

Ariel Bertolla, Tomás Baigorria, Dionisio Gómez, Cristian Cazorla, Marcos Cagliero, Andrea Lardone, Marcos Bojanich y Bethania Aimetta

Efecto de la fertilización sobre la eficiencia del uso del agua de especies invernales utilizadas como cultivos de cobertura

INTRODUCCIÓN

En la Argentina, el cultivo de soja ocupa el primer lugar en importancia debido a que se realiza en una superficie aproximada de 18 millones de has (Minagri, 2011). Los residuos del cultivo remanentes luego de la cosecha son escasos y el aumento de su presencia en las secuencias agrícolas afectaría a la conservación del contenido de materia orgánica del suelo (MOS). Además, la baja relación carbono/nitrógeno (C:N) del residuo, afectaría el mantenimiento de adecuados niveles de cobertura de los suelos, lo cual podría llevar en el largo plazo, al empobrecimiento de los mismos (Ruffo, 2003). Una alternativa para incrementar el aporte de residuos en estos sistemas con alta participación de soja, es la incorporación de cultivos de cobertura (CC) (Hendrix et al., 1998). Los CC son aquellos establecidos entre dos cultivos estivales, y no son pastoreados, incorporados al suelo, ni cosechados, quedando en la superficie, protegiendo al suelo y liberando nutrientes como resultado de procesos de degradación de la biomasa aérea y radicular de los mismos (Álvarez y Scianca, 2006). Algunas de las funciones de los CC son aportar carbono al suelo a través de sus residuos, capturar nutrientes móviles como el nitrógeno (N) y azufre (S), mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y el control de malezas, de la erosión, etc. (Carfagno, 2008).

La descomposición de los residuos de cosecha libera N que puede lixivarse en el perfil antes del aprovechamiento por el próximo cultivo estival (Stute y Posner, 1995). Los CC durante su creci-

miento absorben el N del suelo y lo incorporan dentro de su biomasa aprovechándolo, de esta forma, pueden disminuir los riesgos de lixiviación en el perfil del suelo hacia las napas. En ensayos que incluyen cultivos de CC, Strock et al., (2004) reportaron que las pérdidas de N-NO₃ por lixiviación en un suelo moderadamente drenado se redujeron en un 13% en una rotación maíz-soja cuando un cultivo de centeno se implantó durante el periodo de barbecho. Por otro lado Restovich et al., (2008), encontraron en suelos franco limosos de la zona de Pergamino que la utilización de CC disminuye 95 Kg ha⁻¹ el contenido de N en el perfil, con respecto a un barbecho (testigo sin CC) al momento de la siembra de los cultivos estivales.

Una desventaja de la utilización de CC es que el consumo hídrico durante el invierno podría interferir en la normal oferta de agua para el cultivo sucesor (Duarte, 2002). Por tal motivo es importante elegir especies que tengan alta producción de biomasa con bajo consumo de agua, para mejorar la eficiencia en el uso del agua (EUA). Así, los CC que consiguen producir mayor cantidad de materia seca en forma anticipada, permiten adelantar su secado, lo que beneficia a los cultivos estivales, con un mayor aprovechamiento de las precipitaciones que ocurren al principio de la primavera (barbecho) (Fernández et al., 2005a). La fertilización es una práctica de manejo que mejora la EUA, según trabajos realizados en Hapludoles y Haplustoles de la región semiárida pampeana (Quiroga et al., 2007).

La factibilidad de la inclusión de CC en secuencias agrícolas será mayor mientras menos interferencia tenga por el recurso agua con el cultivo

principal. Por lo tanto es de gran importancia identificar especies de alta EUA. También es importante evaluar el efecto de la fertilización en la EUA. Por tal motivo el objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de la fertilización en la EUA de distintas especies utilizadas como CC.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se ubicó en la Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez, sobre un suelo Argiudol típico, perteneciente a la serie Marcos Juárez, que posee capacidad de uso I. Los CC se implantaron en siembra directa sobre un rastrojo de maíz el 24 de Abril de 2010. El diseño fue en bloques completamente aleatorizados con arreglos en parcelas divididas, donde la parcela principal fueron las especies y la sub-parcela los tratamientos de fertilización, con 3 repeticiones. El tamaño de las sub parcelas fueron de 6 metros de ancho por 50 metros de largo. El factor principal evaluado fue la especie con cuatro niveles: Triticale (TT), Centeno (CT), Vicia sativa (VS) y Vicia Villosa (VV). El sub factor fue la fertilización y fue diferente de acuerdo a la familia de especies. La fertilización en Triticale y Centeno se realizó a la siembra con 46 kg ha⁻¹ de fosfato di amónico (FDA) y se realizó una segunda aplicación con 200 kg ha⁻¹ de urea el día 28/05/2010, en las sub parcelas fertilizadas. Las leguminosas (Vicia villosa y Vicia sativa), se fertilizaron con 46 kg ha⁻¹ de FDA a la siembra en las sub parcelas fertilizadas. La densidad de siembra para los cultivos gramíneas (Triticale y Centeno) fue de 250 pl m⁻², mientras que para las leguminosas (Vicia Villosa y Vicia Sativa) fue de 35 pl m⁻². La interrupción del crecimiento de los CC se realizó en forma mecánica mediante la utilización de rolo a cuchillas el día 02/10/2010.

Se determinó el contenido de humedad del suelo a través del método gravimétrico a diferentes profundidades del suelo (0-20, 20-40, 40-60, 60-100 y 100-150 cm), en 5 momentos del ciclo de los CC, desde emergencia hasta el momento de secado. El agua consumida final por el cultivo al momento de secado (ACF) se estimó como la sumatoria de AC en cada intervalo. El agua útil residual (AUR) es el AUT del suelo determinada al momento de secado de los CC.

La producción de biomasa (BIOM) durante el ciclo de los CC se realizó mediante 4 muestreos en

las mismas fechas donde se determinó la humedad del suelo, cortando plantas en una superficie de 0,5m² al ras del suelo, en los surcos centrales de las parcelas. Luego se colocaron las muestras en estufa con ventilación forzada a 60°C hasta obtener peso constante y el peso obtenido se expresó finalmente en Kg ha⁻¹. La EUA (kg ha⁻¹ mm⁻¹), se calculó como la pendiente de las rectas de regresiones que surgieron de relacionar BIOM de cada CC en función del AC en las diferentes fechas de muestreo (Dardanelli et al., 2008). La tasa de crecimiento del cultivo (TCC) expresado en kg ha⁻¹ °Cd⁻¹, se calculó como la pendiente de las rectas de regresión que surgieron de relacionar BIOM en función del tiempo expresado en unidades térmicas (°Cd), tomando como temperatura base 0°C (Cárcova et al., 2008).

Al momento de secado de los CC se determinó el contenido de N-NO₃⁻ residual en el suelo (ppm) por el método de fenil disulfónico (Bremmer, 1965) y se expresaron los resultados en kg ha⁻¹ para las profundidades 0-20, 20-40 y 40-60 cm. El costo hídrico se calculó como la diferencia de agua útil en el suelo en los diferentes tratamientos al momento de secado en relación al tratamiento testigo (Fernández et al., 2008).

Los datos fueron evaluados estadísticamente a través de análisis de varianza (ANOVA), y mediante análisis de regresión lineal, utilizando el programa estadístico (Infostat, 2004). Debido a que los niveles de fertilización fueron diferente entre leguminosas (VV y VS) y gramíneas (TT y CT), el contraste para ANOVA en las sub-parcelas fertilizadas se dividió de acuerdo a la familia, por una lado gramíneas (TT y CT) y por el otro leguminosas (VV y VS). La producción de BIOM se analizó a través de los componentes que la definen, ACF y EUA, en gramíneas y leguminosas de manera separada.

RESULTADOS

La producción de BIOM en los diferentes momentos de muestreo en función de las unidades térmicas (°Cd), de los CC gramíneas (Figura 1A) y leguminosas (Figura 1B). En las gramíneas, se observó que a partir del segundo momento de muestreo (1200°C), comenzó a observarse diferencias entre cultivos, donde TT produjo mayor BIOM que el CT.

En gramíneas el efecto de la fertilización nitro-

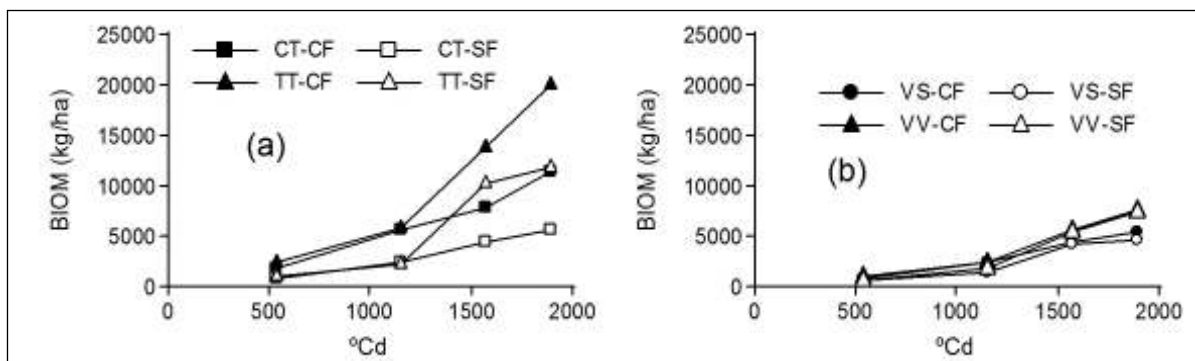


Figura 1: Biomasa producida (BIOM - kg ha⁻¹) en función del tiempo térmico (°Cd) en a) gramíneas: Triticale (TT), Centeno (CT) y en b) leguminosas: Vicia Villosa (VV), Vicia Sativa (VS) con los tratamientos de fertilización: con fertilización (CF) y sin fertilización (SF).

genada fue significativo durante casi todo el ciclo, siendo mayores los valores de BIOM para los tratamientos fertilizados (Figura 1A). En leguminosas las producciones de BIOM fueron menores a de las gramíneas durante todo el ciclo (Figura 1A y B). VV presentó mayores producciones de BIOM, siendo estas diferencias más notorias a partir de aproximadamente los 1600 °Cd (Figura 1B). En cuanto a la fertilización fosforada en leguminosas, no se observaron diferencias significativas durante el ciclo.

En relación a la BIOM producida por gramíneas, se observaron diferencias significativas entre

Tabla 1: Biomasa producida (BIOM - kg ha⁻¹), Agua consumida (ACF - mm) al momento de secado, eficiencia en el uso del agua (EUA - kg ha⁻¹/mm⁻¹), para los cultivos gramíneas (CG): Triticale (TT) y Centeno (CT), con sus tratamientos de fertilización (TR): con fertilización (CF) y sin fertilización (SF).

CG	TR	BIOM (Kg/ha)	ACF (mm)	EUA (kg/ha/mm)
TT	CF	20015 a	304 a	81,5 a
	SF	11867 b	258 b	66,4 ab
CT	CF	11334 b	249 b	50,5 bc
	SF	5655 c	240 b	30,9 c
	CL	***	***	***
	TR	***	NS	***
	CL*TR	NS	NS	NS

***= diferencias estadísticamente significativas, NS= diferencias no significativas ($p < 0,05$). Para los efectos principales de cultivo (CL), tratamiento (TR) y la interacción CL*TR. Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas entre medias (Test LSD Fisher)

especies y fertilización, mientras que no hubo interacción (Tabla 1). La diferencia media de producción de BIOM entre TT y CT fue de 7447 kg ha⁻¹. El efecto medio de la fertilización incrementó la BIOM en 6914 kg ha⁻¹.

Con respecto al ACF, se encontraron diferencias significativas entre los CL y no hubo diferencias significativas entre FR, ni interacción CL*FR significativa (Tabla 1). El ACF promedio de los cultivos fue: TT (281 mm) y CT (244 mm), siendo la diferencia de 37 mm. Si bien no se detectó interacción CL*FR estadísticamente significativa sobre el ACF, se pudo observar que el TT fertilizado presentó 50 mm más de consumo con respecto a los demás casos.

La EUA presentó diferencias significativas entre CL y entre FR y no hubo interacción CL*FR significativa, al igual que en BIOM (Tabla 1). Se pudo observar que TT (73 kg ha⁻¹ mm⁻¹) fue casi dos veces más eficiente en el uso del agua que CT (40 kg ha⁻¹ mm⁻¹). El efecto promedio de la fertilización fue incrementar la EUA en 30 kg ha⁻¹ mm⁻¹, comparado al tratamiento CF (67 kg ha⁻¹ mm⁻¹) respecto del SF (46 kg ha⁻¹ mm⁻¹).

En la Figura 2 se observa la relación entre BIOM producida en función del AC para cada fecha de muestreo para gramíneas, donde las pendientes de las rectas de regresión expresan la EUA. Se observa que los ajustes fueron altos ($R^2 > 0,85$), lo que demuestra que cada cultivo transformó el agua consumida en biomasa con la misma eficiencia durante todo el ciclo. Las diferencias observadas en las pendientes de las rectas de los distintos tratamientos muestran las variaciones en la EUA.

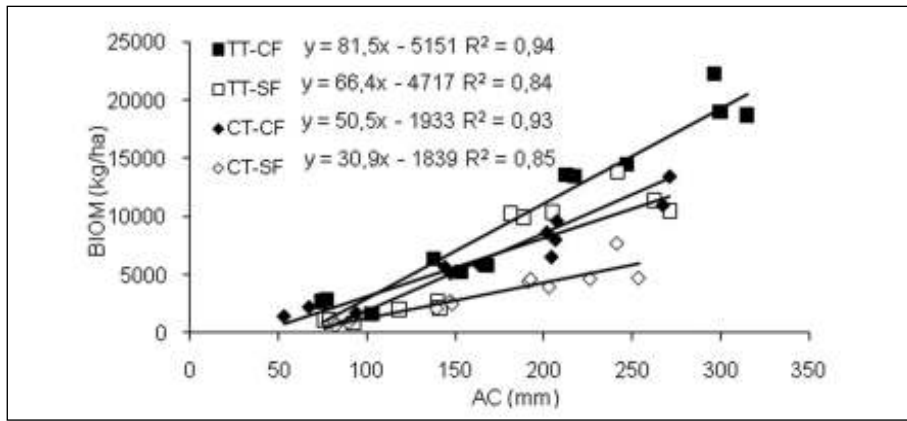


Figura 2: Biomasa producida (BIOM - kg ha⁻¹) en función del agua consumida (AC -mm), en las gramíneas: Triticale (TT) y Centeno (CT), con sus tratamientos de fertilización (TR): con fertilización (CF) y sin fertilización (SF).

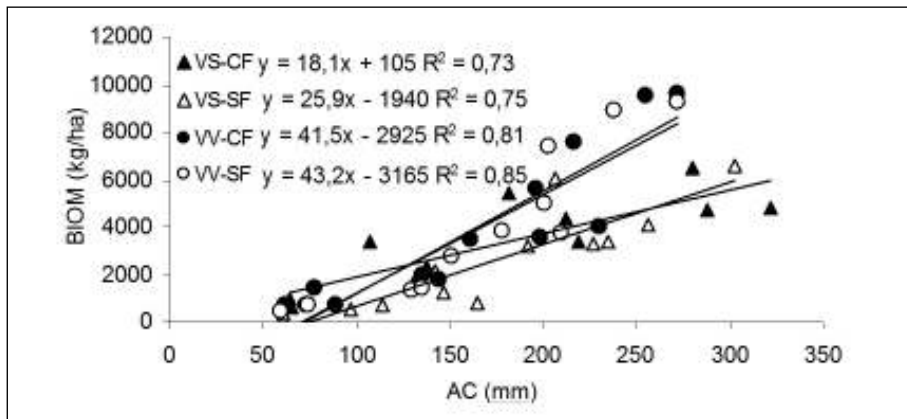


Figura 3: Biomasa producida (BIOM - kg ha⁻¹) en función del agua consumida (AC - mm), para los cultivos leguminosos: Vicia Villosa (VV) y Vicia Sativa (VS), con sus tratamientos de fertilización (TR): con fertilización (CF) y sin fertilización (SF).

Tabla 2: Biomasa producida (BIOM - kg ha⁻¹), Agua consumida (ACF - mm) al momento de secado, eficiencia en el uso del agua (EUA - kg ha⁻¹ mm⁻¹) para los cultivos leguminosos (CL): Vicia Villosa (VV) y Vicia Sativa (VS), con sus tratamientos de fertilización (TR): con fertilización (CF) y sin fertilización (SF).

CL	TR	BIOM (Kg/ha)	ACF (mm)	EUA (kg/ha/mm)
VV	CF	7694 a	253 a	41,5 ab
	SF	7307 a	240 a	43,2 a
VS	CF	5306 a	297 a	18,1 c
	SF	4673 a	265 a	25,9 bc
CL		***	NS	***
TR		NS	NS	NS
CL*TR		NS	NS	NS

***= diferencias estadísticamente significativas, NS= diferencias no significativas ($p < 0,05$). Para los efectos principales de cultivo (CL), tratamiento (TR) y la interacción CL*TR. Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas entre medias (Test LSD Fisher)

En leguminosas la BIOM producida presentó diferencias significativas entre CL y no hubo dife-

rencias significativas entre FR ni interacción CL*FR significativa (Tabla 2). La producción de BIOM promedio de los cultivos fue: VV (7500 kg ha⁻¹) y VS (4989 kg ha⁻¹), siendo la diferencia de 2511 kg ha⁻¹. Si bien en FR no se detectaron diferencias estadísticamente significativas sobre la BIOM producida, se pudo observar una leve tendencia a aumentar este parámetro en 511 kg ha⁻¹ comprando los tratamientos CF (6500 kg ha⁻¹) con los SF (5989 kg ha⁻¹).

En relación al ACF, no se encontraron diferencias entre los CL, FR ni la interacción CL*FR significativa (Tabla 2). Aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, se pudo observar que VS (280 mm) al momento de secado consumió 34 mm más de agua que VV (246 mm). El efecto de la fertilización fue casi un 50% menor al efecto CL, siendo la diferencia en el ACF de 22 mm comparando CF (274 mm) respecto del SF (252 mm).

En la EUA, se encontraron diferencias significativas entre CL, y no hubo diferencias significativas entre FR ni en la interacción CL*FR significativa (Tabla 2). La EUA promedio de los cultivos fueron

de 40 y 22 $\text{kg ha}^{-1}\text{mm}^{-1}$ para VV y VS respectivamente, siendo VV dos veces más eficiente en el uso del agua que VS.

En la Figura 3 se muestra la EUA de leguminosas, siendo esta menor que la encontrada para gramíneas ($R^2 > 0,70$). Se puede considerar que también las vicias transformaron el agua consumida en biomasa con igual eficiencia en todo el ciclo. Los principales cambios en la EUA fueron debidas a los cultivares y no a los efectos de la fertilización fosforada.

Las diferencias en biomasa encontradas al momento de secado tanto de gramíneas como de leguminosas fueron relacionadas con los componentes fisiológicos que la definen (ACF y EUA)

Tabla 3: Tasa de crecimiento (TCC - $\text{kg ha}^{-1}\text{Cd}^{-1}$) de los cultivos gramíneas (CL): Triticale (TT), Centeno (CT) y los cultivos leguminosas (CL): Vicia villosa (VV), Vicia Sativa (VS), con sus tratamientos de fertilización (TR): con fertilización (CF) y sin fertilización (SF).

TR	GRAM ($\text{kg/ha}^{\circ}\text{Cd}$)		LEG ($\text{kg/ha}^{\circ}\text{Cd}$)	
	TT	CT	VS	VV
CF	13 a	6 b	3 b	5 a
SF	8 b	3 c	3 b	5 a
CL	***		***	
TR	***		NS	
CL*TR	NS		NS	

***= diferencias estadísticamente significativas, NS= diferencias no significativas ($p < 0,05$). Para los efectos principales de cultivo (CL), tratamiento (TR) y la interacción CL*TR. Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas entre medias (Test LSD Fisher)

(Figura 4A). Se pudo observar que todos los cultivos se alinearon en una única recta de regresión con un ajuste muy alto ($R^2 = 0,91$). Es decir las diferencias en la producción de BIOM encontradas al momento de secado fueron explicadas en un 90% por la EUA, donde por cada punto de aumento de este parámetro, aumentó 218 kg ha^{-1} la producción de BIOM, siendo este factor muy importante para explicar las producciones de BIOM. En cambio, los ajustes que se obtuvieron de la relación entre BIOM y ACF fueron relativamente bajos ($R^2 = 0,19$), siendo este factor de menor importancia para explicar la producción de BIOM. Es decir, con mayores consumos de agua no se lograron mayores cantidades de BIOM (Figura 4B).

Otro aspecto a considerar en un CC es la tasa de crecimiento (TCC - $\text{kg ha}^{-1}\text{Cd}^{-1}$), la cuál es presentadas en la Tabla 3. En las gramíneas se observaron diferencias significativas entre CL y entre FR y no hubo interacción CL*FR significativa. Los resultados mostraron que la TCC promedio de TT ($10 \text{ kg ha}^{-1}\text{Cd}^{-1}$) fue el doble que la de CT ($5 \text{ kg ha}^{-1}\text{Cd}^{-1}$). El efecto de la fertilización nitrogenada fue incrementar en 3 $\text{kg ha}^{-1}\text{Cd}^{-1}$ la TCC comparando el tratamiento CF ($9 \text{ kg ha}^{-1}\text{Cd}^{-1}$) respecto del SF ($6 \text{ kg ha}^{-1}\text{Cd}^{-1}$) (Tabla 3).

En lo que respecta a la TCC en las leguminosas se encontraron diferencias entre CL y no se detectaron diferencias entre FR ni interacción CL*FR significativa. Los CL presentaron una TCC promedio de: VV ($5 \text{ kg ha}^{-1}\text{Cd}^{-1}$) y VS ($3 \text{ kg ha}^{-1}\text{Cd}^{-1}$).

En la Figura 5 se puede observar la relación entre BIOM producida al momento de secado de los CC, en función de la TCC, en la cual, los cultivos se alinean sobre una única recta, con un ajuste

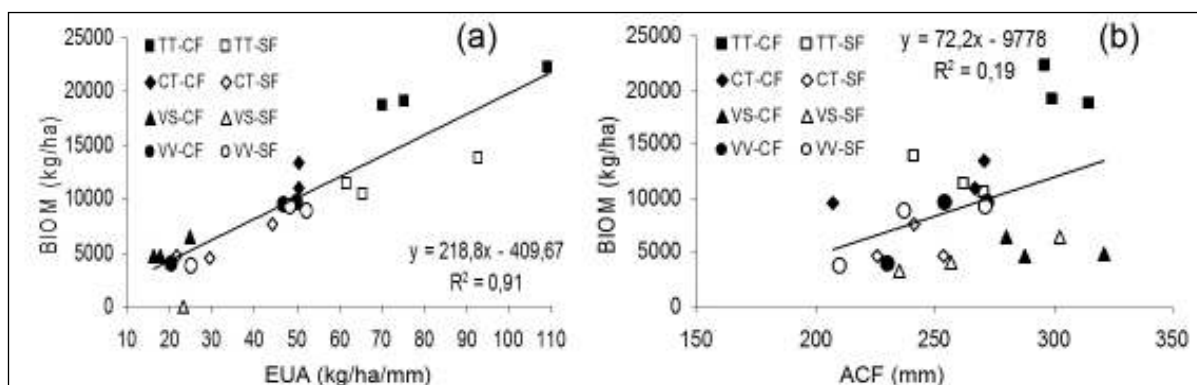


Figura 4: a) Biomasa producida (BIOM - kg/ha) en función de la eficiencia del uso del agua (EUA - $\text{kg ha}^{-1}\text{mm}^{-1}$) y b) en función del agua consumida final (ACF - mm), para los distintos cultivos de cobertura: Triticale (TT), Centeno (CT), Vicia Villosa (VV), Vicia Sativa (VS), con sus tratamientos de fertilización: con fertilización (CF) y sin fertilización (SF).

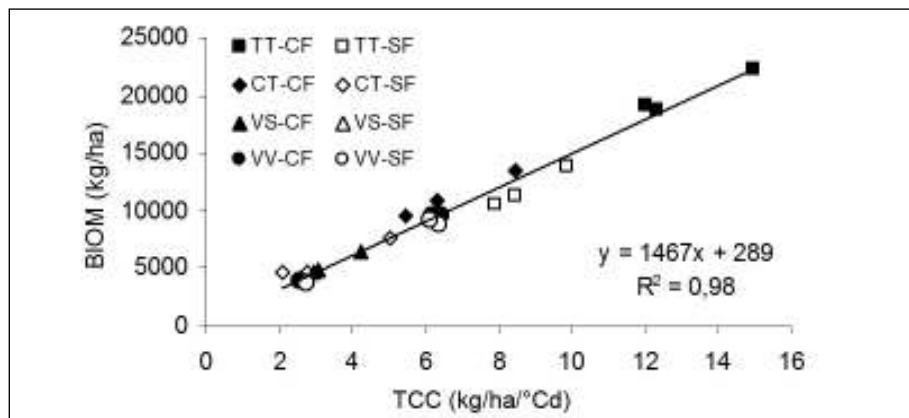


Figura 5: Biomasa producida (BIOM - kg ha⁻¹) en función de la tasa de crecimiento de los cultivos (TCC -kg ha⁻¹ °Cd⁻¹), para los distintos cultivos de cobertura: Triticale (TT), Centeno (CT), Vicia Villosa (VV), Vicia Sativa (VS), con sus tratamientos de fertilización: con fertilización (CF) y sin fertilización (SF).

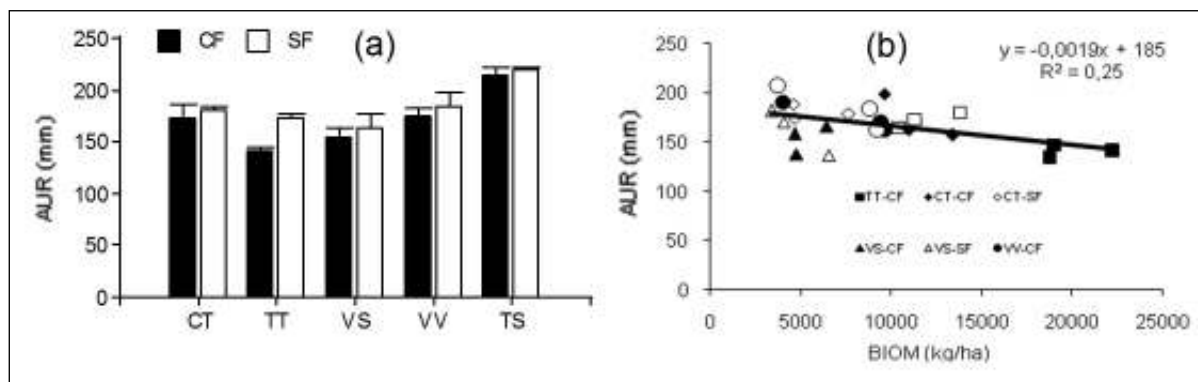


Figura 6: a) Agua útil residual en el suelo (AUR -mm) (0-150cm) al momento de secado de los cultivos de cobertura con el testigo (TS) y los tratamiento y b) agua útil residual (AUR -mm) (0-150cm) en función de la biomasa producida (BIOM - kg ha⁻¹) para los cultivos de coberturas: Triticale (TT), Centeno (CT), Vicia Villosa (VV), Vicia Sativa (VS), con sus tratamientos de fertilización: con fertilización (CF) y sin fertilización (SF).

te muy alto ($R^2=0,98$) al igual que la EUA. Es decir que la TCC de los cultivos explicó el 98% de la variación en la BIOM, y por cada unidad de incremento, la BIOM aumenta 1467 kg ha⁻¹.

En la Figura 6A se muestra el agua útil residual (mm) que los CC dejaron en el suelo al momento de secado de los mismos. En el tratamiento testigo (TS) presentó 220 mm de agua en el perfil sin diferencias agronómicas entre los FR. El TT CF fue el cultivo con mayor costo hídrico, (76 mm), un 36% menos respecto del TS, mientras que el SF un 20% menos comparado con TS. En los demás cultivos no se encontraron diferencias agronómicas entre FR, pero sí con respecto al TS. A pesar que el ajuste de regresión entre AUR y la biomasa producida (Figura 6B) fue muy baja ($R^2= 0,25$), existió una relación negativa entre ambos componentes, donde a mayor biomasa, menor fue contenido hídrico en el perfil del suelo al momento de secado.

En lo que respecta a la disponibilidad de N-NO₃⁻ residuales que los CC dejaron en el suelo al

momento de secado, para las gramíneas se encontraron diferencias significativas entre los CL y no hubo diferencias entre FR ni interacción CL*FR significativa (Tabla 4). El N-NO₃ residual promedio de los CL fueron: CT (11,2 kg ha⁻¹) y TT (7,3 kg ha⁻¹), encontrándose una diferencia de 3,9 kg ha⁻¹ a favor del CT.

En las leguminosas (Tabla 4) se encontraron diferencias significativas entre TR e interacción CL*FR y no hubo diferencias entre CL. Se pudo observar que los cultivos fertilizados (11,8 kg ha⁻¹) dejaron mayor cantidad de N-NO₃ residual que los no fertilizados (7,7 kg ha⁻¹) siendo la diferencia de 4,2 kg ha⁻¹. La interacción CL*TR significativa se debió a que, VV SF (15 kg ha⁻¹) dejó mayor cantidad de N-NO₃- con respecto a VV CF (6 kg ha⁻¹). En VS no se encontró respuesta a la fertilización. Comparando los N-NO₃- residuales que los CC dejaron en el suelo al momento de secado (Figura 7A), se observó que los CC redujeron entre 65 y 80% los N-NO₃ respecto a TS (38 kg ha⁻¹).

Tabla 4: N-NO₃- residuales en el perfil del suelo (N-NO₃-kg ha⁻¹) (0-60cm) al final del ciclo de los cultivos gramíneas (CL): Triticale (TT), Centeno (CT) y de los cultivos leguminosas (CL): Vicia villosa (VV), Vicia Sativa (VS), con sus tratamientos de fertilización (TR): con fertilización (CF) y sin fertilización (SF).

TR	GRAM (kg/ha)		LEG (kg/ha)	
	TT	CT	VS	VV
CF	7,3 b	13,8 a	8,8 b	6,4 b
SF	7,2 b	8,5 b	8,5 b	15,2 a
CL	***		NS	
TR	NS		***	
CL*TR	NS		***	

***= diferencias estadísticamente significativas, NS= diferencias no significativas (p<0,05). Para los efectos principales de cultivo (CL), tratamiento (TR) y la interacción CL*TR. Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas entre medias (Test LSD Fisher)

En la Figura 7B se muestra la regresión entre N-NO₃- residual en el suelo y la BIOM producida al momento de secado de los CC, donde si bien hubo una tendencia a dejar menor cantidad de N-NO₃ a mayor BIOM producida, esta no fue significativa (R²=0,002), lo que significa que producir más cantidad de biomasa, no implica dejar menos cantidad de N en el suelo. Un ejemplo fue TT que con fertilización nitrogenada, casi duplicó la biomasa producida, mientras que no hubo diferencias en la cantidad de nitratos residuales en el suelo.

DISCUSIÓN

La generación de biomasa depende en gran medida de la especie y del cultivar utilizado (Carfagno, 2008). En este trabajo se demostró que la producción de biomasa de las gramíneas fue claramente superior al de las leguminosas, tal como los resultados obtenidos por varios autores (Neal et al., 2011; Zendonadi dos Santos et al., 2011) quienes comparando diversas especies invernales gramíneas y leguminosas, también encontraron que las primeras duplicaron en producción a las segundas.

Entre las gramíneas, el TT fue el cultivo que mayor biomasa. Datos similares obtuvieron Amigone et al., (2010) en un ensayo de pastoreo y Scianca et al., (2006) que evaluaron a estas especies como CC. La diferencia entre ambos cultivos se puede deber a que TT (Cultivar Espinillo INTA) es un cultivar mejorado en la región Marcos Juárez (Bainotti et al., 2007), por lo tanto está bien adaptado a la zona, mientras que CT es una especie mejorada en Chile, por lo que su adaptación a esta zona puede ser menor. En cuanto a las leguminosas, la producción de BIOM fue mayor en VV que en VS, coincidiendo con resultados previos de Baigorria y Cazorra (2010), quienes compararon a estos dos cultivares en distintos ambientes y siempre fue de mayor producción VV.

Según Passioura, (1977), la producción de biomasa de un cultivo depende de cómo éste capta el recurso agua (AC) y de cuan eficiente es en transformarlo en materia seca (EUA). En este tra-

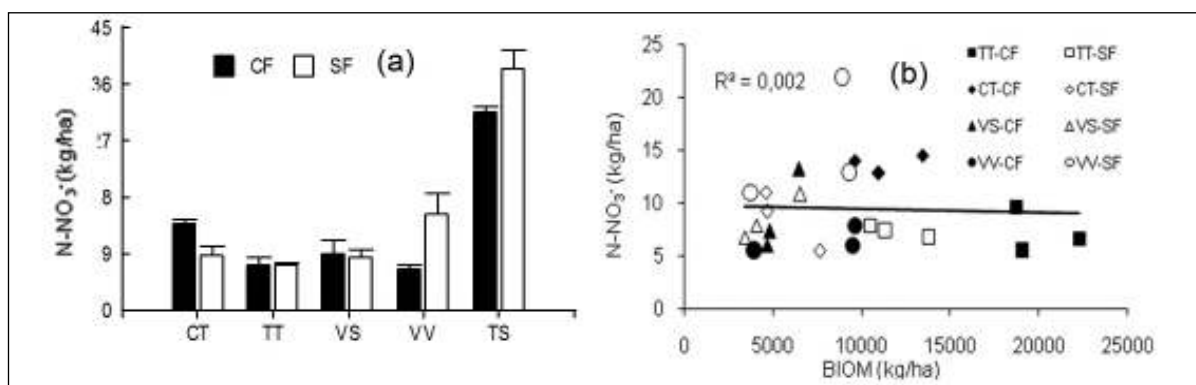


Figura 7: a) Contenido de N-NO₃- residuales en el suelo (0-60cm) (N-NO₃-kg ha⁻¹) de los cultivos de cobertura y del testigo (TS) al momento de secado, con sus tratamiento de fertilización y b) Contenido de N-NO₃- residuales en el suelo (0-60cm) (N-NO₃-kg ha⁻¹) en función de la biomasa producida al momento del secado (BIOM - kg ha⁻¹), para los cultivos de coberturas: Triticale (TT), Centeno (CT), Vicia Villosa (VV), Vicia Sativa (VS), con sus tratamientos de fertilización: con fertilización (CF) y sin fertilización (SF).

bajo se observó que los componentes fisiológicos que explican la biomasa producida (ACF y EUA), tuvieron una relación positiva con la BIOM, aunque la EUA fue el factor que mejor explicó las diferencias entre BIOM encontradas. En cuanto a la BIOM producida los cultivos de mayor producción fueron los de mayor EUA, coincidiendo con Neal et al., (2011) quienes evaluando distintas gramíneas y leguminosas encontraron que había una relación positiva entre el rendimiento de BIOM y ambos componentes. En ese trabajo también la EUA presentó una mejor relación ($R^2=0,69$), que el ACF por el cultivo ($R^2=0,33$), con las diferencias en BIOM observadas.

Otro factor que explicó las diferencias entre especies en cuanto a la producción de biomasa fue la tasa de crecimiento. Neal et al., (2011) propusieron que especies de rápido crecimiento mejoran la EUA, ya que cubren el suelo rápidamente, evitando pérdidas de agua por evaporación directa desde el suelo y optimizando la relación entre TCC y biomasa (Prasad y Power, 1991). Ambos postulados, explicarían los resultados del presente trabajo, donde los cultivares de mayor producción fueron los de mayor TCC y mayor EUA.

El uso de fertilizantes tiene una eficacia notable en la producción y la EUA de los cultivos (Zhang et al., 1998). Algo similar ocurrió en este trabajo, donde la aplicación de fertilizantes nitrogenados incrementó la BIOM, la EUA y en TCC en el caso de las gramíneas. Respuestas similares en estos cultivos han sido reportadas previamente por Scianca et al., (2008) y Díaz-Zorita y Gonella, (1997). Esta respuesta puede ser debida a que la aplicación de fertilizantes nitrogenados aumenta la concentración de N en las plantas aumentando la capacidad fotosintética del cultivo, provocando mayor TCC en periodos tempranos, dando por resultado incrementos en la EUA (Dardanelli et al., 2008).

En cuanto a la aplicación de fósforo como fertilizante algunas investigaciones reportan que en suelos de bajo P la aplicación de este nutriente incrementa la producción de materia seca en leguminosas (Payne et al., 1992; Payne et al., 1995). En éste trabajo la aplicación de P en leguminosas, no aumentó la producción de BIOM. Esto puede deberse a que la cantidad de P disponible en el suelo al momento de la siembra de los CC, en los tratamientos sin fertilizar fue aproximadamente de 55 ppm en la profundidad 0 - 20 cm,

es decir, estuvo por encima del umbral mínimo de respuesta a la fertilización (16 ppm) reportado por García y Berardo, (2005).

Lampurlanes et al., (2002) señalan que la conservación del agua durante el barbecho resulta principalmente dependiente del tipo de suelo, sistema de labranza, probabilidad de precipitaciones y capacidad del suelo para almacenar agua, etc. Considerando que el peso relativo de cada factor varía entre sitios, es frecuente observar resultados contrastantes entre experiencias, los cuales dan lugar a controversias sobre el valor del barbecho para la conservación del agua en regiones semiáridas.

En este trabajo los CC dejaron menor cantidad de agua útil residual en el perfil del suelo respecto al TS, lo que concuerda con Álvarez y Scianca, (2006), quienes reportaron que el consumo hídrico de los CC durante el invierno podría inferir en la normal oferta de agua para el cultivo siguiente. Al respecto, Fernández et al., (2005b), comprobaron una reducción importante en los contenidos de agua por efecto de CC.

El efecto de la fertilización hallado en este trabajo coincide con Quiroga et al., (2007), quienes también demostraron que los CC fertilizados, fueron los que mostraron menores cantidades de agua útil residual al momento de secado de los CC en comparación con el testigo.

En la Pampa Ondulada, los sistemas de producción agrícola presentan dos momentos de riesgo de pérdida de N por lixiviación: durante el período de barbecho otoño-invernal y durante los primeros estadios del cultivo estival. Esto se debe a que coincide una alta cantidad de N inorgánico proveniente de la mineralización del suelo, con las lluvias primaverales, sumando a la falta de sistemas de raíces eficientes para captura de N en profundidad (Andriulo et al., 1999). Por lo que es importante considerar la captura de nitratos durante el barbecho que tiene lugar entre cultivos de verano (marzo-octubre), minimizando la lixiviación durante el otoño y principios de la primavera (Fernández et al., 2005a), en este sentido los CC cumplieron con ese objetivo. En éste trabajo, los CC dejaron entre el 65 y 85% menos cantidad de $N-NO_3^-$ en el perfil del suelo en la profundidad 0 - 60 cm respecto al TS. Similares resultados fueron obtenidos por Quiroga et al., (1999) quienes trabajaron sobre suelos Haplustoles enticos,

determinaron entre 70 y 83% menos de N-NO₃-bajo cereal de invierno que bajo barbecho. También Nyakatawa et al., (2001) encontraron que sobre un Paleudult típico bajo CC quedaba entre 23 y 82 % menos de N-NO₃- que bajo barbecho.

CONCLUSIONES

En cuanto a la producción de biomasa se encontraron diferencias importantes entre cultivos, las gramíneas fueron las que produjeron mayor cantidad respecto a las leguminosas. La biomasa estuvo lineal y positivamente correlacionada con ambos componentes que la definen (ACF y EUA), aunque ésta última explicó en mayor medida las diferencias en BIOM encontradas entre los cultivos.

La tasa de crecimiento mostró una alta correlación con la biomasa final de los cultivos. Por lo tanto es otro componente fisiológico importante para considerar al momento de la elección de un CC.

Los CC al momento de secado redujeron los nitratos residuales del suelo, respecto al testigo. Los tratamientos de fertilización no tuvieron efecto claro sobre este parámetro.

Los CC redujeron significativamente el agua útil residual al momento de secado respecto del testigo, donde no se encontraron diferencias importantes entre gramíneas y leguminosas.

El agua útil y los nitratos residuales, en el perfil del suelo al momento de secado no dependieron de la producción de biomasa de los CC. La fertilización nitrogenada produjo en gramíneas, aumentos en la biomasa producidas y de los componentes que los definen, agua consumida final, eficiencia en el uso del agua y la tasa de crecimiento.

La fertilización fosforada en las leguminosas no provocó diferencias significativas en la biomasa producida, ni en sus componentes, agua consumida final, eficiencia en el uso del agua y en la tasa de crecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

• Álvarez C y C Scianca. 2006. Cultivos de cobertura en Molisoles de la Región Pampeana. Aporte de carbono e influencia sobre las propiedades edáficas. EEA INTA General Villegas: Jornada Profesional Agrícola 2006.

• Amigone M, Chiacchiera S, Kloster A, Bertram N, Conde MB y B Masiero. 2010. Producción de forraje de avena, cebada forrajera, centeno, triticale y raigrás anual en el sudoeste de Córdoba. Información de Extensión Nº 133. EEA INTA Marcos Juárez.

• Andriulo A, Mary B, Guérif J. 1999. Modeling soil carbon dynamics with various cropping sequences on the rolling pampas. *Agronomie* 19: 365-377.

• Baigorria T y C Cazorla. 2010. Eficiencia del uso del agua por especies invernales utilizadas como cultivos de cobertura. En acta: XXII congreso de la Ciencia del Suelo. 31 de Mayo al 4 de Junio.

• Bainotti C, Salines J, Amigone M, Fraschina J, Formica M, Masiero B, Nisi J, Kloster A, Garis M, Navarro C. 2007. Nueva variedad de triticale forrajero Espinillo INTA. En: Espinillo INTA un nuevo cultivar de triticale forrajero. Información para Extensión 110. EEA INTA Marcos Juárez. pp. 3-6.

• Bremner J. 1965. Inorganic forms of Nitrogen. In Black, C.A. 1965 (Ed) *Methods of soil analysis Part II. Agronomy* 9. ASA. Madison. USA: 1179-1237.

• Cárcova J, Abeledo G y M López Pereira. 2008. Análisis de la generación del rendimiento: crecimiento, partición y componentes. En Satorre, E; Benech, R; Slafer, G; de la Fuente, E; Millares, D; Otegui, M; Savin, R; (Eds.). *Producción de granos bases metodológicas*. UBA. Argentina. pp. 75-91.

• Carfagno P. 2008. Cultivos de Cobertura en Agricultura de Secano en Región Pampeana. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Instituto de suelos INTA castelar. <http://www.insuelos.org.ar/informes/CultivoSecano.pdf>. Consultado 14/06/2010.

• Dardanelli J, Collino D, Otegui ME y V Sadras. 2008. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano. En Satorre, E; Benech, R; Slafer, G; de la Fuente, E; Millares, D; Otegui, M.E; Savin, R (Eds.). *Producción de granos bases metodológicas*. UBA. Argentina. pp. 376-433.

• Díaz-Zorita M y C Gonella. 1997. Fertilización nitrogenada de verdeos de invierno en la región subhúmeda pampeana. *Argentina. Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5 (Supl. 1). pp. 10-12.

• Duarte G. 2002. Sistemas de Producción de girasol en la región húmeda argentina. en Díaz-Zorita M. y Duarte G. (Eds.). *Manual práctico para el cultivo de girasol*. Hemisferio sur. Buenos Aires. pp. 313.

• Fernández R, Funaro D y A Quiroga. 2005a. Influencia de cultivos de cobertura en el aporte de residuos, balance de agua y contenido de nitratos. En *Aspectos del manejo de los suelos en sistemas mixtos de las regiones semiárida y subhúmeda Pampeana*. Boletín de divulgación técnica 87. EEA INTA Anguil. pp. 25-31.

• Fernández R, Funaro D y A Quiroga. 2005b. Aspecto del

Manejo del Manejo del Agua y la Nutrición en Verdes de Inviernos. Boletín de divulgación técnica 61. EEA INTA Anguil. pp. 1-14.

- Fernández R, Quiroga A, Arenas F, Antonini C y M Saks. 2008. Contribución de los cultivos de cobertura y las napas freáticas a la conservación del agua, uso consuntivo y nutrición de los cultivos. En Quiroga, A y Bono, A (eds.) Manual de fertilidad y evaluación de suelos. INTA. EEA Anguil. Argentina. pp. 51-59.
- García F y A Berardo. 2006. Trigo. En H Echeverría y F. García (eds.). Fertilidad de suelos y Fertilización de cultivos. INTA. Buenos Aires. Argentina. pp. 233-253.
- Hendrix P, Franzluebbers A, McCracken D. 1998. Management effects on C accumulation and loss in soils of the southern Appalachian Piedmont of Georgia. *Soil Till. Res.* 47: 245-251.
- Infostat. 2004. Manual del usuario. Grupo infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición. Editorial Brujas Argentinas.
- Lampurlanes J, Angás P, Cantero-Martínez C. 2002. Tillage effects on water storage during fallow, and on barley root growth and yield in two contrasting soils of the semi-arid Segarra region Spain. *Soil Till. Res.* 65: 207-220.
- Neal J, Fulkerson W y R Hacker. 2011. Differences in water use efficiency among annual forages used by the dairy industry under optimum and deficit irrigation. *Aust. Agricultural Water Management* 98: 759-774.
- Nyakatawa E, Reddy K, Sistani K. 2001. Tillage, cover cropping, and poultry litter effects on selected soil chemical properties. *Soil. Till. Res.* 58: 69-79.
- Passioura J. 1977. Grain yield, harvest index and water use of wheat. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 43: 117-120.
- Prasad R y J Power. 1991. Crop residue management. *Advances in Soil Sc* 15: 205-241.
- Payne W, Drew M, Hossner L, Lascano R, Onken A, Wendt C. 1992. Soil phosphorus availability and pearl millet water-use efficiency. *Crop Sci.* 32: 1010-1015.
- Payne W, Hossner L, Onken A, Wendt C. 1995. Nitrogen and phosphorus uptake in pearl millet and its relation to nutrient and transpiration efficiency. *Agron. J.* 87: 425-431.
- Quiroga A, Ormeño O, Fernández D y A Vallejo. 1999.

Verdeo de invierno: necesidad de reconocer y manejar limitantes de su productividad en suelos de la región semiárida pampeana. *Bol. téc* 61. INTA Anguil.

- Quiroga A, Carfagno P, Eiza M y R Michelena. 2007. Inclusión de cultivos de coberturas bajo agricultura de secano en la región semiárida pampeana. EEA INTA General Villegas. Jornada de cultivos de cobertura. Septiembre 2007.
- Restovich S, Andriulo A, Salsa C, Irizar A, Rimotori F, Darder ML, Hanuch L. 2008. Absorción de agua y de nitrógeno edáfico de diferentes cultivos de cobertura. XXI Congreso Argentino de la ciencia del suelo. Potrero de los Funes. San Luis. 13 al 16 de mayo del 2008.
- Ruffo M. 2003. Factibilidad de inclusión de cultivos de cobertura en Argentina. *Actas XI Congreso de AAPRESID.* pp. 171-176.
- Scianca C, Álvarez C, Barraco M y A Quiroga. 2006. Cultivos de cobertura: aporte de nutrientes y rastrojo de las diferentes especies. *Memoria Técnica. INTA Estación Experimental Agropecuaria General Villegas.* pp. 13-15.
- Scianca C, Barraco M y C Álvarez. 2008. Estrategias de manejo de centeno utilizado como cultivo de cobertura en un Argiudol típico del noreste bonaerense. *Memoria técnica 2008 – 2009. EEA INTA General Villegas.* pp. 25-28.
- Strock J, Porter P y M Russelle. 2004. Cover cropping to reduce nitrate loss through subsurface drainage in the northern U.S. Corn Belt. *J.* 1010-1016.
- Stute J y J Posner. 1995. Synchrony between Legume Nitrogen release and Corn Demand in the upper Midwest. *Agron. J.* 87: 1063-1069.
- Zendonadi dos Santos N, Dieckow J, Bayer C, Molin R, Favaretto N, Pauletti V y J Piva. 2011. Forages, cover crops and related shoot and root additions in no-till rotations to C sequestration in a subtropical Ferralsol. In *Southern Brazil Soil y Tillage Research* 111: 208-218.
- Zhang H, Oweis T, Garabet S y M Pala. 1998. Water-use efficiency and transpiration efficiency of wheat under rainfed conditions and supplemental irrigation in a Mediterranean-type environment. *Plant and Soil* 201: 295-305.

Cultivos de cobertura invernales: una alternativa de intensificación sustentable en el centro-oeste de Entre Ríos

INTRODUCCIÓN

En la Región Pampeana Argentina en general, y en la provincia de Entre Ríos en particular, predominan los sistemas agrícolas basados en cultivos estivales. En efecto, la proporción de cultivos invernales sobre la superficie cultivada total se ha reducido notoriamente desde 1973 a la actualidad, alcanzando el 13% para Entre Ríos y el 21% para el conjunto de las provincias pampeanas (SAGPyA, 2010).

Por otra parte, la soja es el principal cultivo de verano representando alrededor del 60% de la superficie sembrada de Córdoba, Santa Fe, Buenos Aires, La Pampa y Entre Ríos (SAGPyA, 2010). La predominancia sostenida de la soja en los últimos años indica que, en el promedio de la superficie sembrada, se estaría realizando este cultivo en dos de cada tres años.

La alta frecuencia del cultivo de soja en las secuencias agrícolas puede reducir los niveles de materia orgánica (MO) en el suelo debido al escaso retorno de residuos de cosecha con una alta relación carbono: nitrógeno (C:N), que los hace descomponer rápidamente. La baja cobertura de rastrojos también puede incrementar el riesgo de erosión hídrica y la exposición del suelo a la energía cinética de las lluvias, reduciendo la estabilidad estructural, clave para el ingreso de agua al suelo. Asimismo, el bajo nivel de fósforo (P) en el suelo requerido por la soja en relación a otros cultivos y la alta demanda de N para la producción de granos torna negativo el balance de nutrientes (Barbagelata y Melchiori, 2007).

La ausencia de cultivos durante el invierno provoca una pérdida enorme de recursos (agua y radiación solar) que no son aprovechados para

producir granos y/o biomasa que mejore el balance de C en el suelo y el resultado productivo de la empresa. La intensificación de la secuencia de cultivos por la inclusión de alternativas invernales mejoraría muchos aspectos de los actuales sistemas agrícolas para el logro de una producción sustentable, eficiente y rentable. Los cultivos de cobertura (CC) invernales son una valiosa alternativa para incrementar los aportes de residuos vegetales al suelo y aprovechar una mayor fracción del agua y de la radiación solar que definen la productividad potencial del ambiente.

Los CC se realizan durante el periodo de barbecho, previo a la siembra de un cultivo destinado a la producción de granos (cultivo de renta), interrumpiendo su crecimiento a través de la aplicación de herbicidas. La interrupción debe realizarse con la antelación suficiente como para permitir la recuperación de los niveles de humedad del suelo en superficie para realizar la siembra del cultivo de renta.

Para que sea factible su adopción, el CC no debería afectar la implantación del cultivo de renta, ni comprometer su rendimiento por reducir las reservas hídricas del perfil del suelo. Asimismo, el CC debe aportar un nivel de C aceptable con una relación C:N que garantice una descomposición lenta del material aportado para lograr una cobertura de residuos durante más tiempo y favorecer los mecanismos de estructuración superficial y de almacenaje de la MO en los agregados del suelo (Novelli et al., 2010).

El objetivo de este trabajo es presentar y discutir aspectos relacionados con la inclusión de CC invernales en los sistemas agrícolas del centro-oeste de Entre Ríos, en base a la experiencia de cuatro años de experimentación en la temática.

MATERIALES Y MÉTODOS

Una serie de experiencias con cultivos de cobertura fueron realizadas en el centro oeste de Entre Ríos, sobre dos tipos de suelo, un molisol serie Tezanos Pinto (Argiudol acuico) y un suelo vertisol serie Febré (Cromuderte árgico). Los cultivos de cobertura que se implantaron fueron arveja (*Pisum sativum*), trigos de ciclo corto y ciclo largo (*Triticum aestivum*), avena (*Avena sativa*), colza (*Brassica napus*), vicia (*Vicia villosa*), rai-grass (*Lolium perenne*), cebadilla (*Bromus catharticus*) y melilotus (*Melilotus Albus*) en los meses de mayo y junio en todas las campañas. Los cultivos de cobertura fueron secados con herbicidas en diferentes momentos, a principios del mes de Octubre (1^o fecha) y finales del mes de Noviembre (2^a fecha). Las experiencias se llevaron a cabo sin restricciones nutricionales; destacando que en la campaña 2009-2010 en el cultivo de trigo se evaluaron dos dosis de fertilizante nitrogenado (0kgNha^{-1} y 40kgNha^{-1}).

Al momento de la aplicación de los herbicidas se determinó la producción de materia seca de los cultivos cobertura, determinándose a través de un corte de la parte aérea en una superficie conocida. En ese momento también se determinó el contenido hídrico del suelo hasta 1.20m usando el método gravimétrico.

Luego de los cultivos de cobertura se implantaron los cultivos de soja (*Glycine max*) o Maíz (*Zea mayz*) dependiendo de la rotación programada en los cuales se evaluó el rendimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inclusión de los cultivos de cobertura en el sistema agrícola de Entre Ríos

En el diseño de secuencias es de importancia central considerar cultivos que le brinden a la misma estabilidad, productividad y rentabilidad. En el contexto actual, la inclusión del cultivo de soja resulta inevitable debido a su rentabilidad y estabilidad. Las nuevas propuestas para el diseño de los sistemas agrícolas deberían tomar en cuenta estas consideraciones, de manera de facilitar el proceso de adopción una vez demostrados los beneficios de su inclusión en los sistemas productivos (Caviglia, 2007).

Se ha sugerido que la actitud humana hacia el

riesgo parece ser común en los diferentes sistemas agrícolas y tendiente a estrategias conservativas que lo minimicen (Sadras y Roget, 2004). De acuerdo con esto, sería esperable que en una zona determinada la secuencia de cultivos predominante sea muy simplificada y con bajas probabilidades de riesgo.

En este contexto no es difícil comprender la amplia difusión de la soja en Entre Ríos y en la Argentina, debido a que su extraordinaria plasticidad para enfrentar situaciones adversas le confiere una muy alta estabilidad sumada al alto valor de sus granos, en comparación con los cereales (Caviglia, 2007). Estos, por el contrario, tienen en Entre Ríos una alta variabilidad interanual en sus rendimientos por la alta susceptibilidad al estrés del maíz y por la alta frecuencia de epifitias de fusariosis de la espiga en trigo.

La inclusión de CC invernales en Entre Ríos permitiría, además de aprovechar el agua que igualmente se perdería durante el periodo de barbecho, proteger al suelo a través de la cobertura viva durante el invierno y de sus residuos durante la implantación del cultivo estival y aportar C para mejorar el balance de MO en suelo.

Los CC podrían incluirse principalmente previo a los dos cultivos de renta estivales predominantes de la región, la soja y el maíz. Debido a que la soja se siembra, en general, unos 30-60 días más tarde que el maíz, la ventana de crecimiento para el CC es mucho más grande. Asimismo, la determinación del rendimiento de la soja en estadios reproductivos más tardíos que en el maíz sumada a su alta plasticidad vegetativa y reproductiva, la definen como un cultivo menos sensible a la disponibilidad inicial de agua que el maíz, el que podría verse afectado por el crecimiento de un CC en el periodo invernal.

Si se pretende mantener la fecha de siembra del maíz durante su periodo definido como óptimo, usualmente septiembre en la región, es muy breve la ventana de tiempo para lograr el crecimiento de un CC con un aporte considerable de C, y de N si es que se incluye una leguminosa. Una opción factible de implementar sería retrasar la fecha de siembra del maíz a diciembre de manera de ampliar la ventana de crecimiento del CC. Esta opción permitiría un mayor aporte de residuos y una mayor estabilidad en el rendimiento del maíz al ubicar su periodo en una fecha con mayores

probabilidades de precipitaciones.

Diversas especies pueden considerarse para su utilización como CC, siendo las gramíneas, i.e. trigo, avena, raigrás, cebadilla, cebada, triticale, etc., las que mejor comportamiento tendrían desde la perspectiva de mantener una cobertura del suelo por su tasa de descomposición más lenta, en comparación con las leguminosas, i.e. vicia, arveja, melilotus, tréboles, etc. Sin embargo, si las gramíneas no son adecuadamente fertilizadas, el aporte total de C puede ser muy bajo.

Cantidad de la materia seca aportada

Las experiencias realizadas en el centro-oeste de Entre Ríos indican que es posible lograr un aporte de materia seca (MS) aérea del CC de entre 900 y 8500 kg MS ha⁻¹, dependiendo de la especie (Figura 1 A, B, C), de la fertilización nitrogenada utilizada, del suelo sobre el que se realizó la experiencia (Figura 2 A y B) y de la fecha en que se realizó la aplicación del herbicida (Figura 3 A y B).

La arveja junto con la avena y el trigo fueron los CC antecesores a soja con los que se han obtenido las mayores producciones de MS, mientras que la vicia y el melilotus son las que produjeron los menores aportes (Figura 1 A, B, C; 2 A y B; 3 A y B). Debe considerarse, sin embargo, que la mayoría de las leguminosas utilizadas presentan una marcada latencia invernal. En efecto, cuando el momento de aplicación del herbicida se retrasa hasta diciembre se lograron aportes de materia seca aérea de vicia y melilotus muy importantes y similares a los obtenidos con trigo (Figura 3 A).

La aplicación de N mejoró la producción de MS de los CC en 21-58%, según la campaña considerada, pero tuvo una respuesta más importante en las gramíneas y la colza.

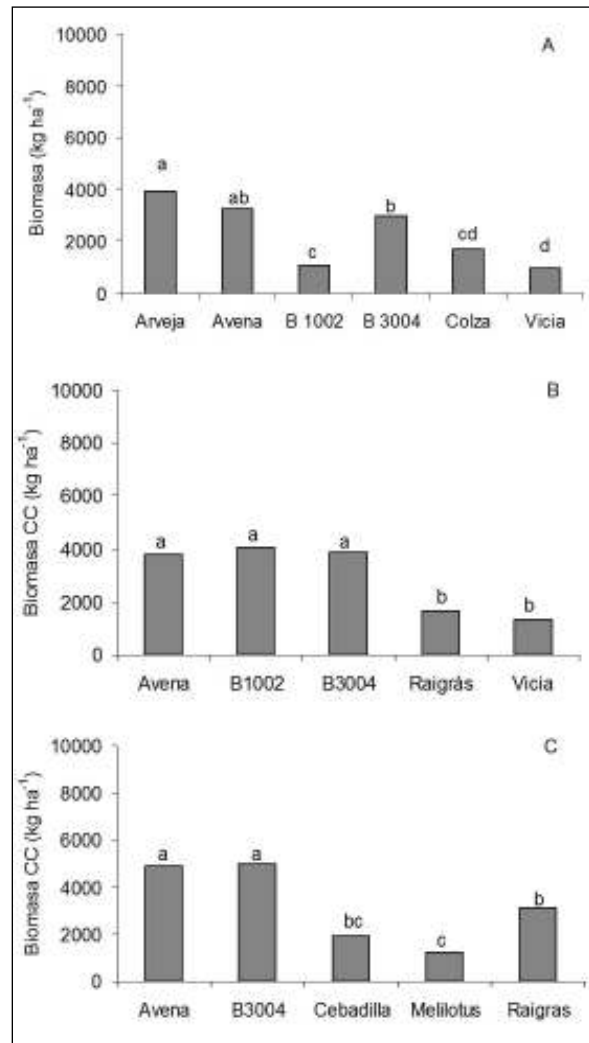


Figura 1: Biomasa acumulada al momento de la aplicación del herbicida en diferentes cultivos de cobertura. A: Campaña 2006-2007; B: Campaña 2007-2008; C: Campaña 2008-2009.

Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas según test de Tukey ($\alpha=0,05$). B1002: trigo de ciclo corto, B3004: trigo de ciclo largo.

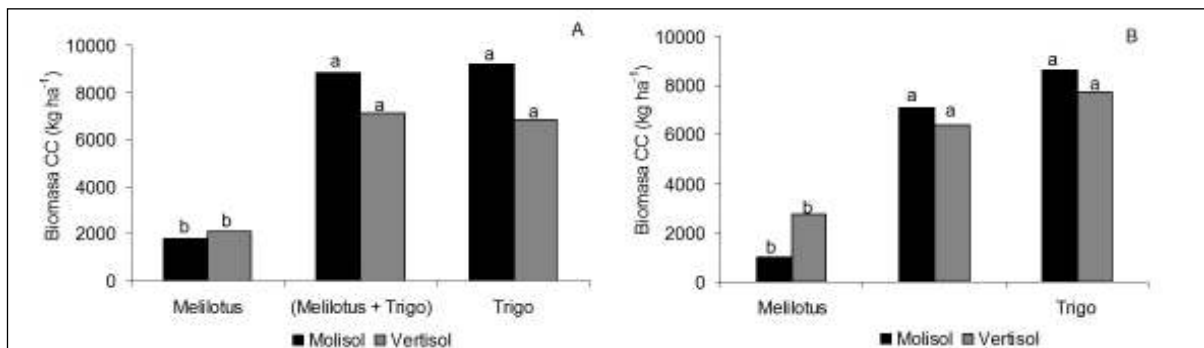


Figura 2: Biomasa acumulada de diferentes CC en 2 suelos. A: Campaña 2008-2009; B: Campaña 2009-2010.

Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre CC según test de Tukey ($\alpha=0,05$).

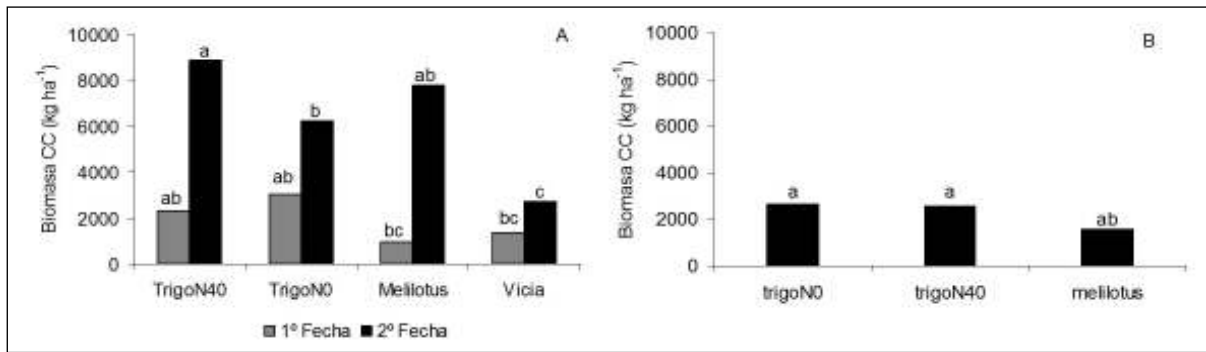


Figura 3: Biomasa acumulada al momento de la aplicación del herbicida en diferentes CC. Campaña 2009-2010. A: Ensayo CC antecesor maíz con dos fechas de aplicación de herbicida (1º: 08/10/2009; 2º 03/12/2009). B: Ensayo CC antecesor maíz (fecha de aplicación de herbicida 08/10/2009).

Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre CC según test de Tukey ($\alpha=0.05$). N40: fertilización con 40 kg ha⁻¹ de N, No: sin fertilizar.

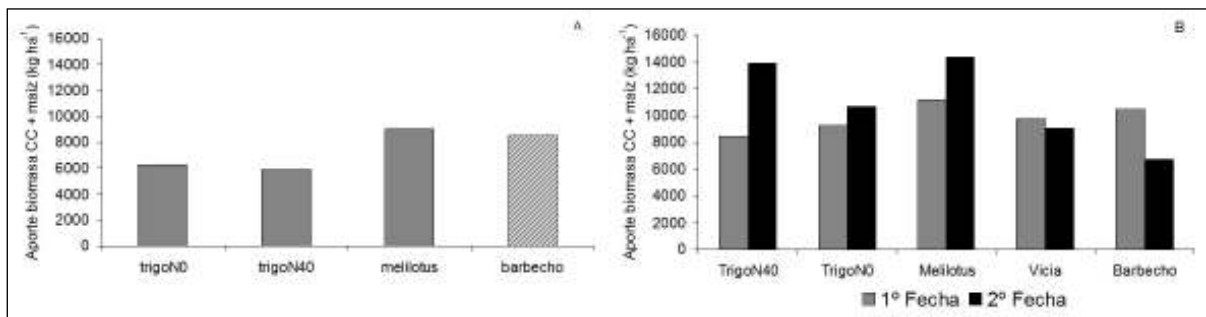


Figura 4: Biomasa acumulada del CC sumada a la aportada por el maíz. Campaña 2009-2010. A: Ensayo CC antecesor maíz (fecha de aplicación de herbicida 08/10/2009). B: Ensayo CC antecesor maíz con dos fechas de aplicación de herbicida (1º: 08/10/2009; 2º 03/12/2009). N40: fertilización con 40 kg ha⁻¹ de N, No: sin fertilizar.

Considerando el aporte total de residuos en secuencias de CC y cultivos de renta, el aporte de esta alternativa de intensificación fue muy importante mejorando los aportes según el momento de aplicación del herbicida (Figura 4 A y B) y el tipo de suelo (Figura 5) en comparación con los sistemas menos intensificados que no incluyeron CC. En efecto, en un ensayo de dos años de duración el aporte total de residuos en comparación al barbecho fue mejorada en un 20% (Molisol) y 39% (Vertisol) en las secuencias que tuvieron un CC antes de la soja durante el primer año y el segundo año maíz, y en 132% (Molisol) y 114% (Vertisol) en las secuencias que tuvieron monocultivo de soja (Figura 5).

Momento de aplicación del herbicida y consumo de agua del perfil

La adopción de los CC invernales es sólo factible si no se compromete el rendimiento del cultivo de renta siguiente, ya que los beneficios espe-

rados no se traducen en una compensación económica en el corto plazo, en el cual infortunadamente se suelen evaluar la mayor parte de las prácticas agronómicas.

La principal limitación para la adopción de los CC invernales es la suposición de que consumen una cantidad importante de agua, pudiendo afectar el rendimiento del cultivo de renta siguiente. El momento de aplicación del herbicida debe conjugar la necesidad de reponer el agua superficial del suelo al momento de la siembra del cultivo de renta estival con el mayor aporte posible de materia seca.

Para definir el momento óptimo de la aplicación del herbicida al CC se debería tener en cuenta el periodo en el que las precipitaciones aún no han comenzado a producirse de manera importante y el balance hídrico-climático no se ha tornado aún muy negativo. En el centro-oeste de Entre Ríos, luego de producida la recarga otoñal de los perfiles, las precipitaciones medias acumu-

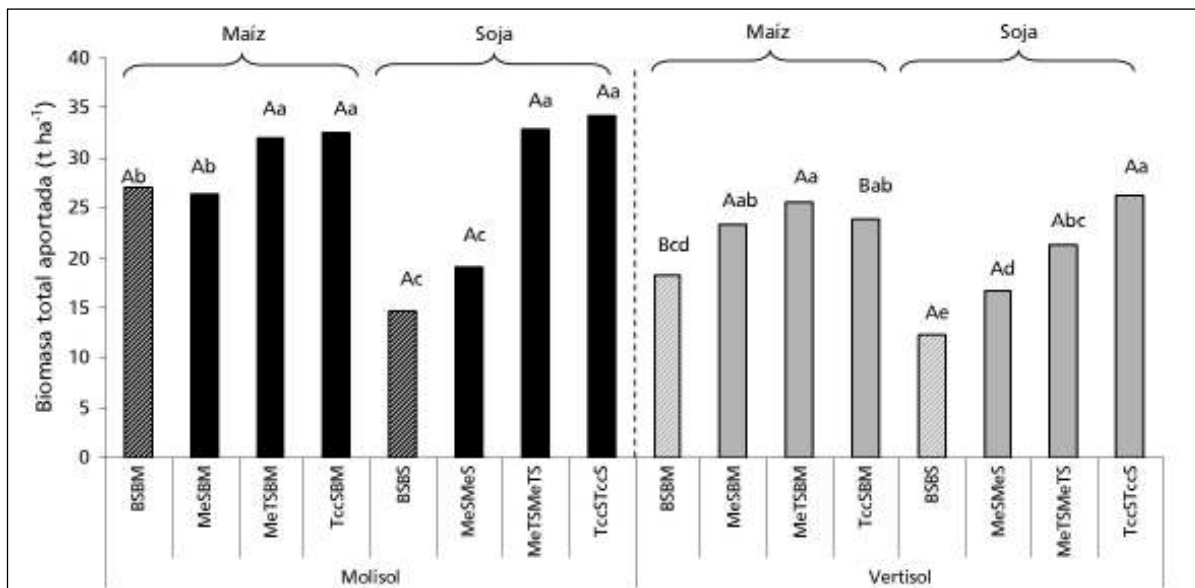


Figura 5: Biomasa total acumulada en dos años de ensayo y en dos suelos.

Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas según test de Tukey ($\alpha=0.05$). Mayúsculas: entre suelos, para igual secuencia de cultivos; Minúsculas: entre secuencias de cultivos dentro de un mismo suelo. BSBM: barbecho/soja-barbecho/maíz; MeSBM: melilotus/soja-barbecho/maíz; MeTSBM: (melilotus con trigo)/soja-barbecho/maíz; TccSBM: CC de trigo/soja-barbecho/maíz; BSBS: barbecho/soja-barbecho/soja; MeSMes: melilotus/soja-melilotus/soja; MeTSMETS: (melilotus con trigo)/soja-(melilotus con trigo)/soja; TccSTccS: CC de trigo/soja- CC de trigo/soja.

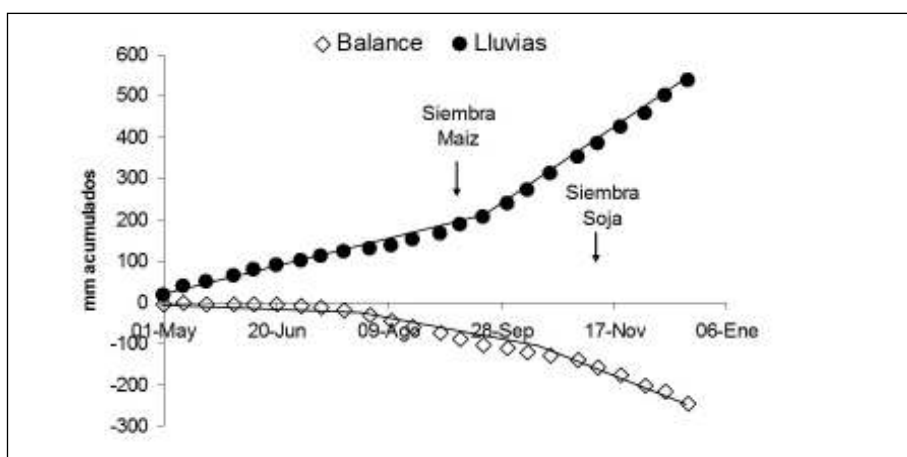


Figura 6: Precipitaciones y balance hídrico-climático acumulados desde el 1 de mayo en función de la fecha en Paraná. El balance hídrico-climático se calculó restando la evapotranspiración potencial (ET_o, Penman-FAO) a las precipitaciones decadales. Los datos fueron obtenidos del Observatorio Agrometeorológico de la EEA Paraná del INTA en el período 1934-2006 para las precipitaciones y 1966-2006 para la ET_o.

ladas desde el 1 de Mayo en adelante llegan a alrededor de 200 mm a inicios de la primavera y comienzan a acumularse a mayor tasa luego de los últimos días de septiembre (Figura 6).

Por otra parte, el balance hídrico-climático (diferencia entre evapotranspiración potencial y precipitaciones) se torna más negativo también desde fines de septiembre en adelante (Figura 6).

El análisis climático conjunto indicaría entonces que la fecha óptima propuesta para la aplicación del herbicida al CC sería a inicios de la primavera (últimos 10 días de septiembre), cuando las precipitaciones aun no se acumulan de manera importante y el balance hídrico es apenas negativo.

Los resultados obtenidos en las últimas cuatro campañas demuestran que cuando se aplicó el

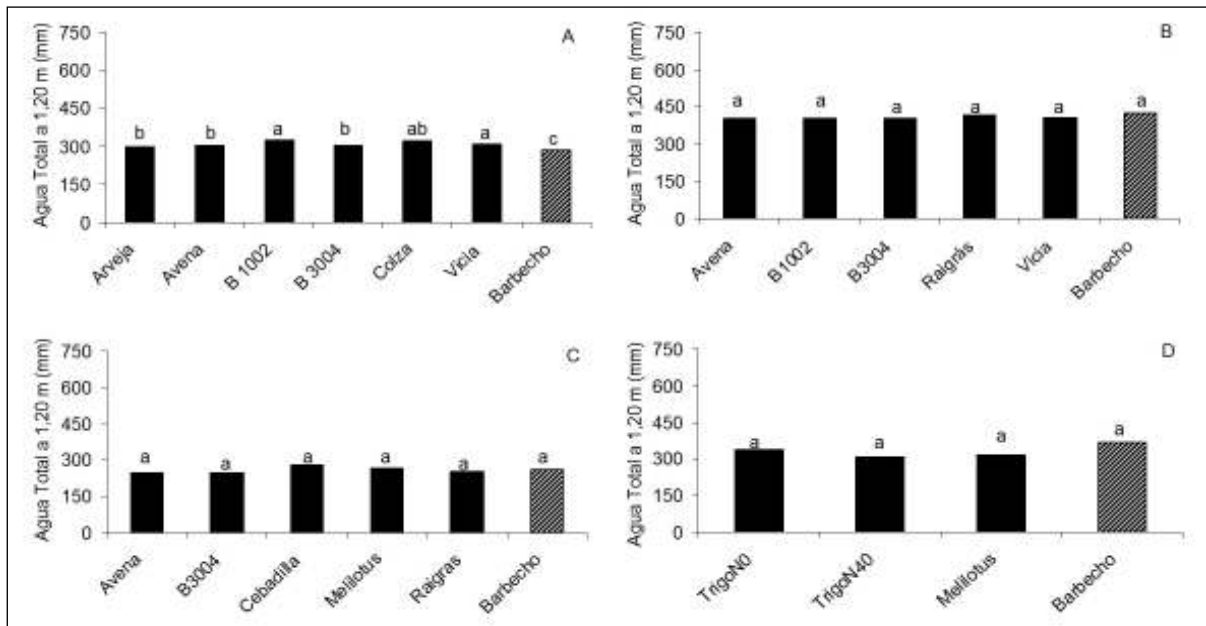


Figura 7: Contenido de agua total en el suelo hasta 1,2 m de profundidad al momento de la aplicación del herbicida en diferentes CC. A: Campaña 2006-2007; B: Campaña 2007-2008; C: Campaña 2008-2009; D: Campaña 2009-2010. Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas según test de Tukey ($\alpha=0,05$). N40: fertilización con 40 kg ha⁻¹ de N, No: sin fertilizar.

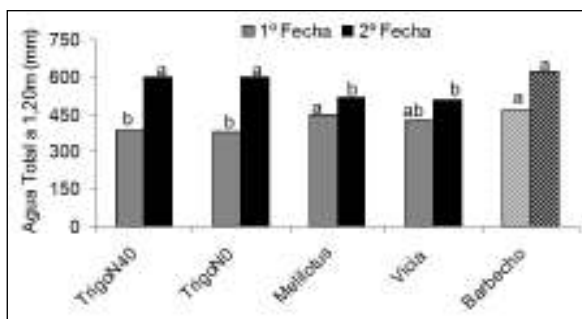


Figura 8: Contenido de agua total en el suelo hasta 1,2 m de profundidad al momento de la aplicación del herbicida en diferentes CC y en dos fechas de aplicación del herbicida (1^o: 08/10/2009; 2^o: 03/12/2009). Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre CC según test de Tukey ($\alpha=0,05$). N40: fertilización con 40 kg ha⁻¹ de N, No: sin fertilizar.

herbicida en la fecha propuesta (últimos días de septiembre) los contenidos de agua en el suelo difirieron poco entre los CC y el barbecho (Figura 7 A, B, C y D), aunque se detectaron diferencias entre las especies consideradas.

Cuando el momento de aplicación del herbicida se retrasó, las diferencias con el barbecho se hicieron más evidentes (Figura 8).

Aunque se evidenció una relación negativa entre la producción de biomasa de los CC y el agua

total en el suelo al momento de la aplicación del herbicida (Figura 9 A, B, C, D y E), debe notarse que fue posible obtener 900-8500 kg MS ha⁻¹ con una reducción del agua del perfil de sólo 25-45 mm en el agua del suelo en los años en los que el herbicida fue aplicado en la fecha propuesta (2006 al 2008). Cuando la aplicación del herbicida se retrasó hasta pasado mediados de octubre (Figura 9 D y E) las diferencias en el consumo de agua entre el barbecho y los CC alcanzaron 60-86 mm.

Rendimientos de los cultivos de renta

En general, el rendimiento de la soja no fue afectado por los CC previos en comparación con la situación que se mantuvo en barbecho durante el invierno (Figuras 10 A, B y C).

El rendimiento de la soja varió entre campañas y tipos de suelo (Figura 11 A y B), aunque con escasa influencia de los CC previos.

En contraste, el rendimiento del cultivo de maíz fue muy afectado por el CC previo y por la fecha de aplicación del herbicida (Figuras 12 A y B). En efecto, el rendimiento de maíz sembrado en fecha óptima fue un 41% menor cuando el CC fue trigo y un 19% cuando fue vicia, sin diferencias cuando el CC fue melilotus.

Cuando el herbicida fue aplicado más tarde y el

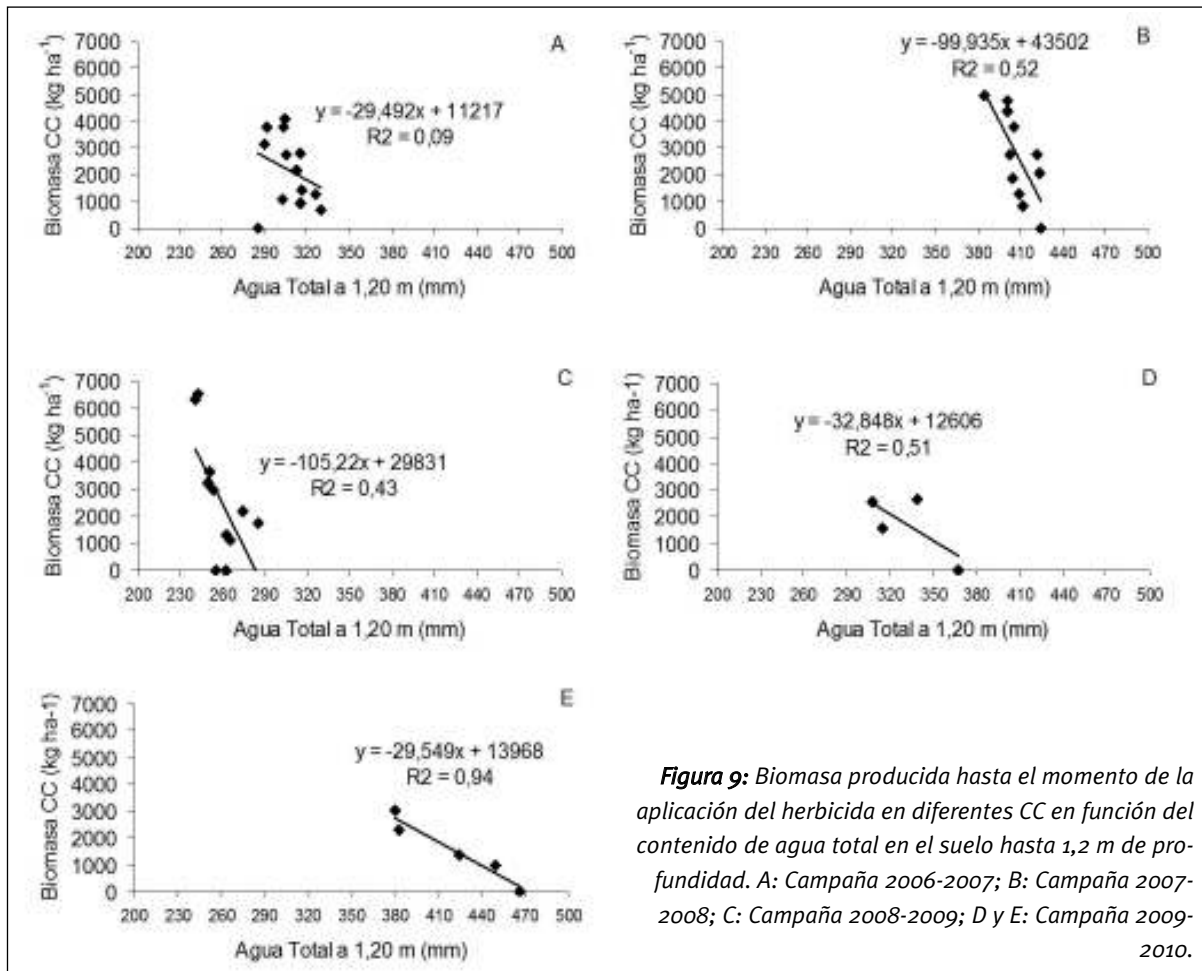


Figura 9: Biomasa producida hasta el momento de la aplicación del herbicida en diferentes CC en función del contenido de agua total en el suelo hasta 1,2 m de profundidad. A: Campaña 2006-2007; B: Campaña 2007-2008; C: Campaña 2008-2009; D y E: Campaña 2009-2010.

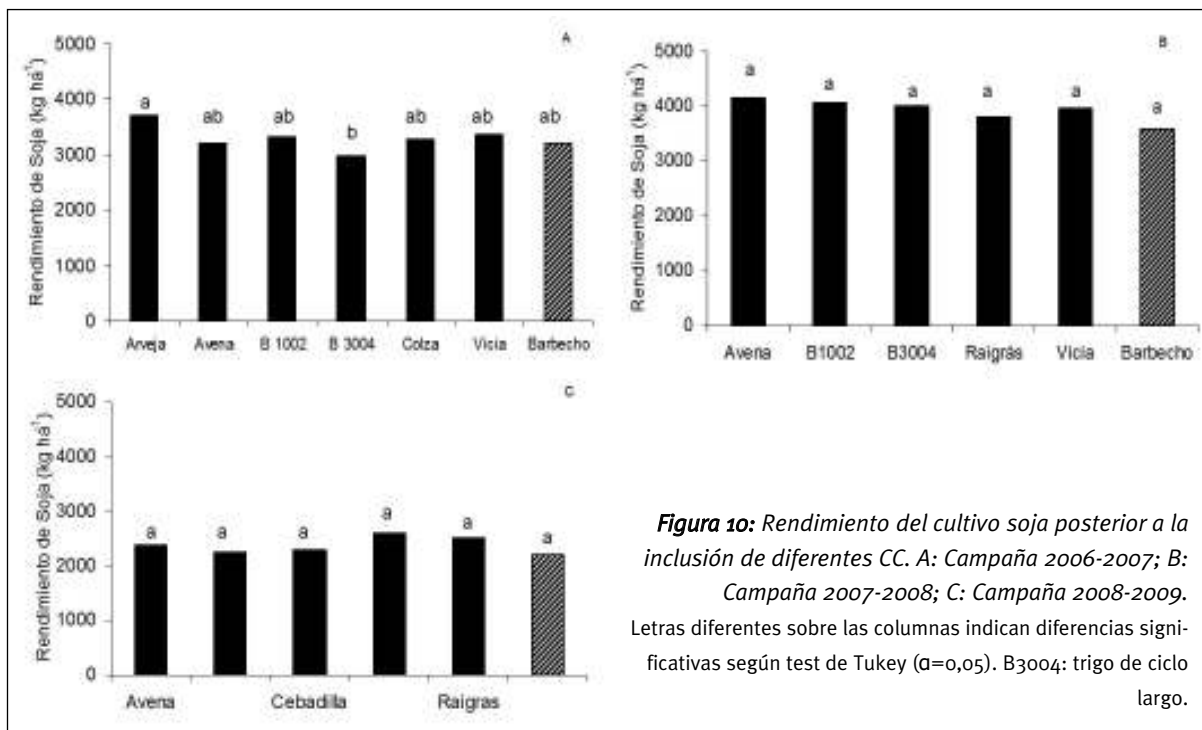


Figura 10: Rendimiento del cultivo soja posterior a la inclusión de diferentes CC. A: Campaña 2006-2007; B: Campaña 2007-2008; C: Campaña 2008-2009. Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas según test de Tukey ($\alpha = 0,05$). B3004: trigo de ciclo largo.

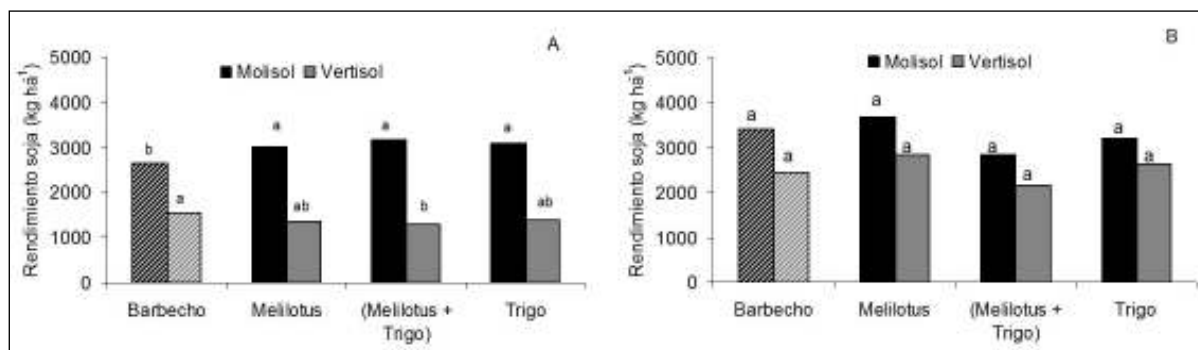


Figura 11: Rendimiento del cultivo soja posterior a la inclusión de diferentes CC en 2 suelos. A: Campaña 2008-2009; B: Campaña 2009-2010. Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre CC según test de Tukey ($\alpha=0,05$).

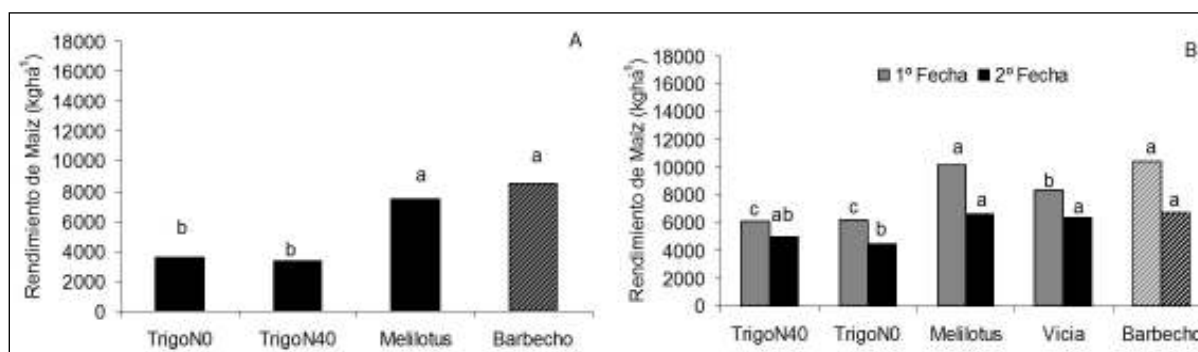


Figura 12: Rendimiento del cultivo maíz posterior a la inclusión de diferentes CC. A: Ensayo CC antecesor maíz (fecha de aplicación de herbicida 08/10/2009). B: Ensayo CC antecesor maíz con dos fechas de aplicación de herbicida (1º: 08/10/2009; 2º: 03/12/2009).

Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas según test de Tukey ($\alpha=0,05$). N40: fertilización con 40 kg ha⁻¹ de N, No: sin fertilizar.

maíz sembrado en diciembre (Figura 12 B) el rendimiento fue menor en 29% sobre trigo y similar entre los cultivos con barbecho, vicia y melilotus.

La inclusión de un CC invernala previo a soja no produjo disminuciones en el rendimiento del cultivo de maíz realizado al siguiente año, comparado con la situación que presentó mayor tiempo en barbecho y sólo tuvo un cultivo de soja en el ciclo anterior (Figura 13). Si bien no se observaron diferencias significativas entre tipos de suelos los menores rendimientos para cada secuencia de cultivos considerada se obtuvieron en el suelo Vertisol.

Impacto sobre propiedades del suelo

Al evaluar el efecto de la inclusión de CC sobre un suelo Molisol y un Vertisol en un ensayo de dos años de duración pudo observarse que si bien el Vertisol presentó una menor densidad aparente que el Molisol no se observaron diferencias dentro de cada tipo de suelo por la inclusión de diferentes secuencias de cultivos que contenían CC. Sin

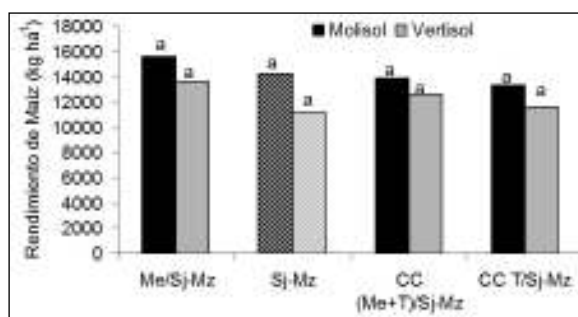


Figura 13: Rendimiento del cultivo maíz posterior a la inclusión de dos ciclos de diferentes CC en dos suelos. Campaña 2009-2010.

Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre CC según test de Tukey ($\alpha=0,05$). Me/Sj-Mz: Melilotus/soja-maíz; Sj-Mz: barbecho/soja-barbecho/maíz; CC (Me+T)/Sj-Mz: CC Melilotus con trigo/soja-maíz. CCT/Sj-Mz: CC trigo/soja-maíz.

embargo cuando se consideró el tiempo de ocupación a través del índice de intensificación (ISI), meses con cubierta viva sobre los meses totales de

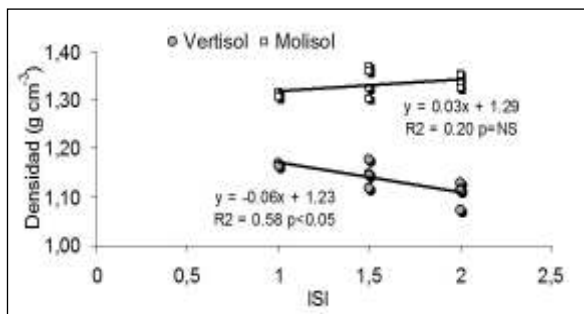


Figura 14: Densidad aparente de suelos en función del Índice de Intensificación de cultivos (ISI) en dos suelos.

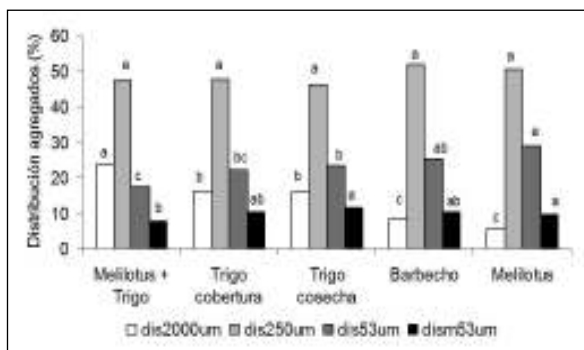


Figura 15: Distribución de agregados en 0-5 cm de profundidad de un suelo Molisol con diferentes secuencias de cultivos.

Letras diferentes sobre columnas de igual color indican diferencias significativas según test de Tukey ($\alpha=0,05$). Dis 2000 μm : macroagregados; dis 250 μm : pequeños macroagregados; dis 53 μm : microagregados; dism53 μm : fracción asociada a minerales.

la secuencia), en el suelo Vertisol se observó una menor densidad aparente de suelo en las secuencias que presentaron mayor ocupación (mayor nivel de intensificación, ISI), obtenidas por la inclusión de un cultivo para grano o un CC (Figura 14).

Por otro lado, en un suelo Molisol (0-5 cm de profundidad) se redujo la cantidad de macroagregados (>2000 μm) en las situaciones con menor aporte de residuos durante el invierno (melilotus y barbecho) (Figura 15), mientras que la proporción de microagregados y de la fracción asociada a los minerales tendió a incrementarse. Este resultado indica un efecto positivo de la inclusión de CC con aportes importantes de residuos durante el invierno sobre la estructuración del suelo, factor que está íntimamente relacionado con el almacenaje de C (Novelli et al., 2010).

La ausencia de efectos marcados en estas variables por la inclusión de los CC en el suelo Vertisol estaría explicado por el importante rol que juegan

las arcillas de tipo esmectitas sobre la estructura del suelo, en comparación con los suelos de orden Molisol, más dependientes del aporte de residuos.

CONCLUSIONES

Los CC invernales en el centro-oeste de Entre Ríos produjeron entre 900 y 8500 kg ha^{-1} de MO, dependiendo de la especie, año, tipo de suelo y manejo de la fertilización.

Cuando se mantuvo la fecha de aplicación del herbicida dentro de los últimos 10 días de septiembre, la reducción de agua total en el perfil por los CC no superó los 45mm.

Los rendimientos de la soja posteriores a los CC no tuvieron diferencias con los testigos que permanecieron en barbecho.

Los rendimientos del cultivo de maíz se redujeron cuando el CC previo fue el trigo y vicia en fecha de siembra de septiembre.

En todos los casos en que se intensificó el sistema, los aportes de residuos considerando el CC y el cultivo de renta siguiente fueron mayores que en las alternativas que permanecieron en barbecho durante el invierno.

Se encontraron algunos tenues efectos de los CC sobre el suelo en el corto plazo, el que varió según el tipo de suelo considerado.

AGRADECIMIENTOS

Al personal técnico y de apoyo del grupo de trabajo, que con su calificada tarea hizo posible este trabajo. Este trabajo fue financiado por PICTO N° 30676, BID 1728/OC-ANPCYT-UNER (PID UNER N° 2121), el Proyecto Regional Producción Agrícola Sustentable (E.RIOS02-630021) y el Proyecto Específico Intensificación sustentable de la agricultura en la región pampeana (PNCER022462).

BIBLIOGRAFÍA

- Barbagelata P y R Melchiori. 2007. Balance de nutrientes en campos agrícolas de la provincia de Entre Ríos. En Caviglia OP., Paparotti OF., Sasal MC. (Eds.). Agricultura Sustentable en Entre Ríos. Ediciones INTA. Buenos Aires. p. 89-94.
- Beare M, PF Hendrix y DC Coleman. 1994. Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional-

and no-tillage soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:777-786.

- Caviglia OP. 2007. Intensificación de la secuencia de cultivos en Entre Ríos: balance de carbono y aprovechamiento de recursos. En Caviglia OP, Paparotti O.F., Sasal MC. 2007. (Eds.). *Agricultura Sustentable en Entre Ríos*. Ediciones INTA. Buenos Aires. p. 149-158. ISBN 978-987-521-253-4
 - Novelli L, Caviglia O, Wilson M, Sasal C y E Gabboud. 2010. Efecto de la inclusión frecuente de soja sobre el almacenaje de C y la estabilidad estructural en un suelo Molisol y un Vertisol de Entre Ríos (En esta publicación).
 - Sadras VO y D Roget. 2004. Production and environmental aspects of cropping intensification in a semiarid environment of southeastern Australia. *Agronomy Journal* 96:236-246.
 - SAGPyA 2010. Base de datos por cultivo. <http://www.sagpya.gov.ar/> [Con acceso 15/08/10]
-

Tomás Baigorria, Dionisio Gómez, Cristian Cazorla, Andrea Lardone, Marcos Bojanich, Bethania Aimetta, Ariel Bertolla, Marcos Cagliero, Dario Vilches, Diego Rinaudo y Alejandra Canale

Bases para el manejo de vicia como antecesor del cultivo de maíz

INTRODUCCIÓN

Son numerosos los usos que se puede dar al cultivo de vicia, tales como pastoreo directo, heno, ensilaje, cobertura de suelos, abonos verdes o suplemento proteico. Dentro del género *Vicia* L., las especies *Vicia villosa* (VV) y *Vicia sativa* (VS), son las que predominan en la utilización como cultivos de cobertura (CC) (Renzi, 2009). Tanto VV como VS, se cultivan en diversas regiones templadas del mundo, comportándose bajo esas condiciones como invierno-primaverales (Wheeler y Hill, 1957). Sin embargo en zonas más frías se las puede emplear como cultivos estivales, en siembras primaverales (USDA, 1962; Kandel et al., 2000).

Las funciones más importantes que ambas especies cumplen como coberturas en sistemas de siembra directa, son las siguientes: a) fijación de nitrógeno (N) atmosférico (el cual puede ser utilizado por el cultivo subsiguiente en la rotación), b) control de malezas invernales-estivales, las primeras por competencia y las segundas por el residuo dejado en superficie, c) reducción de la erosión del suelo, ya que protegen al suelo del impacto de la gota de lluvia, generando un menor escurrimiento superficial, en tanto que las raíces generan canales que mejoran la infiltración, d) mejorar la eficiencia del uso del agua, a través de la reducción de las pérdidas del sistema, comparándolo con el barbecho convencional (Clark et al., 2007; Carfagno, 2008).

A pesar de los múltiples beneficios que los cultivos de cobertura (CC) aportan al sistema de producción, pueden tener efectos adversos con un manejo inadecuado. La inclusión de estos cultivos

agrega una variable más a considerar y manejar, e implica costos adicionales (semilla, siembra y fertilización). Una de las mayores barreras para la adopción de los CC, leguminosas en este caso, es desconocer de aspectos técnicos tales como, la especie a utilizar, la fecha de siembra, densidad de siembra, distanciamiento entre hileras, momento de secado (mecánico o químico), el consumo de agua por parte de los cultivos, etc. Algunos de estos puntos serán abordados en el siguiente artículo, tratando de mejorar el escaso conocimiento, que existe en nuestra región sobre estas especies.

Fecha de siembra

La fecha de siembra de vicia es uno de los factores que determina su potencial productivo, mencionándose en diversas publicaciones desde fines de verano hasta mediados de invierno, con producciones de materia seca (MS) que varían entre 500 y 7200 kg ha⁻¹ (Vanzolini et al., 2009). La Figura 1 muestra, producciones de MS de VV en función de seis fechas de siembra, en ensayos realizados en EEA INTA Hilario Ascasubi. Se puede observar que en fechas otoñales, VV crece bajo condiciones de mayores temperaturas y fotoperíodo, siendo mayor la producción de MS, debido a una mayor tasa de crecimiento. Los meses de invierno presentan valores muy bajos respecto a las tres primeras, salvo el mes de Julio, que al encontrarse en estado vegetativo tuvo una mayor tasa de crecimiento con respecto al mes de junio que se hallaba en floración (Vanzolini et al., 2009).

Cabe mencionar, que la fecha de evaluación de MS en ese trabajo se realizó en noviembre, la cual

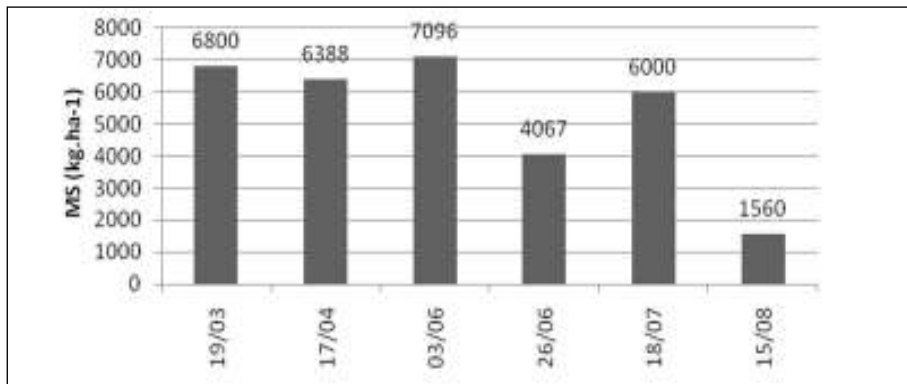


Figura 1: Efectos de la fecha de siembra en la producción de MS de VV. Fuente: Vanzolini et al., 2009.

es muy tarde para interrumpir el ciclo de VV como antecesor de maíz. Evaluaciones realizadas en octubre, exponen diferencias aún más notorias, entre las fechas otoñales vs invernales (datos no mostrados). Por lo tanto se sugiere, que la fecha de siembra de vicia se realice en los meses de otoño.

Densidad de siembra

La densidad de siembra tiene gran incidencia en los costos de implantación y en la producción de MS. Algunos trabajos señalan, como densidades de siembra de 20-30 plantas.m⁻² como bajas, 40-50 medias y 120-160 altas (Renzi y Cantamutto, 2007; Clark et al., 1995). Ensayos realizados con VV en Marcos Juárez en el año 2009 (fecha de siembra 03 de abril sobre un rastrojo de soja) y en el año 2010 (fecha de siembra 05 de mayo sobre un rastrojo de maíz) muestran aumentos en la producción de MS del 35% (media de 2 años) al pasar de 10 a 40 plantas.m⁻², mientras que de 40 a 160 pl m⁻² el incremento es solo del 19% (Figura 2 A y B).

Se observa en la Figura 2 el incremento en la producción de MS en la segunda fecha, que duplica la producción de MS en la mayoría de los casos, marcando un crecimiento lento durante el

invierno. Si tenemos en cuenta que la concentración de nitrógeno (N) en biomasa aérea en Vicia villosa, es aproximadamente del 3.5-4% (Clark et al., 1994), vemos que con 40 plantas.m⁻² la producción de MS ronda los 4200 kg ha⁻¹, lo que permitiría fijar una cantidad estimativa de 147 kg ha⁻¹ de N.

Se concluye, para las condiciones de estudio, que 30-40 pl m⁻², sería una densidad adecuada, logrando niveles importantes de cobertura a mediados de septiembre (fecha probable de secado), resultando en un significativo aporte de N, el cual puede ser utilizado por el cultivo posterior en la rotación.

Diferencias en producción de materia seca de *V. villosa* y *V. sativa*

En ensayos realizados en Marcos Juárez y Laboulaye (Figura 3) con VV y VS se observó que VV siempre produjo más que VS, lo que también fue observado por (Renzi et al., 2008), quien atribuye esta característica a que VV presenta una mayor tolerancia frío, resistencia a la sequía y una mayor adaptación a un amplio rango de condiciones edáficas. Además, el porte rastrero de VV hace que cubra el suelo con mayor rapidez que VS (porte erecto). La severidad de las heladas ocurri-

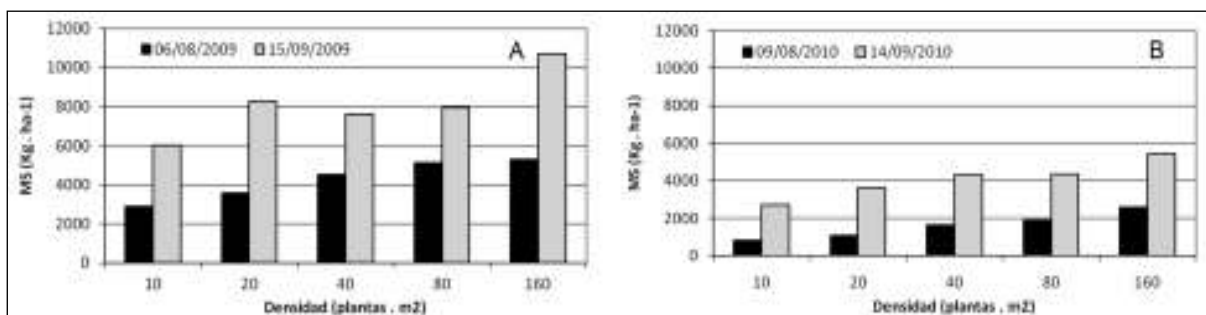


Figura 2: Producción de MS en VV con diferentes densidades de siembra para el año 2009 (A) y 2010 (B).

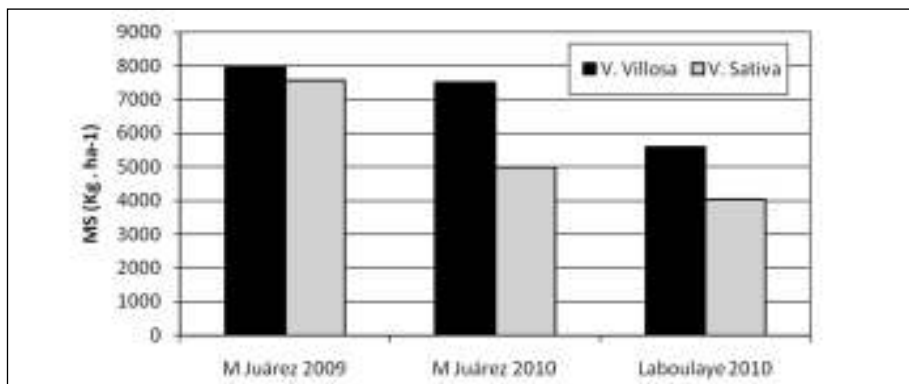


Figura 3: Producción de MS en VV y VS para ensayos realizados en Marcos Juárez y Laboulaye.

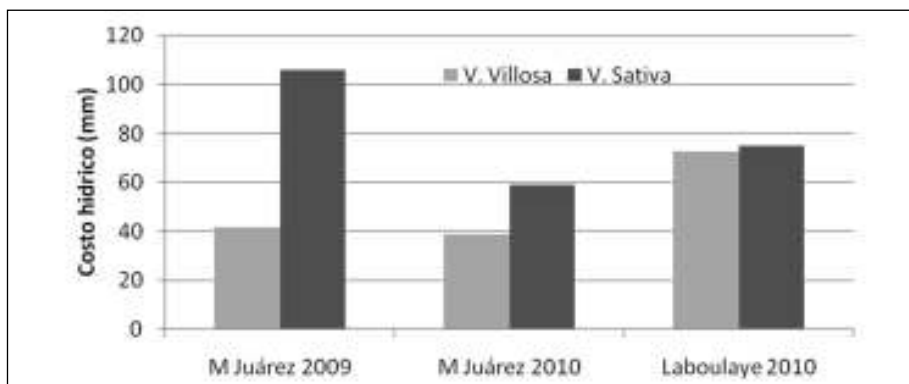


Figura 4: Costo hídrico (mm) en ensayos en las localidades de Marcos Juárez y Laboulaye durante los años 2009 y 2010.

das en 2010, parece ser la causa de la importante disminución en la producción de Vicia sativa, respecto del 2009 en la localidad de Marcos Juárez.

Es importante destacar que dos funciones muy importantes de las leguminosas utilizadas como CC son el aporte de N y el control de malezas, factores que están ligados a la producción de MS. Por lo tanto VV presenta un mejor comportamiento, bajo diferentes condiciones climáticas y de suelo y sería la especie más indicada a ser utilizada como CC.

Costos hídricos del cultivo de vicia

Intercalar cultivos invernales, como CC, podría ser una alternativa a evaluar para proveer de residuos ricos en carbono y promover al desarrollo y al mantenimiento de la cobertura de los suelos. Pero, se reconoce que el consumo hídrico de estos durante el invierno podría interferir en la normal oferta de agua para el cultivo sucesor (Duarte, 2002). El costo hídrico (CH) es la diferencia entre los contenidos hídricos de vicia en relación al barbecho convencional.

Ensayos realizados en Marcos Juárez y Laboulaye muestran diferencias muy notables entre especies (Figura 4). Los CH son mayores

para VS (entre 60 y 100 mm) que para VV (entre 40 y 70 mm). En la localidad de Laboulaye los CH son muy similares pero VV presentó una mayor producción de MS. En la localidad de Marcos Juárez las producciones de MS de VV son mayores que VS (Figura 3), sin embargo los CH son menores. Considerando estos resultados, podemos concluir por un lado que VV es más eficiente en la producción de MS y que VS debido a su hábito de crecimiento puede presentar pérdidas de agua por evaporación hasta que se cubra el surco.

La dinámica del agua en situaciones de VV y barbecho (Figura 5 A y B) muestra que durante el periodo de crecimiento de VV disminuyó el contenido hídrico hasta el momento de secado. Es importante remarcar que durante el periodo de barbecho se registraron precipitaciones de 195 mm y 86 mm para los años 2009 y 2010 respectivamente. Estas precipitaciones superan la capacidad de almacenamiento de los suelos y la situación barbecho está expuesta a pérdidas de agua por drenaje y por evaporación. Estos resultados coinciden con los de otros autores que remarcan la ineficiencia del barbecho para almacenar el agua de las precipitaciones (Lampurlanes et al., 2002; Fernández et al., 2007).

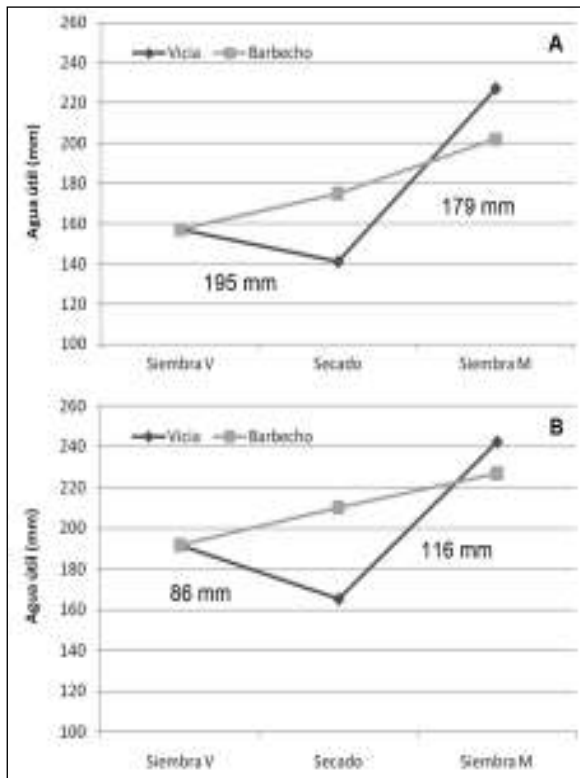


Figura 5: Contenidos de agua útil (150 cm) en diferentes momentos para las localidades de Marcos Juárez en el año 2009 (A) y 2010 (B).

En recuadro las precipitaciones durante los periodos. Siembra V=siembra de vicia; Siembra M= siembra maíz.

Luego las lluvias durante el período secado-siembra de maíz permitieron recargar el perfil y la siembra de maíz se realiza con mayores contenidos hídricos en VV que en barbecho. Resultados similares fueron encontrados por (Ernst et al., 2004), quien utilizó trébol (*Trifolium alexandrinum*) como antecesor de maíz.

Esta condición de contenidos hídricos superiores en VV con respecto a barbecho se deben a las

recargas realizadas por las precipitaciones y a el efecto de la cobertura superficial que disminuyen las perdidas por evaporación en el periodo previo a la siembra.

En la localidad de Laboulaye la situación de barbecho se encuentra con contenidos hídricos por encima de la máxima capacidad de retención, debido a que es un suelo con influencia de napas (Figura 6). Las precipitaciones ocurridas desde el secado hasta V6 en maíz superan ampliamente la capacidad de almacenar agua del suelo en la situación barbecho, por lo tanto caben las mismas consideraciones expuestas anteriormente para la localidad de Marcos Juárez. Si bien los contenidos de agua en vicia en V6 son inferiores, en la profundidad 0-40 cm (datos no mostrados) presenta mayor disponibilidad de agua que la situación barbecho. En la ausencia de cobertura superficial el suelo está más expuesto a pérdidas de agua por evaporación.

Porcentaje de intercepción de la radiación en *Vicia villosa* y *Vicia sativa*

La cantidad de radiación solar interceptada acumulada por un cultivo depende de la duración del ciclo y de la dinámica de intercepción de dicho cultivo, ésta última está fuertemente ligada a la evolución del índice de área foliar (IAF) (Maddonni y Otegui, 1996). El IAF se genera con la aparición y expansión de las hojas y es producto del número de hojas y del tamaño de las mismas (Carcova et al., 2004). El valor mínimo de IAF con el cual se alcanza el 90% de la intercepción se denomina IAF crítico (Gardner et al., 1985).

En un experimento realizado en Marcos Juárez, se midió durante todo el ciclo ontogénico del cultivo de VV y VS los componentes fisiológicos de la biomasa aérea (Radiación interceptada acumula-

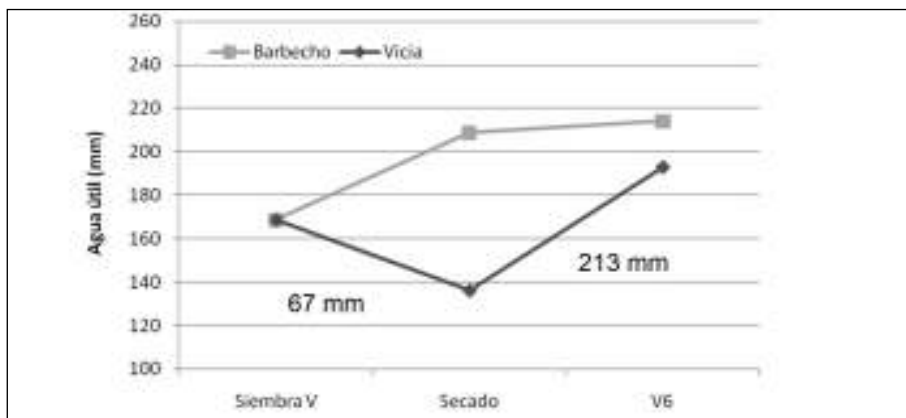


Figura 6: Contenidos de agua útil (150 cm) en diferentes momentos para la localidad de Laboulaye en el año 2010.

En recuadro las precipitaciones durante los periodos. Siembra V=siembra de vicia; V6= maíz con seis hojas.

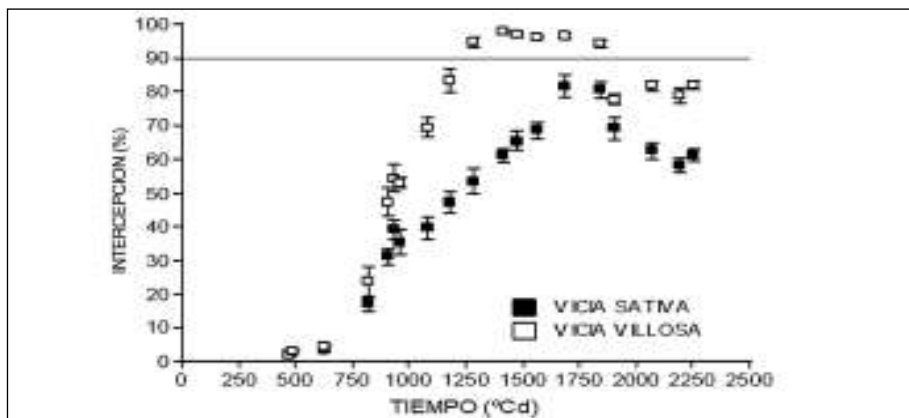


Figura 7: Intercepción de la radiación en función de las unidades térmicas (°Cd) para VV y VS. La línea marca el 90 % de intercepción de la radiación.

da por el cultivo ($R_{lacum} - MJ^{-1} m^{-2}$) y la eficiencia del uso de la radiación ($EUR - g MJ^{-1} m^{-2}$). El porcentaje de radiación interceptada en función del tiempo en unidades térmicas (°Cd) para VV y VS se puede observar en la Figura 7. Bajo las condiciones en que se desarrollo esta experiencia, VV logro alcanzar el 90% de intercepción de la radiación, alrededor de los 1200 °Cd aproximadamente, mientras que en otro trabajo similar, para registrar un porcentaje de cobertura similar VV necesitó menos unidades térmicas (950°Cd) (Teasdale et al., 2004). La especie VS nunca alcanzo este valor de intercepción, por lo que su eficiencia de conversión de radiación en MS es menor. Estas diferencias se deben a sistemas de crecimiento, VV tiene un porte rastrero, en tanto que VS es erecto.

Uno característica importante para elegir un CC es su precocidad para cubrir el suelo, ya que le otorga una mayor competencia con las malezas y disminuye las pérdidas de agua por evaporación, aumentando la eficiencia del uso del agua. En este sentido, VV demuestra tener estas características, comportándose como un cultivo de crecimiento más rápido que VS.

Control químico de malezas en postemergencia de vicia

El éxito en la implantación y producción temprana de MS suele estar condicionado por la presencia de malezas durante las primeras etapas del cultivo (Renzi, 2007). El control químico de malezas una vez producida la emergencia del cultivo puede ser una alternativa interesante de manejo, sin embargo, estudios previos muestran la gran sensibilidad de las vicias a los herbicidas (Renzi, 2007). En un ensayo relazado en INTA H. Ascasubi, con el objetivo de estudiar la selectivi-

dad de herbicidas aplicados en postemergencia temprana de VV con 4-5 hojas (6-8cm) sembrada con *A. sativa*, se encontraron los siguientes resultados: Diflufenican (50% SC) en dosis de 25 g (i.a. ha⁻¹) y bentazón (60% SL) 300 g (i.a. ha⁻¹) presentaron síntomas de fitotoxicidad leve en VV, igualando en producción de MS a un testigo. Metsulfurón-metil (60% SF) 4 g (i.a. ha⁻¹), no fue selectivo para VV y daños marcados fueron realizados con MCPA sal sódica (28% SL) 70 g (e.a. ha⁻¹). Utilizando bromoxynil (34,6% EC) 175 g (i.a. ha⁻¹) y oxifluorfen (24% EC) 120 g (i.a. ha⁻¹) disminuyeron la producción de MS de VV. Si bien, en esta experiencia realizada por este autor se probaron otros productos, se destaca a diflufenican y bentazón como herramientas válida a considerar para el control de malezas en el cultivo de VV.

Alternativas de interrupción del ciclo de *Vicia villosa*

• Control Químico

Una de las formas, más utilizadas en los sistemas de agricultura bajo siembra directa, es mediante el uso de herbicidas no selectivos. Esta, tiene la característica de ofrecer mayor agilidad, ya que permite optimizar la logística y el tiempo, debido que a se pueden realizar una gran cantidad de hectáreas en pocas horas y se puede aplicar en diferentes estados fenológicos de vicia. Es muy poca la información existente, sobre los productos y las dosis a aplicar en vicias en estadios fenológicamente avanzados, teniendo en cuenta que es una especie citada como tolerante a dosis normales de glifosato (Rodríguez, 2005).

En un trabajo realizado en la EEA INTA Marcos Juárez (Belluccini, 2011, en esta publicación) se

realizó un ensayo con el objetivo de evaluar el control que efectúan diferentes dosis y productos aplicados sobre VV en estado avanzado de crecimiento. El cultivo de VV al momento de la aplicación presentaba un nivel de producción de MS cercano a los 5000 Kg ha⁻¹. La evaluación se realizó en forma visual desde los 7 hasta los 28 días desde la aplicación. En cuanto a los resultados de este trabajo, el autor menciona que glifosato (66.2%) cuando se lo combina con 0.1 l ha⁻¹ de dicamba, mostró en todas las evaluaciones, el % de control más elevado. Por lo tanto, si bien se requieren ajustes de dosis, la utilización de glifosato (66.2%) + dicamba, sería una alternativa a considerar para el control de VV usada como CC.

• **Control mecánico**

Este es un método en cual se utiliza una herramienta de rodado, llamada rolo faca, el cual consiste de un tambor hueco al cual se encuentran abulonadas una serie de cuchillas de acero sin filo. Este implemento aplasta el tejido vascular de los CC sin realizar cortes en los tallos. En el continente europeo y Estados Unidos, se registran numerosos trabajos sobre la utilización del rolo para el control de VV en sistemas agrícolas orgánicos en donde no se puede utilizar productos de síntesis química (Teasdale y Rosencrance, 2003). En Argentina son muy escasas las experiencias realizadas, ya que se desconocen las ventajas que ofrece este método frente al control químico.

El rolo solo se puede utilizar en una etapa de crecimiento determinado del cultivo, debido a que puede haber rebrotes y el control es inadecuado. Para VV se determino que el momento fenológico en el que se logran controles superiores al 80%, es a partir del 60% de floración (Mischler et al., 2010).

La fenología del cultivo de VV propuesta por Mischler et al., (2010) se fundamenta en el seguimiento del estado de desarrollo de los primeros cinco nudos ubicados en cada rama.

En la EEA INTA Marcos Juárez, se realizó una prueba, utilizando un rolo triturador de rastrojo de la marca Dolbi, al cual se le retiraron las cuchillas de corte, para evaluar el control que ejerce sobre VV. El rolo se efectuó cuando la vicia se encontraba en comienzo de formación de vainas, encontrándose en ese momento una cobertura de 6500 Kg ha⁻¹ de MS. Bajo estas condiciones, posterior al rolo, se registraron algunas precipitaciones que posibilitaron un rebrote de 1500 Kg ha⁻¹ de MS, el cual no ejerció competencia sobre el maíz que se sembró posteriormente.

CONCLUSIONES

La inclusión de CC en reemplazo del barbecho convencional, puede provocar cambios muy importantes en el suelo, tanto químicos, físico como biológicos. A su vez, estos cambios pueden tener gran relevancia desde el punto de vista económico-ambiental, debido al aporte de N, el control de malezas, la mayor eficiencia del uso del agua, la disminución del escurrimiento superficial, etc. Todos ellos son factores que mejoran la calidad del suelo, pero también reducen el uso de insumos. Por los datos expuestos, podemos decir que ambas especies tienen gran potencia para ser utilizadas como antecesores de maíz, pero hay que conocer las limitantes de cada zona o región y elegir, la que mejor se adapte a las condiciones del lugar. Por lo tanto, para los ambientes evaluados hoy VV presenta algunas ventajas tales como la mayor precocidad, mayor resistencia al frío,

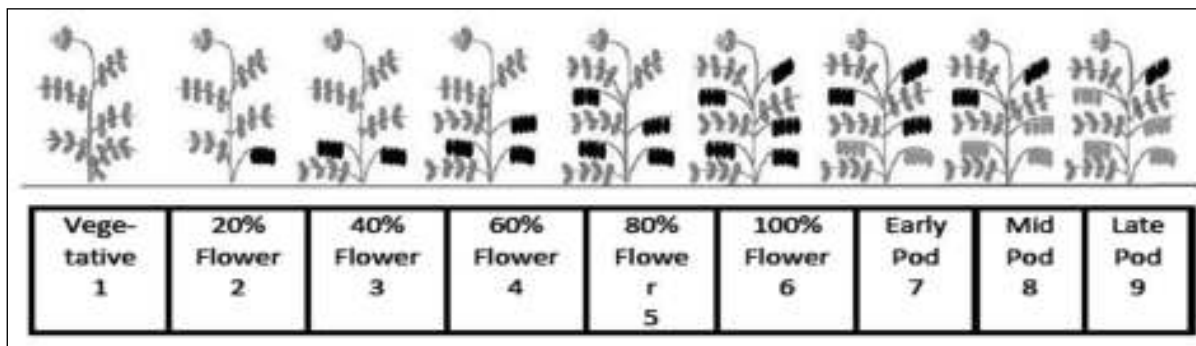


Figura 8: El estado vegetativo 1 no se ven flores en ninguna de las yemas, del 2 al 6 tenemos los diferentes estados de floración y del 7 al 9 los diferentes estados de formación de vaina (temprano-medio-tardío). Fuente: Mischler et al., 2010.

mayor producción de MS, mayores aportes de N y menores consumos de agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Bellucini P. 2011. Control químico de *Vicia villosa* como cultivo de cobertura previo a la siembra de maíz. Jornada de actualización Técnica de maíz 2011. EEA INTA Marcos Juárez, 30 de Junio de 2011.
- Carcova J, G Abeledo y M Lopez Pereira. 2004. Análisis de la generación del rendimiento: crecimiento, partición y componentes. En: Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. H Satorre; RL Vence; GA Slafer; EB de la Fuente; DJ Miralles; ME Otegui y R Savin (eds.). Editorial Facultad de agronomía. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. pp. 75-95.
- Carfagno P. 2008. Cultivos de Cobertura en Agricultura de Secano en Región Pampeana. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Instituto de suelos INTA Castelar.
- Clark A. (ed.) 2007. Managing cover crops profitably. 3rd ed. National SARE Outreach Handbook Series Book 9. National Agricultural Laboratory, Beltsville, MD.
- Clark A, AM Decker y J Meisinger. 1994. Seeding rate and kill date effects on hairy vetch-cereal rye cover crop mixtures for corn production. *Agronomy Journal* 86: 1065–1070.
- Clark A, A M Decker, J Meisinger, FR Mulford y MS McIntosh. 1995. Hairy vetch kill date effects on soil water and corn production. *Agronomy Journal* 87: 579–585.
- Duarte GA. 2002. Modelos de producción en la región de la pampa arenosa. En: Díaz-Zorita, M. y Duarte, G.A. (eds.) Manual Práctico para el Cultivo de Girasol. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 281-297.
- Ernst O. 2004. Leguminosas como cultivos de cobertura. *Informaciones agronómicas del cono sur* N 21. 9 pp.
- Fernandez R, Quiroga A, Arena F, Antonini C y M Saks. 2007. Contribución de los cultivos de cobertura y las napas freáticas a la conservación del agua, uso consuntivo y nutrición de los cultivos. Quiroga A., A Bono (Eds). Manual de fertilidad y evaluación de suelos. EEA INTA ANGUIL. Publicación técnica 71: 51-59.
- Gardner BR, Pearce RB y RL Michell. 1985. *Physiology of crops plants*. Iowa State University Press. USA.
- Kandel H, BL Johnson y A Schneiter. 2000. Hard red spring wheat response following the intercropping of legumes into sunflower. *Crop Science* 40: 731–736.
- Lampurlanes JP, P Angas, C Cantero Martinez. 2002. Tillage effects on wáter storage during fallow, and barley on root growth and yield in two contrasting soils of the semi-arid Segarra región Spain. *Soil Till Res* 65: 207-220.
- Maddonni GA, y ME Otegui. 1996. Leaf area, light interception and crop development in maize. *Field Crop Res.* 48: 81-87.
- Mischler R, SW Duiker, WS Curran y D Wilson. 2010. Hairy vetch management for no-till organic corn production. *Agron. J.* 102:355-362.
- Mischler R, SW Duiker, WS Curran y D Wilson. 2010. Hairy vetch management for no-till organic corn production. *Agronomy Journal* 102: 355-362.
- Renzi JP. 2007. Selectividad de herbicidas aplicados en post emergencia en *Vicia villosa* Roth. y *Avena sativa* L. INTA Ascasubi. 30º Congreso Argentino de Producción Animal. AAPA. Santiago del Estero. Octubre 2007.
- Renzi JP. 2009. Efecto de la estructura del cultivo y el grado de madurez a cosecha sobre el rendimiento y calidad de semillas de *vicia villosa* L y *sativa* Roth. , bajo riego. Tesis de magíster en ciencias agrarias, departamento de agronomía, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.
- Renzi JP. 2008. Cobertura y producción de biomasa de cultivos y poblaciones de *Vicia* spp. *Revista Argentina de Producción Animal* 28:411-412.
- Renzi JP y MA Cantamutto. 2007. Efecto de la densidad de siembra sobre la producción de forraje de *Vicia sativa* L. y *Vicia villosa* Roth. consociada con *Avena sativa* L. 30º Congreso Argentino de Producción Animal. AAPA. Santiago del Estero. Octubre 2007.
- Rodríguez N. 2005. Detección de especies de malezas de difícil control (tolerantes o resistentes) en los sistemas de producción. En: Cultivos de Cosecha Gruesa. Actualización 2005, Publicación Nº 61 EEA INTA Anguil, Cap. 17, pp 85-86.
- Teasdale JR, Devine TE, Mosjidis JA, Bellinder RR y CE Beste. 2004. Growth and development of hairy vetch cultivars in the Northeastern United States as influenced by planting and harvesting date. *Agronomy Journal* 92:1266-1271.
- Teasdale JR y RC Rosecrance. 2003. Mechanical versus herbicidal strategies for killing a hairy vetch cover crop and controlling weeds in minimum-tillage corn production. *Am. J. Alternative Agric.* 18:95–102.
- USDA. 1962. *Seeds*. Ed. Continental, S.A. 1962. p 766-769, 330-334, 446-448.
- Vanzolini JI, Galantini J, Agamennoni R, Reinoso O. 2009. Momento de control de cultivos de cobertura de *Vicia villosa* roth. y su efecto sobre la producción de biomasa. Jornadas Nacionales Sistemas Productivos Sustentables, Com. Química de Suelos. AACS. Bahía Blanca, Bs.As. 2009.
- Wheeler WA y DD Hill. 1957. *Southern grasses*. P. 544-561. In *grassland seeds*. D. Van nostrand company, inc. Princeton, New Jersey.

Inclusión de cultivos de cobertura en la rotación: experiencia de un productor

Dentro de los muchos desafíos que nos tocan enfrentar en las empresas agropecuarias considero que uno de los principales es la “necesidad de subir la productividad de los suelos y hacer un buen uso del agua”.

La siembra directa no es suficiente en si misma para garantizar una agricultura sostenible. Debemos esforzarnos en entender la importancia de la capa protectora de rastrojo para proteger y alimentar el suelo como también la importancia de maximizar la diversidad de las rotaciones. Aquí creo que los cultivos de cobertura (CC) cumplen un papel muy importante.

Una alternativa sustentable

Los barbechos presentan como problema principal su relativa ineficiencia en la acumulación de las aguas de lluvia.”Como término medio, el coeficiente entre agua caída y agua almacenada no supera el 20%”.Ing. Agr. Jorge Molina. Con la utilización de los CC se tiende a equilibrar el balance de carbono en el suelo y aportar una mejora significativa a las propiedades físicas, microbiológicas y a la fertilidad del suelo.

Es muy importante considerar al planificar el uso de CC: a) antecesores de los mismos, b) ver con que humedad llegamos a la siembra de estos, c) materiales a sembrar, d) nivel de fertilización a utilizar e) fecha de secado de los mismos como también , f) los materiales y fecha de siembra de los cultivos de cosecha.

Tradicionalmente los hemos utilizados para controlar procesos de erosión, pero también los podemos utilizar entre otras cosas para: 1) fijar carbono, 2) capturar nutrientes móviles como nitrógeno, azufre, 3) bajar la temperatura del suelo, 4) aumentar la eficiencia en el uso del

agua, 5) contribuir en la depresión de la napa freática en períodos muy húmedos, 6) Disminuir el nivel de malezas y el uso de agroquímicos.

Los CC, cuando se utilizan durante varios años, promueven un flujo continuo de carbono al suelo tanto superficial por medio de la biomasa aérea, como subsuperficial a través del aporte de las raíces. Esta situación a largo plazo nos debería dar un mayor incremento del contenido de materia orgánica de los suelos cuando se comparen con sistemas que no incluyeron CC.

La presencia de un cultivo creciendo en el otoño lluvioso permite la captura del nitrógeno residual, azufre que de otra manera pueden perderse por lixiviación profunda, situación que reviste particular importancia en los suelos de texturas gruesas.

Mejor uso del agua

Los CC permiten mantener elevadas tasas de infiltración del agua de lluvia por las diversas acciones que realizan. Protegen al suelo del impacto de las gotas de lluvia, a su vez estos residuos actúan como pequeños diques demorando el escurrimiento y prolongan el tiempo para su entrada en el suelo. También intervienen en la macro porosidad del suelo, al descomponerse sus raíces generan un sistema de canales o galerías. Para ello habrá que prestar atención al momento de secado del CC que, sin duda, no deberá ir más allá de la floración si se trata de una leguminosa, y de la espigazón en el caso de las gramíneas, ya que a partir de estos momentos se incrementa significativamente el consumo de agua.

Cobertura generada con vicia y centeno después de “secado” con herbicida. Analicemos los dos extremos: si nos adelantamos en cortar el ciclo,

el consumo de agua va a ser muy bajo (objetivo deseable), pero acumulamos poco residuo de los mismos y de una muy rápida degradación (lo que nos implica baja protección del suelo a futuro).

Si cortamos tarde el ciclo de estas plantas, nos van a haber consumido mucha agua (probablemente no tengamos tiempo suficiente de recargar ese perfil antes de la siembra) pero la cantidad y calidad de materia seca que logramos va a ser mayor (obtendremos mayor cantidad de cobertura y con más lignina) que a futuro nos va a resultar muy beneficioso porque esos residuos van a perdurar más tiempo protegiendo ese suelo).

Una mayor cobertura de biomasa disminuye la amplitud térmica del suelo superficialmente, y se traduce en menos pérdida de agua por evaporación. Esto genera una mejora en la eficiencia del uso del agua, que puede aumentar la disponibilidad para el cultivo agrícola siguiente.

Efectos de la Cobertura en lomas arenosas, productividad y agua

Cobertura y Agua: las lomas arenosas tiene en general una baja productividad, porque “retienen poca agua” y observamos una menor retención de algunos nutrientes debido a que “tienen muy bajo contenido de arcillas y bajo % M.O.”

Evaporación: uno de los factores más importante de la evaporación directa desde el suelo es la cantidad de rastrojo. “A mayor cobertura menor evaporación directa”.

Escurecimiento: la cobertura disminuye el mismo. ¿Por que el agua es tan importante? “El agua mantiene la fábrica abierta”. La planta la toma del suelo y transpira por los estomas y por estos entra CO_2 . Si tenemos estrés hídrico, los rendimientos caen porque se deja de fijar este elemento. “A mayor transpiración mayor producción”. Venimos observando que con la inclusión de estos CC y adecuadas rotaciones se nos ha ido transformando el suelo. Nuestros suelos comienzan a tornarse hacia un color más oscuro, producto de un mayor aporte de carbono y con una actividad biológica que va creciendo año a año.

Nutrientes generados en el campo

El uso de nutrientes disponibles o generados en el propio terreno de cultivos junto con el uso moderado de fertilizantes es, en definitiva una manera equilibrada para sostener la productivi-

dad de los suelos agrícolas. En línea con una agricultura cada vez más intensiva, con rotaciones que siguen esa premisa, se destaca la incorporación de CC de leguminosas con el fin no sólo de crear biomasa, favoreciendo el aporte de carbono y la cobertura del suelo, “sino, principalmente, para fijar nitrógeno atmosférico e incorporarlo al suelo vía descomposición de residuos aéreos y subterráneos”.

En nuestro caso hemos encontrado en la vicia una alternativa para incorporar una fuente nitrogenada distinta de las que provienen del petróleo, utilizándola como inicio de rotación del ciclo agrícola y como antecesora de maíz. Todo ello aprovechando los milímetros de agua acumulados por las lluvias otoñales, que de otra forma se perderían durante el barbecho.

A la vicia la utilizamos en dos situaciones diferentes. En ambientes de punta (bien rotados y con buena fertilidad), donde la incluimos para dar un salto más en la productividad total del sistema y en lotes degradados donde su inclusión permite construir y mejorar suelos.

Estos cultivos de cobertura con leguminosas nos dan la posibilidad de tener un cultivo antecesor a un maíz o sorgo granífero, bajando la demanda de nitrógeno por fertilizante. Es, también, una manera de bajar costos y reducir riesgos ambientales.

Las leguminosas mejor adaptadas como cultivos de cobertura son las vicias (vicia villosa y vicia sativa) melilotus (blanco de olor) y los tréboles (de Alejandría y encarnado).

“La vicia villosa una de las leguminosa de mejor comportamiento al frío. Dependiendo de la duración del ciclo y el estado de desarrollo, la vicia puede fijar simbióticamente entre 75 y 125 Kg según bibliografía y nosotros hemos medido producciones de materia seca de vicia entre 4300 y 11000 Kg ha⁻¹, con una concentración de 5% de nitrógeno. Esto significa que solo en parte aérea nos va dejar entre 250 y 640 Kg de N más el aporte simbiótico. “Además la mineralización del N se encuentra facilitada por la baja relación C/N de sus tejidos”.

Estos aportes se hacen sin resentir significativamente el agua disponible para el cultivo siguiente “si manejamos correctamente el momento del secado del cultivo”. Otros beneficios adicionales a la fijación biológica de nitróge-

no cuando se emplean especies leguminosas, es también mantener a pleno la actividad biológica del suelo. Por intermedio del sistema radical, se mejorará la estructura, porosidad y procesos relacionados con la fertilidad edáfica.

Los CC por sí solos no son la única vía para restaurar la fertilidad de los suelos, sino una forma de hacer un uso más eficiente de los recursos existentes al combinarse con otras alternativas de manejo. En síntesis, los CC permiten incrementar la biodiversidad del sistema productivo, mediante la inclusión de nuevas especies. Debemos ser conscientes de que la inclusión de los CC, de ninguna manera reemplaza las bondades de una buena rotación de cultivos, imprescindible para una agricultura sustentable desde el punto de vista productivo y ambiental. Los residuos de los cultivos de cobertura quedan en superficie, cubriendo y protegiendo la superficie del suelo, conservando la humedad, liberando los nutrientes contenidos en la biomasa vegetal al descomponerse. No nos tenemos que olvidar de la acción beneficiosa de los residuos celulósicos en superficie, materia prima fundamental para la producción de coloides poliurónicos, tan importantes para el reacondicionamiento de los suelos. (Ing. Agr. Jorge Molina).

Efecto de rotación

El cultivo de cobertura de leguminosa además de aportar una considerable cantidad de N produce una estabilidad/incremento de rendimiento que podemos denominarlo “efecto de rotación”. Las causas de este efecto podemos atribuir las a la conservación del agua, control de malezas, mejora en propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, reducción de la presión de plagas y enfermedades, al aumento en la eficiencia en el uso del agua y en algunos casos nos ayuda en la depresión de la napa freática.

Una forma simple de estimar el aporte de N del cultivo de cobertura podría ser por ej. En maíz calcular el “Valor de Reemplazo de Fertilizante”, que no es más que la dosis de fertilizante a la cual el maíz con barbecho invernal iguala en rendimiento al maíz con cultivo de cobertura y sin fertilizante.

Este simple índice enfatiza el aporte de N como efecto fundamental de los cultivos de cobertura y prácticamente no considera el efecto rotacional que puede ser aún más importante a nivel de sistema de producción. Una alternativa

más real y económicamente más correcta es “comparar el rendimiento de maíz en ambos sistemas a la dosis económicamente óptima de N”.

La experimentación local es fundamental para poder estimar el valor de reemplazo de fertilizante y el incremento de rendimiento con vicia y otras leguminosas y analizar el resultado económico de los CC en diferentes zonas y rotaciones. Una de las claves importantes del éxito para obtener buenas coberturas en gramíneas anuales es “fertilizarlas” y manejar bien el momento de “secado”. Este secado se debe efectuar antes de que se produzca el incremento de consumo de agua que coincide antes de la espigazón. El centeno es la gramínea más tolerante al frío y al estrés hídrico y produce un abundante volumen de residuo que se descompone más lentamente que el de otras gramíneas de invierno, debido a su mayor contenido en lignina. Como el material generado no es retirado ni comido, los nutrientes agregados al CC son reciclados en el cultivo siguiente “al mismo fertilizante lo usamos dos veces” (Ing. Agr. Alberto Quiroga). “En la naturaleza nada se pierde, todo se transforma”.

Implantación de los cultivos de cobertura

Las especies más utilizadas son fundamentalmente gramíneas y leguminosas. Entre las gramíneas se encuentran centeno, avena, cebada, trigo, triticale y ray grass, mientras que en leguminosas vicias y tréboles.

En nuestro caso probamos todas las especies en distintos momentos, con siembras aéreas (comenzamos en 1996, sobre maíces a cosecha y soja), siembra al voleo con fertilizadora y con sembradora después de cosechado. Hoy lo que estamos utilizando con muy buenos resultados es la siembra de centeno o vicia más centeno con sembradora después de cosecha.

Centeno (Quehue): lo sembramos inmediatamente después de la cosecha de soja de primera o maíz. La implantación se realiza con sembradoras de grano fino. La densidad de siembra utilizada se encuentra entre 45 y 60 Kg ha⁻¹ de semilla en función de la calidad de siembra y peso de mil granos. Siempre incluimos PDA en dosis de rutina de 45 a 50 Kg ha⁻¹ y de ser posible un apoyo de fertilización nitrogenada sería recomendable ya que obtendremos un mejor cultivo con todos los beneficios que ello implica. El costo en fertilizan-

tes es para considerarlo mas desde el punto de vista financiero que económico ya que al no ser comido ni retirado del lugar lo reciclamos en el próximo cultivo “usamos dos veces el mismo fertilizante”. En el caso de potreros que van a maíz de cosecha preferimos hacer vicia (40-45 Kg ha⁻¹) con centeno Quehue (15-20 Kg ha⁻¹) todo junto y bien mezclado.

Hemos adoptado estas densidades de vicia (similares a las usadas en Brasil) después de probar varias densidades. Nos hemos encontrado usando densidades más altas de centeno y más bajas de vicia, que en los sectores buenos de los potreros termina dominando el centeno.

También buscamos el efecto del “cincel biológico de la raíces. El objetivo es “obtener una excelente vicia para dejar a la rotación la mayor cantidad de nitrógeno”.

Observación: ser muy cuidadoso con el consumo de agua y posibilidades de posterior recarga del perfil. El centeno Quehue sembrado temprano, en baja densidad junto a la vicia nos sirve para capturar rápidamente los nutrientes generados en el barbecho, encaña rápido, espiga y con las heladas se seca y luego deja paso a la vicia que pasa a dominar cubriendo todo el suelo.

La sembramos después de una cosecha fina sin doble cultivo porque queremos que el perfil se recargue bien de humedad y la sembramos cuando el suelo tenga “el tanque lleno de agua”, lo realizamos sobre la primera semana de marzo.

Vicia: uno de los inconvenientes que nos hemos encontrado al momento de comprar semilla es que nos ha sido difícil poder comprar semilla identificada, esto es muy importante para predecir el comportamiento de lo que vamos a sembrar. La implantación se realiza con sembradora de grano fino por todos los tubos. La densidad de siembra utilizada se encuentra entre 40 y 45 Kg ha⁻¹ de semilla. Siempre incluimos PMA en dosis de rutina de 45 a 50 Kg ha⁻¹ y una correcta inoculación con bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno (se usan las mismas cepas que en arveja, es deseable que haya una selección de cepas más específicas). Las etapas iniciales de la vicia son lentas, tanto en cobertura del suelo como en aporte de materia seca, pero luego se registra un crecimiento considerable desde mediados de septiembre hasta mediados de octubre. “Si se quiere maximizar el aporte de nitrógeno fijado,

deberá esperarse este crecimiento de la vicia en octubre, lo cual fenológicamente coincide con plena floración, caso contrario los aportes de materia seca y nitrógeno serán menores”. “Sin olvidarnos de ir mirando como está el perfil de humedad”. Un dato para tener en cuenta es que esto último demora la fecha de implantación del cultivo de maíz respecto de las siembras tradicionales. En nuestra zona (Daireaux) si esperamos a plena floración de la vicia, nos lleva a sembrar maíces a fin de noviembre, primeros días de diciembre. Para esta fecha por la distribución histórica de lluvia en nuestra zona tendremos recargado el perfil.

Por otro lado, resulta importante “la reducción del uso de nitrógeno en maíz sin resentir rendimientos”. Según el caso a considerar nos ahorramos la fertilización nitrogenada obteniendo rindes satisfactorios, o en el caso de buscar maximizar rindes podemos bajar considerablemente la utilización de fertilizantes nitrogenados.

Finalmente, se evidencia un remanente de nitrógeno importante en suelo luego del maíz, tenemos que evaluar el impacto residual por el uso de vicia en la rotación, más allá del maíz, lo cual sin duda redundará en beneficios para la microbiología del suelo y todos los cultivos de la rotación. Para “secar volúmenes muy importantes de vicia” se destaca como eficiente el control químico de un cóctel con glifosato, 2 4 D, Dicamba, y atrazina o “el control mecánico con rolo tipo faca”. Esta última opción es recomendable en vicias de importante desarrollo y sin malezas con 80-90% de floración (comunicación personal Ing. C. Cazorla, INTA M. Juárez). El uso de estos cultivos de cobertura con leguminosas nos permite bajar la dependencia de las fuentes nitrogenadas vinculadas con el petróleo.

Lo que venimos observando es que, el uso de herbicidas una vez establecido el cultivo no es siempre necesario cuando sembramos a la vicia en altas densidades con centeno.

Suelo cubierto y activo todo el año

Con los cultivos de cosecha mas la implementación de estas “plantas barbecheras”, tenemos cubierto y activo el suelo todo el año. “Estamos simulando, tener al suelo con una pastura permanente” (Ing. Agr. Alejandro Cariola). Esto nos permite realizar una agricultura económica y ecológi-

camente sustentable.

Deberíamos sumar a la cantidad de residuos de cosecha anualmente, los kilos aportados por estos cultivos de cobertura.

Ej. 1) rotación: Maíz + C.C. Soja 1º el aporte podría ser Rastrojo Maíz: 8000 Kg + C.C. centeno Quehue 4500 Kg ha⁻¹ = 12500 Kg de MS año⁻¹.

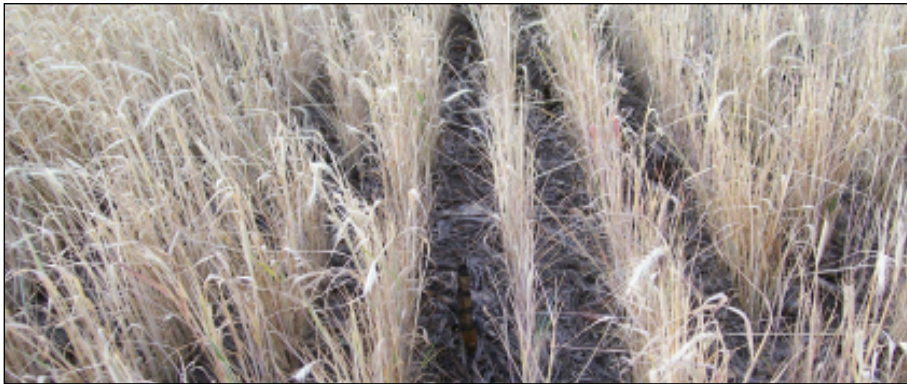
Otro Ej. 2) C.C. Vicia + Maíz el aporte anual sería : 4500 Kg M.S. de vicia + Kg de rastrojo que nos deje ese maíz cosechado: Ej. 8000 Kg = 12.500 Kg de MS año⁻¹.

Como vemos nos aproximamos bastante a la producción anual de una pastura permanente en nuestra zona (Daireaux Pcia de Bs. As).

Debemos entender que como productores y

profesionales del agro trabajamos con sistemas biológicos, cuyos tiempos y procesos debemos esforzarnos por comprender y respetar.

“Tratemos de generar en ese corto tiempo el mejor cultivo posible, a futuro habremos logrado una mayor cobertura, también, una buena masa radicular”. Cuando sus raíces se hayan degradado notaremos una mejor captación de agua ,un suelo mas “esponjoso” , esto producto de, a mayor numero de raíces, obtendremos (una vez degradadas) , más poros ,que también nos facilitarán no sólo la captación de agua sino también un mayor intercambio gaseoso a nivel radicular.



Centeno sobre rastrojo de maíz Cultivo a implantar soja.



Raíz de vicia con sus nódulos.



Vicia secada con herbicida



Foto de un CC: raíces de centeno Quehue “Cinceles biológicos y estructuradores de suelo”.



Cultivo de cobertura centeno sembrado sobre rastrojo soja 1ra. Producción hasta 18 de agosto: 4600 Kg MS ha⁻¹.