al., 2000). Dentro del centeno no se hizo ningún tratamiento con herbicidas pero se mantuvo limpio posiblemente por aleopatía y efecto sombreado. En este tratamiento se observó crecimiento de *Coniza spp.* (rama negra) pero con menor población que en el testigo. Teasdale et al. (1991) reportaron que cada incremento porcentual en la cobertura de residuos, reduce la densidad de malezas en un 1.37%, alcanzando un máximo de 75% de reducción de la densidad.

Como bien mencionan Caviglia et al. (2008), la implementación de alternativas invernales, generadoras

de cobertura, no comprometió de manera importante las reservas de agua en el suelo ni el rendimiento del cultivo de soja, y mejoró notoriamente el aporte de materia seca al sistema.

### Cosecha de trigo

El trigo sobre las parcelas que tuvieron centeno como CC, tuvo un rendimiento levemente superior al testigo, pero estadísticamente significativo (**Figura 5**). Esto pudo deberse a que parte del N del CC se liberó durante su ciclo. En cuanto a la calidad de grano, se evaluó el porcentaje de proteína, que aumentó levemente en el tratamiento con CC pero sin significancia estadística (**Figura 6**).

El aumento de rendimiento y proteína podría estar dándonos la indicación de que el centeno terminó de descomponerse tardíamente. Pensando que la campaña 2011/12 fue muy seca, podría suponerse que el proceso fue más lento y deberíamos esperar en un año normal que la descomposición del CC fuera más rápida.

El CC actuaría como un puente del N, transfiriéndolo del barbecho de maíz a soja, inmovilizándolo temporalmente en el sistema y disminuyendo la exposición del N mineral ( $N-NO_3^-$ ) a ser perdido vía lixiviación y/o desnitrificación. La descomposición del residuo del CC permitirá que el N quede disponible para el cultivo siguiente, en este caso trigo.

### Conclusiones

El uso de CC, que incrementa el índice de intensificación (ISI, número de cultivos por año), es una herramienta útil para preservar la fertilidad de suelos y aumentar su productividad. El CC consume agua para su crecimiento, pero secado a tiempo, genera mejores condiciones de captación y almacenaje, logrando similar lámina de agua útil a la siembra de la soja sin afectar sus rendimientos.

Además de aportar C al suelo, el CC podría funcionar como puente de N, captando N durante el barbecho previo a un cultivo de verano hasta un cultivo de invierno siguiente de la secuencia, reduciendo posibles pérdidas y mejorando el aprovechamiento del nutriente.

### Agradecimientos

A German Bollero por el entusiasmo y la información que me transmitió. A Roberto Álvarez por todos sus aportes de bibliografía, figuras, comunicaciones personales y la corrección de este trabajo. A Nicolás Klein por todas las muestras que proceso y la ayuda personal. A Pablo Rubio y Federico Micucci por las discusiones y aportes realizados. A todos y cada uno de los que trabajaron en este proyecto de casi dos años de duración. A todo el personal de Criadero Klein S.A. que tomo estas ideas como propias y las ayudo a ejecutar.

### Bibliografía

- Álvarez, C., R. Álvarez, y A. Sarquis. 2008. Residue decomposition and fate of nitrogen-15 in a wheat crop under different previous crops and tillage systems. *Soil Sci. and Plant Analysis*. 39:574-586.
- Álvarez, R., E. Daniel, J. Santanatoglia, G.M. Brazzola, y R. García. 1991. Descomposición de rastrojo de soja en bolsas de residuo con distinto diámetro de poro. *Turrialba* Vol. 41, No. 3:279-284.
- Álvarez, R., H.S. Steinbach, S.M. Grigera, E. Cartier, G. Obregón, S. Torri, y R. García. 2004. The balance sheet method as a conceptual framework for nitrogen fertilization of wheat in a Pampean Agroecosystem. *Agron J*. 96:1050-1057.
- Andren, O., K. Rajkai y T. Katterer. 1993. Water and temperature dynamics in a clay soil under winter wheat: influence on straw decomposition and nitrogen immobilization. *Biol. Fert. Soils* 15:1-8.
- Bono A., y R. Álvarez. 2011. Nitrogen mineralization from organic soil pools in a coarse soil of the Semiarid Pampas. *Archives of Agronomy and Soil Science*, pp. 1-14.
- Cade, B.S., y J.D. Richards. 2007. Blossom Version W2007.09.21, U.S. Geological Survey, Fort Collins, USA.
- Cordone, G. 2011. Alternativas de reposición de nutrientes en secuencias basadas en soja de primera. Simposio de fertilidad 2011. pp. 108-110.
- Caviglia, O.P. 2007. Intensificación de la secuencia de cultivos en Entre Ríos: balance de carbono y aprovechamiento de recursos. En Caviglia O.P., Paparotti O.F., y Sasal, M.C. (Eds.) *Agricultura Sustentable en Entre Ríos*. Ediciones Inta. Buenos Aires. pp. 149-158.
- Caviglia O.P., N.V. Van Opstal, V.C. Gregorutti, R.J.M. Melchiori, y E. Blanzaco. 2008. El invierno: Estación clave para la intensificación sustentable de la agricultura. *Agricultura sustentable Serie Extensión* No. 51.
- Caviglia O., y L. Novelli. 2011 Intensificación agrícola; un enfoque a nivel de sistema para mejorar la eficiencia en el uso de recursos y nutrientes, y la sustentabilidad ambiental. Simposio de fertilidad pp. 35-42.
- Criadero Klein S.A. 2010. Ensayos internos con *Azospirillum*.
- Criadero Klein S.A. 2012. Meteorología interna de 1921.
- Dinnes, D.L., D.L. Karlen, D.B. Jaynes, T.C. Kaspar, y J.L. Hatfield. 2002. Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained Midwestern soils. *Agron. J*. 94:153-171.
- Ditsch, D.C., M.M. Alley, and K.R. Kelley, y Y.Z. Lei. 1993. Effectiveness of winter rye for accumulating residual

- fertilizer N following corn. *J. Soil Water Conserv.* 48:125-132.
- Eckert, D.J. 1988. Rye cover crops for no-tillage corn and soybean production. *J. Prod Agric.* 1:207-210.
- INTA Bordenave. 2010. Informe técnico. Legajo centeno.
- Jensen, L.S., T. Salo, T.A. Breland, T.M. Henriksen, B. Stenberg, A. Padersen, C. Lundstrom, y M. Esala. 2005. Influence of biochemical quality on C and N mineralization from a broad variety of plant materials in soil: *Plant Soil* 273:307-326.
- Kessavallo, A., y D.T. Walters. 1999. Winter rye cover crop following soybean under conservation tillage: Residual soil nitrate. *Agron. J.* 91:643-649.
- Langdale, G.W., y J.R. Williams. 1991. Cover crop effects on soil erosion by wind and water. Pag. 15. *In* W.I. Hargrove (ed) *Cover crops for clean water*. Soil and water Conserv. Soc. Ankeny. I.A.
- McCracken, D.V., M.S. Smith, J.H. Grove, C.T. Mackown, y R.L. Blevins. 1993. Nitrate leaching as influenced by cover cropping and nitrogen source. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:1476-1483.
- McVay, K.A., D.E. Radeliffe, y W.L. Hargrove. 1989. Winter legumes effects on soil properties and nitrogen fertilizer requirements. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53:1856-1862.
- Micucci, F.G., J. Amigo, F. Ledesma, y M. Díaz-Zorita. 2009. Aportes de tratamientos biológicos de semillas de soja (*Glycine max* L. Merr.) en lotes con antecedentes del cultivo en la región del NOA.
- Parton, W.J., J.M.O. Scurlock, D.S. Ojima, T.G. Gilmanov, R.J. Scholes, D.S. Schimel, T. Kirchner, J-C. Menaut, T. Seastedt, E. Garcia Moya, Apinan Kamnalrut, y J.L. Kinyamario. 1993. Observations and modeling of biomass and soil organic matter for the grassland biome worldwide. *Global Biogeochem. Cycles* 7:785-809.
- Reddy, K.N. 2001. Effects of cereal and legume cover crop residues on weeds, yield, and net return in soybean. *Weed Technol.* 15:660-668.
- Reddy, K.N. 2003. Impact of rye cover crop and herbicides on weeds, yield, and net return in narrow-row transgenic and conventional soybean. *Weed Technol.* 17:28-35.
- Ruffo M.L., G.A. Bollero. 2006. Winter cover crops in Illinois: Evaluation of ecophysiological characteristics of corn. *Crop Sci.* 46:1536-1545.
- Ruffo, M.L., D.G. Bullock, y G.A. Bollero. 2004. Soybean yield as affected by biomass and nitrogen uptake of cereal rye in winter cover crop rotations. *Agron. J.* 96:800-805.
- Santanatoglia O.J, R. Álvarez, E. Daniel, G.M. Brazzola, y R. García. 1989. Descomposición de rastrojo de trigo, respiración y biomasa microbiana bajo labranza convencional y siembra directa. *Anales de edafología y agro biología Tomo XLVIII No. 5-12.*
- Sasal, M.C., M.G. Wilson, y N.A. Garciarena. 2008. Escurrimiento superficial y perdidas de nutrientes y glifosato en secuencias de cultivos. *Agricultura sustentable Serie Extensión No. 51.*
- Schroder, J.J., W. Van Dijk, W.J.M. De Groot. 1996. Effects of cover crop on the nitrogen fluxes in a maize silage production system. *Neth. J. Agric. Sci.* 44:293-315.
- Shipey, P.R., J.J. Meisinger, y A.M. Decter. 1992. Conserving residual corn fertilizer nitrogen with winter cover crops. *Agron. J.* 84:869-876.
- Swanton, C.J., T.J. Vyn, K. Chandler, y A. Shrestha. 1998. Weed management strategies for no-till soybean grown on clay soils. *Weed technol.* 12:660-669.
- Teasdale, J.R., C.E. Bestle, y W.E. Potts. 1991. Response of weeds to tillage and cover crop residue. *Weed Sci.* 39:195-199.
- Villamil, M.C., F.E. Miguez, G.A. Bollero. 2008. Multivariate analysis and visualization of soil quality data for no till systems. *J. of Environmental Quality.* Vol. 37:2063-2069.
- Wagner, R., T.J Gillespie, C.J. Swanton. 1994. Rye cover crop management impact on soil water content, soil temperature and soybean growth. *Can. J.*
- Warnes, D.D., J.H. Ford, C.V. Eberlin, y W.E. Lueschen. 1991. Effects of a winter rye cover crop system and available soil water on weed control and yield in soybeans. pp.149-151. *In* W.I. Hargrove (ed) *Cover crops for clean water*. Soil and water Conserv. Soc. Ankeny. I.A.
- Williams, M.M., D.A. Mortensen, y J.W. Doran. 1998. Assessment of weed and crop fitness in cover crops residues for integrated weed management, *Weed Sci.* 45:595-603.
- Williams, M.M., D.A. Mortensen, y J.W. Doran. 2000. No tillage soybean performance in cover crops for weed management in the western corn belt. *J. Soil Water Conserv.* 55:79-84.
- Wischmeier, W.H. y D.W. Smith. 1958. Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Trans. Am. Geo. Un.* 39:285-291. 🌱