

Recibido 01 de mayo de 2016 // Aceptado 07 de marzo de 2017 // Publicado online 03 de enero de 2018

Efecto de rotaciones agrícolas con cebolla sobre las propiedades químicas del suelo y producción de policultivo avena-vicia y resiembra natural de *Vicia villosa* Roth. en el sur de Buenos Aires

RENZI, J.P.^{1,2}; VANZOLINI, J.I.¹; AGAMENNONI, R.¹; CANTAMUTTO, M.^{1,2}

RESUMEN

En el valle bonaerense del Río Colorado (VBRC), sur de Buenos Aires, *Vicia villosa* (Roth) se adapta como cultivo de cobertura (CC) por su elevada producción de biomasa en primavera. La siembra de cebolla sobre CC de vicia está adquiriendo cada vez mayor relevancia en la zona. Sin embargo, para que este manejo sea eficiente es importante generar una buena acumulación de biomasa de vicia antes de la siembra de cebolla. El objetivo del trabajo consistió en evaluar la productividad del policultivo de *V. villosa* y avena en rotación con diferentes antecesores y el potencial de la resiembra natural de vicia durante el siguiente ciclo. El experimento se estableció en la EEA H. Ascasubi de INTA. Los antecesores a la implantación de la mezcla *V. villosa* y avena fueron diferentes secuencias de cebolla, alfalfa, raigrás, moha, trigo y girasol. Se evaluó la fertilidad del suelo y parámetros de productividad del policultivo durante el primer ciclo y de la resiembra natural de vicia en el segundo. La producción relativa de biomasa de vicia y avena del policultivo estuvo influenciada por el efecto del antecesor, no así su producción total. Los antecesores con alfalfa redujeron la participación del componente vicia en la mezcla probablemente debido a la baja relación fósforo/materia orgánica remanente en el suelo. El estándar de *V. villosa* establecido por resiembra y el remanente en el banco de semillas del suelo fue luego de 8 meses $36,8 \pm 9,8$ y $25,6 \pm 10,2\%$ del total diseminado. Un desgrane precosecha de ≥ 80 semillas m^{-2} ($\approx 2,9$ g m^{-2}) podrían ser suficiente para lograr por resiembra un estándar de *V. villosa* con una densidad de 30 plantas m^{-2} , adecuado para potenciar la producción de biomasa en primavera. El aumento del número de semillas diseminadas hasta la cosecha aumentó la producción de biomasa a fines de otoño. El establecimiento de vicia por resiembra luego del policultivo avena-vicia posibilitaría aprovechar las temperaturas cálidas de fines de verano y de otoño para lograr una buena acumulación de biomasa y aporte de N. En el VBRC es posible obtener por resiembra espontánea una producción potencial de biomasa seca de *V. villosa* invernal de $4,9$ t ha^{-1} , que aportarían 176 g N ha^{-1} al sistema.

Palabras clave: rotación, cebolla, cultivo de cobertura, producción de semillas.

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA), Ruta 3, km 794 (8142) Hilario Ascasubi, Argentina.

²Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, San Andrés 800, (8000) Bahía Blanca, Argentina.
Correo electrónico: renzipugni.juan@inta.gov.ar

ABSTRACT

In the river Colorado valley (VBRC) in southern Buenos Aires, hairy vetch fits as a cover crop (CC) for its high biomass production in late spring. Onion sowing on vetch CC it is becoming increasingly important in the VBRC. However, for this management might be possible it is important to accumulated high vetch biomass before onion sowing. The objective of this study was to evaluate the productivity of hairy vetch-oat mixture under different predecessor crops and the possibility of using the natural reseeding of vetch as a cover crop autumn in the next cycle. The experiment was established in the EEA INTA H. Ascasubi. The crops predecessor before vetch-oat mixture, were different sequences of onion, alfalfa, ryegrass, foxtail millet, wheat and sunflower. Soil fertility and productivity of mixture were evaluated during the first cycle and natural reseeding of vetch in the second. Relative biomass production of vetch and oats was influenced by the effect of the predecessor, not its total production. Alfalfa forage predecessors reduce participation of vetch in the mixture; this might be due to the low phosphorus / organic matter ratio left in the soil. The number of seeds of hairy vetch established by reseeding and left in the soil seed bank after 8 months, was 36.8 ± 9.8 and $25.6 \pm 10.2\%$ of the total spread. A dispersal ≥ 80 seed m^{-2} (≈ 2.9 g m^{-2}) might be enough to establish for reseeding a hairy vetch crop with a density of 30 plants m^{-2} , suitable for good production biomass in spring. Increases in the number of hairy vetch seeds spread increased the biomass production in late autumn. The early establishment of hairy vetch by reseeding might be increase the growth over warm temperatures of late summer and autumn, and improve the biomass accumulation and contribution of N. In VBRC is possible to get biomass production potential of hairy vetch, established by reseeding of 4.9 t ha^{-1} in July, which incorporated 176 kg N ha^{-1} into system.

Keywords: rotations, onion, cover crop, seed production.

INTRODUCCIÓN

En Argentina ha resurgido el interés en integrar las vicias a las rotaciones agrícolas (Alvarez *et al.*, 2012; Vanzolini y Galantini, 2013). Se considera que además de aportar N al suelo por fijación biológica, las vicias pueden aumentar la producción de carne y generar un ingreso adicional por producción de semilla. Existen otros beneficios indirectos de la vicia, como la mejora en las condiciones físicas y biológicas del suelo, el reciclado de nutrientes y el balance de agua. También la vicia constituye un refugio para enemigos naturales de las plagas, reduce la incidencia de enfermedades y mejora la interferencia frente a las malezas (Howieson *et al.*, 2000; Ruffo y Parsons, 2004; Snapp *et al.*, 2005).

En las regiones templadas, la *V. villosa* ssp. *villosa* Roth. y *V. sativa* ssp. *sativa* L. son las especies más difundidas. Generalmente se las cultivan como forrajeras en policultivos con cereales invernales. También se las utilizan como abono verde o cultivo de cobertura del suelo (CC) (Francis *et al.*, 1999). *V. villosa* presenta amplia estabilidad productiva, debido a su tolerancia al frío, resistencia a la sequía y adaptación a un amplio rango de condiciones edáficas (Brandsaeter *et al.*, 2002; Teasdale *et al.*, 2004). A diferencia de la otra especie, *V. villosa* posee una elevada capacidad potencial para la resiembra natural, adjudicada a la dormancia de las semillas (Renzi y Cantamutto, 2009).

En el valle bonaerense del Río Colorado (VBRC), sur de Buenos Aires, la factibilidad de riego posibilita el estableci-

miento de una gran diversidad de cultivos, tanto hortícolas como forrajeros. La cebolla, que es el principal producto agrícola, ocupa anualmente entre 12.000-16.000 ha (Lucanera *et al.*, 2014). Se trata de un cultivo con alta demanda de insumos. Los requerimientos de N alcanzan el orden de 150 kg de N ha^{-1} (Agamennoni *et al.*, 2006; Bellacomo y Orden, 2014).

La cebolla puede sembrarse sobre CC de vicia. Esta práctica está adquiriendo cada vez mayor relevancia en el VBRC debido a una mejora en el aprovechamiento del agua, protección contra la erosión y aporte de N al suelo (Bondia *et al.*, 2014). Sin embargo, para que esta práctica de manejo sea eficiente es crucial generar una adecuada producción de biomasa antes de la siembra de la cebolla, que se realiza durante agosto.

La cosecha de semilla de vicia es otra alternativa económica para los productores del VBRC, dado que existe una consistente demanda de simiente porque el cultivo presenta una buena adaptación a las condiciones agroecológicas en el secano semiárido que circunda la zona irrigada. En general la disponibilidad de semilla de vicia en el mercado es baja, por lo que los precios son generalmente elevados.

Debido a que las vicias poseen crecimiento indeterminado, porte rastroso y alta dehiscencia de vainas, las pérdidas precosecha son elevadas. Para disminuirlas, las vicias generalmente se cultivan en policultivos con avena, que actúa como soporte y ello aumenta la altura de disposición de las vainas con lo cual mejoran las condiciones de cosecha

(Renzi, 2009). La dehiscencia espontánea de las vainas de la vicia puede considerarse un atributo de interés para promover la resiembra natural de la especie.

Se desconoce la influencia de la secuencia de cultivos antecesores sobre el comportamiento de la vicia en policultivo con avena. Es posible que los cambios de las propiedades químicas del suelo, modulados por las rotaciones, puedan afectar la productividad y persistencia de la vicia a partir de policultivos en rotaciones agrícolas con cebolla en el VBRC. El objetivo del trabajo consistió en evaluar la productividad y potencial de resiembra natural de *V. villosa* a partir de policultivos con avena luego de una serie de secuencias de cultivos, considerando la estrategia de alcanzar un buen nivel de acumulación de biomasa durante el invierno, antes de la siembra de cebolla.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en un suelo Hapludol Éntico franco arenoso, ubicado en la Estación Experimental Hilario Ascasubi del INTA (39° 22' S, 62° 39' O), durante los ciclos 2008 y 2009.

El diseño experimental consistió en bloques completos aleatorizados (n=5). La unidad experimental (U.E.) fue de 15 x 30 m. Los datos obtenidos se analizaron mediante un ANOVA y las medias se compararon mediante el test LSD ($p < 0,05$). Se realizaron análisis de componentes principales (ACP) de parámetros edáficos y productivos del policultivo de vicia-avena. Para estos análisis se utilizó el programa Infostat (2014). Las regresiones se realizaron mediante el software GraphPad Prism 6.

La secuencia de cultivos durante el período 2001-2006 incluyó a trigo (*Triticum aestivum* L.) y girasol (*Helianthus annuus* L.) como especies para producción de granos, moha (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.) como abono verde, raigrás perenne (*Lolium perenne* L.) y alfalfa (*Medicago sativa* L.)

como cultivos forrajeros, y la cebolla como especie hortícola (tabla 1). La moha se cortó a 5 cm del suelo utilizando una desmalezadora de hélice en el inicio del panojamiento, se dejó secar durante uno a dos días y se incorporó con rastra de disco pesada, a una profundidad media de 15 cm. Las pasturas de alfalfa se cosecharon mediante cortes y extracción del forraje según describe Agamennoni *et al.* (2006).

Antes de la siembra del policultivo de avena-vicia (mayo de 2008) se tomaron muestras compuestas (n=30) del suelo en la capa 0-12 cm y se determinó la conductividad eléctrica (CE), el contenido de materia orgánica (MO) por el método de Walkley y Black, pH, fósforo (P) extractable Olsen, y cationes de calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na) (Richter, 1982).

El policultivo se implantó luego de un riego presiembra (≈ 100 mm) utilizando una mezcla de 25 kg ha⁻¹ de semilla de un ecotipo local de *V. villosa* Roth. y 35 kg ha⁻¹ de *Avena sativa* L. cv Cristal INTA. La siembra se realizó el 4 de junio de 2008, bajo un sistema de labranza convencional, utilizando una sembradora comercial (Bertini 8000).

Cuando la vicia del policultivo comenzó a florecer, a fines de octubre de 2008, se aplicó otro riego gravitacional (≈ 100 mm). Luego de ello, en plena floración a principios de noviembre, se estimó la acumulación de biomasa seca de las dos especies del policultivo, en muestras al azar por U.E. delimitadas con un aro de 0,25 m² (n=2). Antes del pesado, las muestras se secaron en estufa a 60 °C hasta peso constante.

Cuando se alcanzó la madurez comercial, el 6 de enero de 2009, se cosechó la semilla del policultivo mediante una cosechadora para experimentos (Seed-Master, Wintersteiger). Luego de ello se estimó la dispersión espontánea de la vicia contando el número de semillas observadas sobre la superficie del suelo en muestras al azar por U.E. delimitadas mediante un aro de 0,25 m² (n=3). Las semillas recolectadas fueron sometidas al test de imbibición, con

Año	Rotación				
	Agricultura	Verdeo de verano	Raigrás 3 años	Alfalfa 3 años	Alfalfa 5 años
	(Agric)	(VV)	(Rg C)	(Al C)	(Al L)
2001	trigo	cebolla	cebolla	cebolla	cebolla
2002	girasol	moha	cebolla	cebolla	alfalfa
2003	trigo	cebolla	cebolla	cebolla	alfalfa
2004	girasol	moha	raigrás	alfalfa	alfalfa
2005	trigo	cebolla	raigrás	alfalfa	alfalfa
2006	girasol	moha	raigrás	alfalfa	alfalfa
2007			cebolla		
2008			policultivo de avena + vicia		
2009			resiembra espontánea de vicia		

Tabla 1. Rotación de cultivos antecesores al policultivo de vicia y avena. Elaboración propia.

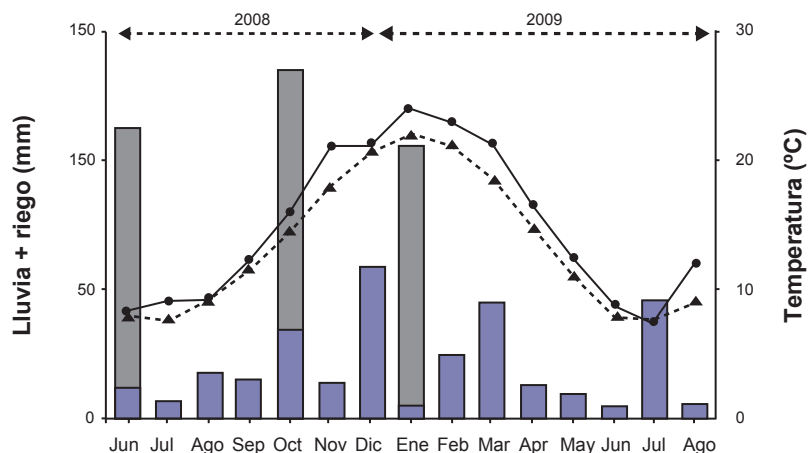


Figura 1. Aportes de agua por lluvias (barras lilas), riego (barras grises), temperatura media mensual (●) e histórica (1966-2013) (▲) durante el ciclo del policultivo de vicia-avena y su resiembra espontánea en Ascasubi. Elaboración propia.

el fin de estimar el porcentaje de semillas con dormancia física (Baskin y Baskin, 2014).

Un mes luego de la cosecha, el 27 de enero de 2009, se realizó un laboreo superficial del suelo mediante una rastra de disco regulada a una profundidad media de 5 cm. Luego de ello se aplicó riego gravitacional (≈ 100 mm) con el fin de estimular la resiembra natural de la vicia. Cuando se observó la primera cohorte originada por la resiembra (13 de febrero de 2009), se cuantificó el estand de plántulas (2-4 hojas) por U.E. en muestras de $0,25$ m² (n=3).

La acumulación de biomasa seca de vicia y avena bajo resiembra espontánea en el período correspondiente a la presiembra de cebolla se evaluó a los 152 días después de la emergencia (15 de julio) mediante muestras de $0,25$ m² (n=2). En ese estado, cuando aproximadamente un 10% de las plantas se encontraban en inicios de floración se desecó el material vegetal con glifosato a razón de 720 g e.a ha⁻¹.

A fines del invierno, el 1 de septiembre de 2009, se estimó el banco de semillas de vicia en el estrato superior del suelo (0-10 cm). Para ello se extrajeron muestras de suelo con un muestreador de 11,5 cm de diámetro (n=10). El suelo secado al aire se tamizó con una malla de 2 mm para separar las semillas de vicia (Mesgaran *et al.*, 2007).

RESULTADOS

Influencia de la secuencia de cultivos antecesores sobre el policultivo vicia-avena

En el período comprendido entre la siembra hasta la cosecha durante 2008 el aporte de agua para cada policultivo fue 359 mm, correspondiente a 159 mm de lluvia más 200 mm en dos riegos por gravedad (figura 1).

Las secuencias de cultivos antecesores impactaron en la mayoría de los parámetros químicos de la capa superficial del suelo (0-12 cm), excepto en la concentración de Na (ta-

Rotación	CE		MO		pH	P		Ca+Mg		Na	
	(dS m ⁻¹)		%			(mg kg ⁻¹)		(mg kg ⁻¹)			
Agric	1,7	a	1,72	bc	8,0	c	18,2	b	15,4	a	1,7
VV	1,7	a	1,01	a	7,9	bc	20,1	b	15,4	a	2,0
Rg C	1,4	a	1,62	b	7,8	ab	21,8	b	13,4	a	1,4
AI C	2,7	b	2,10	cd	7,7	a	12,1	a	27,9	b	1,7
AI L	3,0	b	2,14	d	7,7	a	10,5	a	29,9	b	3,4
CV (%)	18,9		17,1		1,6		20,1		18,1		34,1
LSD (p≤ 0,05)	0,5		0,4		0,2		11,3		5,0		ns

Tabla 2. Efecto de las rotaciones previas al policultivo de vicia-avena sobre las propiedades químicas del suelo. Elaboración propia. Epígrafe: Rotaciones según tabla 1; CE, conductividad eléctrica; MO, materia orgánica; P, fósforo Olsen; Ca+Mg, calcio + magnesio, y Na, sodio. Letras diferentes para cada variable representan diferencias significativas entre tratamientos.

bla 2). Las rotaciones que incluyeron alfalfa mostraron los valores más altos de CE, MO, Ca+Mg, y los menores de P y pH. En todos esos parámetros no se observaron diferencias en el período de duración de la alfalfa (Al C *versus* Al L). Por otro lado, las rotaciones que incluyeron gramíneas (Rg, VV y Agric.) mostraron bajos valores de CE, P, y Ca+Mg (tabla 2).

En la tabla 3 se muestra la acumulación de biomasa y producción de semillas del policultivo para cada antecesor. La acumulación de biomasa seca total del policultivo al inicio de floración de la vicia fue mayor a $8,9 \text{ t ha}^{-1}$, en todas las secuencias de cultivos estudiadas. Las rotaciones que incluyeron alfalfa de 3 o 5 años de duración favorecieron la producción de biomasa de avena en el policultivo. Por su parte, aquellas que incluían gramíneas promovieron la acumulación de biomasa de vicia. La producción de semilla de avena fue elevada con el antecesor Rg C, mientras que la producción de vicia fue mayor con los antecesores Rg C, VV y Agric. (tabla 3).

La dispersión de semillas de vicia en poscosecha se asoció al rendimiento ($R^2 0,53$; $p < 0,001$), que fue superior en las rotaciones sin alfalfa (figura 2). La dormancia física de las semillas dispersadas fue $77 \pm 12\%$, sin diferir entre las secuencias de cultivos antecesores estudiadas ($F_{4,16} = 1,0$; $p > 0,05$).

Resiembra natural de *V. villosa*

La densidad de plantas vicia obtenida por resiembra espontánea del policultivo se asoció al volumen de semillas diseminadas (figura 3). Por su parte, la acumulación de biomasa seca de vicia en la resiembra se asoció a la densidad de plántulas establecidas (figura 4). No se hallaron diferencias significativas en la producción de biomasa total de la resiembra espontánea adjudicadas a las secuencias de cultivos previas al policultivo vicia-avena ($F_{4,16} = 0,8$; $p > 0,05$). La producción de biomasa de vicia en el cultivo

Rotación	Biomasa* (kg ha ⁻¹)			Semilla (kg ha ⁻¹)					
	viola	avena	total	viola	avena				
Agric	3456	d	6792	a	10248	336	b	1294	a
VV	2298	c	6635	a	8933	455	b	1853	b
Rg C	1898	bc	8519	ab	10417	389	b	2174	c
Al C	632	a	10888	c	11520	76	a	1404	a
Al L	1134	ab	9317	bc	10450	167	a	1553	ab
CV (%)	24,0		18,0		15,3	27,2		14,1	
LSD (p ≤ 0,05)	1111		2039		ns	142		314	

Tabla 3. Productividad del policultivo vicia-avena luego de un ciclo de rotaciones de cultivos en Ascasubi. Elaboración propia.

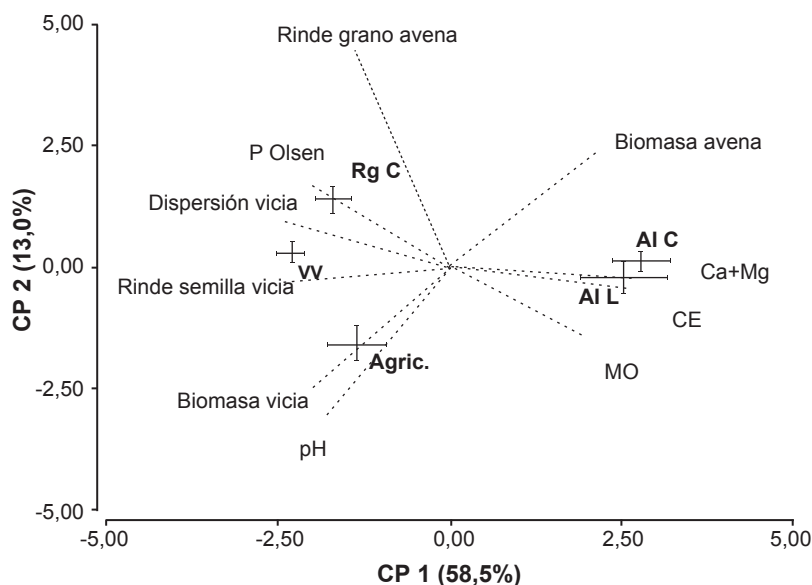


Figura 2. Relación general entre diferentes secuencias de cultivos antecesores y algunos parámetros edáficos y productivos del policultivo de vicia-avena. Barras muestras error estándar. Elaboración propia.

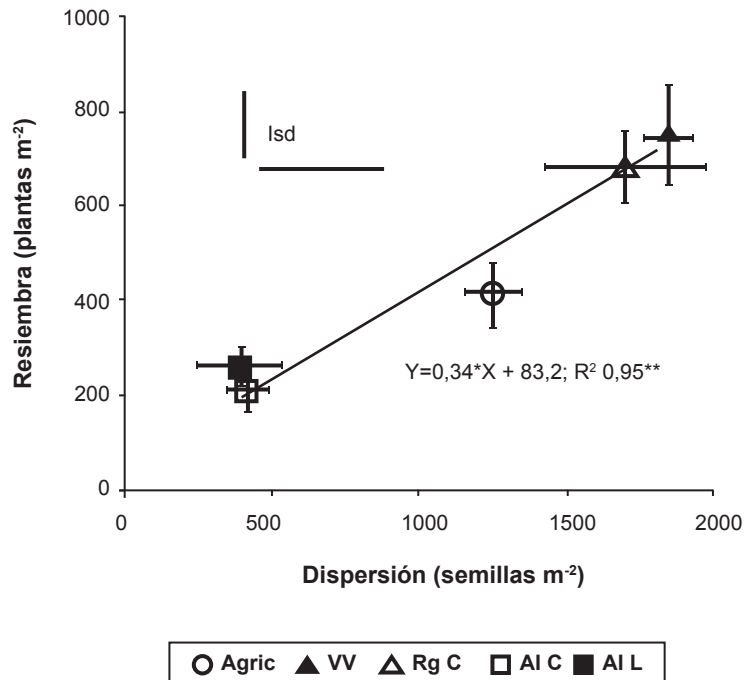


Figura 3. Establecimiento de plantas de *V. villosa* por resiembra espontánea en función de la dispersión de semillas luego de policultivos de vicia-avena. Diferencia mínima significativa (lsd) entre antecesores para la dispersión (vertical) y resiembra (horizontal). Para cada media barras indican error estándar. Elaboración propia.

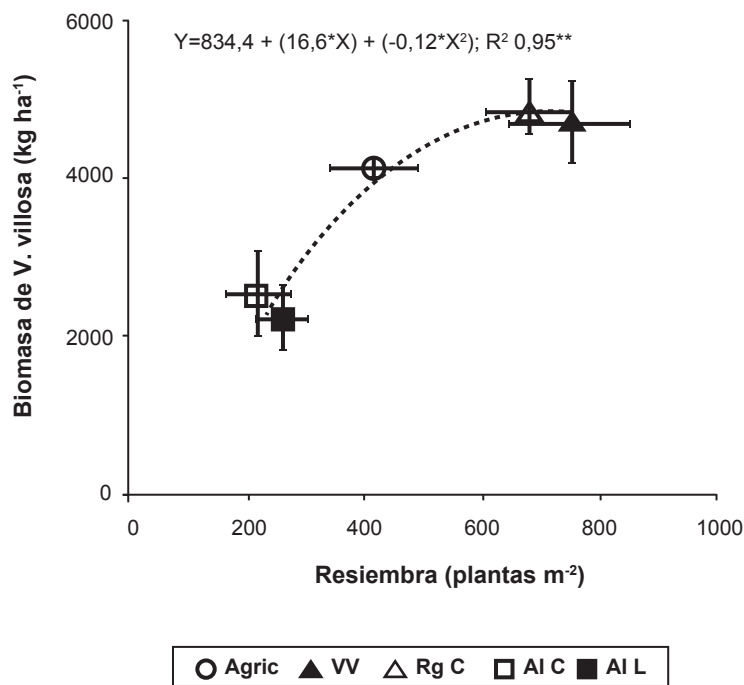


Figura 4. Biomasa seca acumulada de *V. villosa* a inicio de floración (julio 2009) bajo el rango de densidad de plantas obtenido por resiembra espontánea luego del policultivo vicia-avena. Para cada media barras indican error estándar. Elaboración propia.

obtenido por resiembra fue menor cuando las rotaciones agrícolas previas al policultivo incluían alfalfa (figura 5).

El estand de vicia establecido por resiembra espontánea de vicia luego del policultivo representó el 36,8±9,8% de las semillas diseminadas ($F_{4,16} = 1,72$; $p>0,05$). En el final

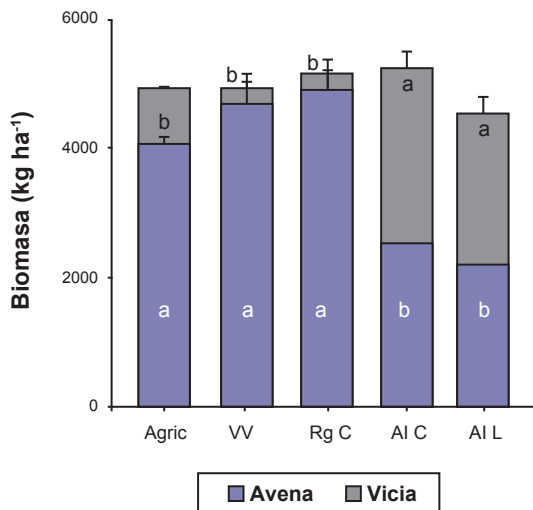


Figura 5. Acumulación de biomasa seca total y por componentes de la resiembra espontánea luego del policultivo vicia-avena en inicios de floración de la vicia (julio) sobre diferentes secuencias de cultivos previos. Medias con las letras diferentes para cada componente indican diferencias significativas según el test lsd $p\leq 0,05$. Elaboración propia.

del invierno, el banco de semillas remanente en el suelo fue el 25,6±10,2% del número de semillas diseminadas, sin diferencias entre antecesores ($F_{4,16} = 2,42$; $p<0,05$).

La densidad de simiente remanente en el banco del suelo luego de la primera cohorte emergente en el otoño siguiente a la dispersión fue menor en las secuencias que incluyeron alfalfa y se asoció al rendimiento de semillas de vicia en el policultivo (figura 6).

DISCUSIÓN

Se observaron diferencias en los niveles de fertilidad química del suelo asociados a la secuencia de cultivos previos. Las rotaciones con mayor intensificación agrícola, sin inclusión de alfalfa (Agric., VV y RgC), mostraron los menores niveles de MO, en forma similar a lo observado por Forjan (2000) y Agamennoni *et al.* (2006). La variación de los niveles de fósforo se relacionó con el número de cultivos de cebolla en la secuencia y el consumo durante la etapa de pastura de alfalfa. El aporte por fertilización en el cultivo de cebolla por fertilización puede llegar a 30 kg P ha⁻¹ año⁻¹, mientras que la extracción por la alfalfa puede llegar a 2,8 kg P por t de materia seca (Agamennoni *et al.*, 2006). Los elevados niveles de Ca+Mg y sales (CE) observados en las secuencias agrícolas con alfalfa fueron adjudicados al transporte desde capas profundas del suelo como producto de la elevada exploración de las raíces de la especie (Rodríguez y Spada 2007).

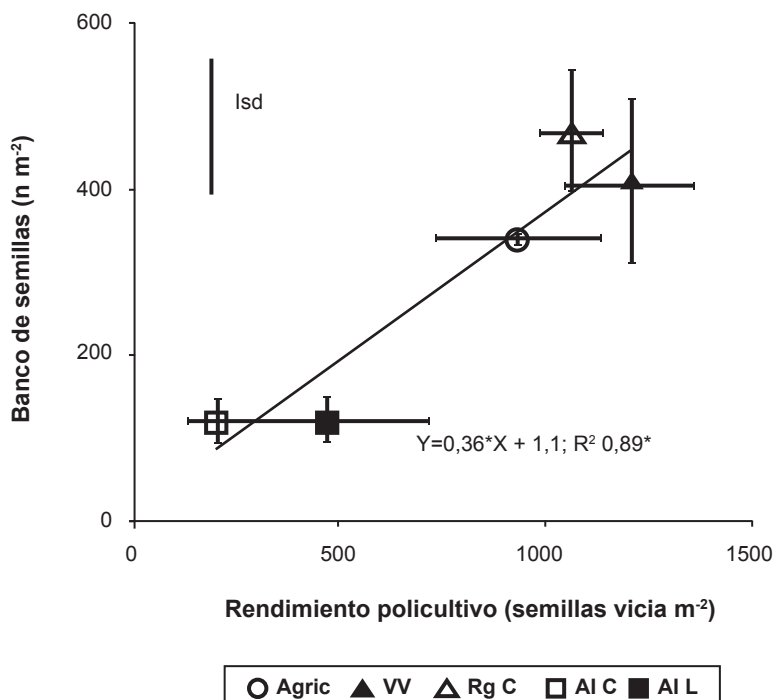


Figura 6. Efecto del rendimiento del policultivo sobre el banco de semillas de *V. villosa* remanente en el suelo luego del nacimiento de la primera cohorte. Diferencia mínima significativa (lsd) entre antecesores para el banco de semillas (vertical). Para cada media barras indican error estándar. Elaboración propia.

Aunque la producción total de biomasa del policultivo avena-vicia no estuvo influenciada por las rotaciones de cultivos, se observaron cambios en la producción relativa de los dos componentes. Se conoce que *V. villosa* muestra ventajas competitivas en suelos con bajos niveles de MO (Aarssen *et al.*, 1986, Assefa y Ledin, 2001). También maximiza la productividad en suelos con buena disponibilidad de P (Zhu *et al.*, 2011) y pH neutro a ligeramente alcalino (Aarssen *et al.* 1986, White *et al.* 2005, Clark 1998). Contrariamente, en suelos con buena disponibilidad de MO y N los policultivos con gramíneas pueden afectar el crecimiento de las vicias (Ouknider y Jacquard, 1988, 1989; Assefa y Ledin, 2001). Conforme los resultados del presente estudio, las pasturas basadas en alfalfa no serían recomendables como antecesores para el policultivo avena-vicia.

La vicia es una especie con crecimiento indeterminado durante el cual la generación y maduración de vainas es gradual en el período de llenado de las semillas. Por ello, la apertura de los frutos y el desgrane de la vicia muestra una tendencia lineal durante la maduración en el mes de diciembre (Renzi, 2013). En el presente experimento, la diseminación espontánea de semillas, como producto de la dehiscencia espontánea y las pérdidas de cosecha, superó el nivel de 200 semillas⁻² en todas las secuencias estudiadas.

El ajuste temporal de la germinación en la resiembra natural en *V. villosa* es controlado por mecanismos de dormición de la semilla (Renzi *et al.*, 2014). El estand de la vicia obtenido por resiembra luego del policultivo avena-vicia superó la recomendación para el cultivo, que comprende entre 30 a 50 plantas m⁻² (Sidique y Loss 1996). La densidad observada en las secuencias que incluyeron gramíneas (VV, Rg C y Agric) fue más de diez veces superior a la recomendación para la siembra del cultivo. La producción de biomasa seca de vicia en inicios de floración tendió a estabilizarse con densidades superiores a 600 plantas m⁻² (figura 4). La respuesta a la densidad observada en este estudio pudo obedecer a que el muestreo de biomasa se realizó durante invierno, antes del crecimiento “explosivo” que generalmente produce la especie. En primavera, las temperaturas más cálidas promueven el crecimiento exponencial del cultivo, con alta capacidad de compensar espacios descubiertos, reduciendo el efecto de la densidad de siembra (Gilley *et al.*, 1989; Teasdale *et al.*, 2004).

La vicia posee un elevado potencial de uso como CC (Vanzolini, 2011; Alvarez *et al.*, 2013). Una de las principales virtudes del cultivo en rotación con maíz es el aporte de N durante la primavera (Vanzolini y Galantini, 2013). En el caso de la cebolla, la utilización como CC dependerá de la biomasa aérea producida en forma temprana en el invierno.

En este ensayo la biomasa seca de vicia por resiembra acumulada en el invierno, en el período previo a la siembra de la cebolla (julio), osciló entre 2515±1194 - 4887±778 kg ha⁻¹, para AI C y VV respectivamente. Considerando los resultados de Vanzolini y Galantini (2013), que adjudican un contenido promedio de N en la biomasa aérea de 3,6%, el aporte de N de la vicia obtenida por resiembra luego del policultivo oscilaría entre 80,0±31,1 - 176,3±28,1 kg N ha⁻¹,

sin considerar lo incorporado por las raíces. Este aporte potencial supliría parcialmente la demanda de fertilizante con N para aplicar en la cebolla que se cultive con este CC.

El banco de semillas de vicia en el suelo remanente luego de la primera cohorte por resiembra espontánea estuvo relacionado al rendimiento de semillas de vicia del policultivo. Luego de la resiembra espontánea de vicia, es posible que se hayan producido pérdidas de semillas del banco del suelo por emergencias posteriores al recuento, depredación o muerte. Considerando la dinámica de la salida de dormancia de las semillas de *V. villosa* (Renzi *et al.*, 2014), es esperable que el siguiente pico de emergencia se produzca entre fines del verano y principios del otoño siguiente. Ello permitiría utilizar a ese estand como forraje, CC y eventualmente utilizarlo para cosecha de semilla. Emergencias aisladas de vicia durante la primavera, sobre cultivos posteriores al policultivo avena-vicia podrían ser controladas fácilmente con herbicidas específicos (Curran *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES

Este estudio bajo condiciones de rotaciones agrícolas con cebolla mostró que la secuencia de cultivos antecesores impacta sobre los niveles de fertilidad del suelo remanente, sobre la productividad del policultivo *V. villosa*-avena y el potencial de resiembra espontánea de vicia luego de ello. Para favorecer el crecimiento de *V. villosa*, las rotaciones que incluyan alfalfa no serían aconsejables. *V. villosa* compite mejor frente a avena en suelos con bajos niveles de fertilidad química.

La capacidad de resiembra natural de *V. villosa* luego de un policultivo avena-vicia constituye una buena oportunidad para establecer cobertura vegetal de alta calidad para cultivos posteriores. Para las condiciones en las que se realizó este experimento, se demostró que en el VBRC es posible obtener producciones potenciales de biomasa seca de *Vicia villosa* por resiembra en el mes de julio superiores a 4,0 t ha⁻¹. Este nivel de acumulación posee potencialidad para incorporar hasta 176 kg N ha⁻¹ al sistema, disminuyendo así la demanda de fertilizantes nitrogenados.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido financiado con fondos de los proyectos INTA BASUR 1272307 y de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, MINCYT (PICT-2012-2854).

BIBLIOGRAFÍA

AARSSSEN, L.W.; HALL, I.V.; JENSEN, K.I.N. 1986. The biology of Canadian weed: *Vicia angustifolia* L., *V. cracca* L., *V. sativa* L., *V. tetrasperma* (L.) Schreb. and *V. villosa* Roth. Canadian Journal of Plant Science 66: 711–737.

AGAMENNONI, R.; RIVAS, J.; PRIOLETTA, S.; KRUGER, H.; ENRIQUE, M. 2006. Rotaciones para sistemas de producción con

cebolla en el valle bonaerense del Río Colorado. EEA H. Ascasubi. Boletín Técnico 15. p. 16.

ALVAREZ, C.; QUIROGA, A.; SANTOS, D.; BODRERO, M. 2012. Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción. Ediciones INTA. La Pampa, Anguil.

ASSEFA, G.; LEDIN, I. 2001. Effect of variety, soil type and fertilizer on the establishment, growth, forage yield, quality and voluntary intake by cattle of oats and vetches cultivated in pure stands and mixtures. *Animal Feed Science and Technology* 92:95–111.

BASKIN, C.C.; BASKIN, J.M. 2014. `Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination`. Ed. 2nd, Academic Press, San Diego.

BELLACCOMO, C.; ORDEN, L. 2014. Fertilización nitrogenada en el cultivo de cebolla. *Revista Fiesta Provincial de Cebolla*, 8, 22–23.

BONDIA, P.; VALLEJOS, A.; CARACOTCHE, V.; VANZOLINI, J.I. 2014. Cebolla con cobertura, un nuevo paradigma. *Revista Fiesta Provincial de Cebolla* 8, 19–20.

BRANDSAETER, L.O.; OLSMO, A.; TRONSMO, A.M.; FYKSE, H. 2002. Freezing resistance of winter annual and biennial legumes at different developmental stages. *Crop Science* 42:437–443.

CLARK, A. 1998. Woollypod Vetch. *Managing Cover Crops Profitably*, second edition. Sustainable Agriculture Network, Beltsville, MD, 152–155.

CURRAN, W.S.; WALLACE, J.M.; MIRSKY, S.; CROCKETT, B. 2015. Effectiveness of herbicides for control of hairy vetch (*Vicia villosa*) in winter wheat. *Weed Technology* 29:509–518.

FORJAN, H.J. 2000. Rotaciones en sistemas mixtos. Material didáctico n.º 1. INTA. p. 11.

FRANCIS, C.M.; ENNEKING, D.; ABD EL MONEIM, A. 1999. When and where will vetches have an impact as grain legumes? En: KNIGHT, R. (ed.). *Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21st Century*. Proceedings of the Third International Food Legume Research Conference, Adelaide 1997. *Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture*. Vol. 34. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London, pp. 671–683.

GILLEY, J.E.; POWER, F.J.; REZNECEK, P.J.; FINKNER, S.C. 1989. Surface cover provided by selected legumes. *Applied Engineering in Agriculture* 5: 379–385.

HOWIESON, J.G.; O'HARA, G.W.; CARR, S.J. 2000. Changing roles for legumes in Mediterranean agriculture: developments from an Australian perspective. *Field Crops Research* 65: 107–122.

International Seed Testing Association. 2013. "International Rules for Seed Testing". ISTA, Zürich.

LUCANERA, G.M.; CASTELLANO, A.S.; BARBERO, A. 2014. Banco de datos socioeconómicos de la zona de CORFO - Río Colorado, Estimación del P.B.I. Agropecuario Regional.

MESGARAN, M.B.; MASHHDI, H.R.; ZAND, E.; ALIZADEH, H.M. 2007. Comparison of three methodologies for efficient seed extraction in studies of soil weed seedbanks. *Weed Research* 47, 472–478.

OUKNIDER, M.; JACQUARD, P. 1988. Un modèle d'association graminée-légumineuse: le mélange vesce (*Vicia sativa* L.)-avoine (*Avena sativa* L.). *Agronomie* 8: 97–106.

OUKNIDER, M.; JACQUARD, P. 1989. Variabilité des phénomènes d'interférence entre *Vicia sativa* L. et *Avena sativa* L. I. Dynamique de croissance de la vesce dans un peuplement associé de vesce-avoine. *Agronomie* 9:391–400.

RENZI, J.P. 2009. Efecto de la estructura de cultivo y grado de madurez a cosecha sobre el rendimiento y la calidad de semillas de *Vicia sativa* L. y *V. villosa* Roth., bajo riego. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur. p. 126.

RENZI, J.P. 2013. Producción de semillas. En: RENZI, J.P.; CANTAMUTTO, M.A. (Eds.). *Vicias: Bases agronómicas para su manejo en la Región Pampeana*. Ediciones INTA. Buenos Aires, pp. 197–232.

RENZI, J.P.; CANTAMUTTO, M.A. 2009. Dormancia y germinación en semillas de *Vicia villosa* Roth. *Análisis de Semillas*. 3:84–89.

RENZI J.P.; CHANTRE, G.R.; CANTAMUTTO, M.A. 2014. Development of a thermal-time model for combinational dormancy release of hairy vetch (*Vicia villosa* ssp. *villosa*). *Crop & Pasture Science* 65, 470–478.

RICHTER, M.; CONTI, M.; MACCARINI, G. 1982. Mejoras en la determinación de cationes intercambiables y capacidad de intercambio catiónico en los suelos. *Rev. Fac. de Agronomía* 3:145–155.

RODRIGUEZ, N.E.; SPADA, M.C. 2007. Morfología de la alfalfa. En: BASIGALUP, D.H. (Ed.). *El cultivo de la alfalfa en la Argentina*. Ediciones INTA. Buenos Aires, pp. 29–46.

RUFFO, M.L.; PARSONS, A.T. 2004. Cultivos de cobertura en sistemas agrícolas. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* N.º21.

SIDDIQUE, K.; LOSS, S.P. 1996. Growth and seed yield of vetches (*Vicia* spp.) in south-western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 36:587–593.

SNAPP, S.S.; SWINTON, S.M.; LABARTA, R.; MUTCH, D.; BLACK, J.R.; LEEP, R.; NYIRANEZA, J.; O'NEIL, K. 2005. Evaluating Cover Crops for Benefits, Costs and Performance within Cropping System Niches. *Agronomy Journal* 97:322–332.

TEASDALE, J.R.; DEVINE, T.E.; MOSJIDIS, J.A.; BELLINDER, R.R.; BESTE, C.E. 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.

VANZOLINI, J.I. 2011. La vicia villosa como cultivo de cobertura: efectos de corto plazo sobre el suelo y la productividad del maíz bajo riego en el Valle Bonaerense del río Colorado. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur. p. 170.

VANZOLINI, J.I.; GALANTINI, J.A. 2013. Cultivos de cobertura. En: RENZI, J.P.; CANTAMUTTO, M.A. (Eds.). *Vicias: Bases agronómicas para su manejo en la Región Pampeana*. Ediciones INTA. Buenos Aires, pp. 233–250.

WHITE, P.; HARRIES, M.; SEYMOUR, M.; BURGESS, P. 2005. Producing pulses in the Northern Agricultural Region. Department of Agriculture Government of Western Australia. Bulletin 4656. p. 132.

ZHU, X.; LIU, R.; ZHANG, Y. 2011. Interactions of a hairy vetch-corn rotation and P fertilizer on the NPK balance in an upland red soil of the Yunnan plateau. *African Journal of Biotechnology* 10: 9040–9050.