



“EVOLUCIÓN DE LA MATERIA SECA Y EL PORCENTAJE DE
PROTEÍNA EN VICIA INOCULADA Y NO INOCULADA EN LA REGION
SEMIÁRIDA PAMPEANA”

Trabajo Final de Graduación para alcanzar el título de: Ingeniero Agrónomo

Autores: RODRIGUEZ, Antonio Adrian
SAN MARTIN, Matías Nicolás.

Director: FERNANDEZ, Miguel Angel -Cátedra: Agrotécnia

Evaluadores: Zingaretti, Osvaldo - Cereales y Oleaginosas
Repollo, Rodolfo - Cereales y Oleaginosas

FACULTAD DE AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA
Santa Rosa (La Pampa) - Argentina 2018

INDICE

Resumen.....	3
Abstract.....	4
Introducción.....	5
Objetivos.....	10
Materiales y Métodos.....	11
Resultados y Discusión.....	13
1- Nodulación.....	14
2- Materia seca.....	17
3- Proteína bruta.....	19
Conclusiones.....	21
Agradecimientos.....	22
Bibliografía.....	23

RESUMEN

El uso de vicia asociada a una gramínea anual como verdeo en la región semiárida pampeana es una alternativa para la producción de forraje invierno-primaveral ya que se adapta bien a las rotaciones de explotaciones mixtas. Además aporta nitrógeno con la fijación biológica, siendo este nutriente deficitario en nuestra región.

El objetivo de trabajo, fue evaluar el efecto de la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae* en la producción de materia seca aérea y radical, el contenido de nitrógeno, la ubicación de los nódulos y su infectividad-efectividad.

La biomasa aérea y radical no difirió con el agregado de inoculante, ni aumentó el número de nódulos en la raíz primaria, en cambio sí en las secundarias. La infectividad en las raíces secundarias fue aumentando con el tiempo. La efectividad de los nódulos fue mayor en el tratamiento inoculado, en raíces primarias y secundarias. No hubo diferencias estadísticas en el contenido de proteína bruta, tanto aérea, cómo radical.

PALABRAS CLAVES: *Vicia villosa*. *Rhizobium*. Biomasa aérea y radical. Contenido de nitrógeno.

ABSTRACT

The use of vetch associated with an annual grass as a green in the pampas semiarid region is an alternative for the production of winter-spring forage since it adapts well to the rotations of mixed farms. It also provides nitrogen with biological fixation, this nutrient being deficient in our region. The objective was to evaluate the effect of inoculation with *Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae* on the production of aerial and radical dry matter, the nitrogen content, the location of the nodules and their infectivity-effectiveness.

The aerial and root biomass did not differ with the addition of inoculants, nor did it increase the number of nodules in the primary root, but in the secondary ones. The infectivity in the secondary roots was increasing with time. The effectiveness of the nodules was greater in the inoculated treatment, both in the primary root and in the secondary ones. There were no differences in the crude protein content in the neither aerial nor radical part.

KEY WORDS: *Vicia villosa*. *Rhizobium*. Aerial and radical biomass. Nitrogen content.

INTRODUCCION:

La producción de biomasa vegetal en la región semiárida pampeana, depende principalmente de las precipitaciones, y en segundo término de la disponibilidad de nutrientes, especialmente del nitrógeno. La distribución de las precipitaciones medias mensuales a lo largo del año en la provincia de La Pampa, muestra un régimen de tendencia monzónica, siendo las mayores precipitaciones en el período comprendido desde octubre a marzo. Los meses de menores precipitaciones se registran en el trimestre más frío (junio a agosto). La distribución de las lluvias máxima y mínima absoluta mensual es muy aleatoria, siendo las máximas registradas en verano y otoño, y las mínimas en invierno (Galmarini, 1961). Además, las precipitaciones tienen una gran variabilidad tanto anual como mensual (Vergara y Casagrande, 2012).

En la localidad de Santa Rosa, La Pampa, las precipitaciones son menores a la evapotranspiración potencial en varios momentos del año, especialmente desde noviembre a febrero (Cuadro 1). Este régimen de precipitaciones no permite a los estadios tempranos de los cultivos, comenzar con un saldo positivo si no se realiza un buen barbecho, por lo que la recarga del perfil en marzo y abril juega un rol fundamental para su siembra. Además, en el mes de noviembre, momento en el cuál ocurre la última etapa de crecimiento del verdeo, las precipitaciones generalmente no cubren la evapotranspiración potencial. Según se aprecia en el Cuadro 1, existe un desfase considerable entre las necesidades hídricas de los cultivos y las precipitaciones, siendo las mismas, la única fuente de agua disponible.

Los suelos de la Región Semiárida Pampeana son de bajo contenido en materia orgánica y con escasa capacidad de retención de agua y susceptibles a la erosión

(principalmente eólica). Además, la profundidad de los suelos, está limitada por un manto de tosca sub-superficial impermeable a profundidades variables desde 0,4 a 1,5m de profundidad (INTA-Pcia. La Pampa-UNLPam, 1980). A causa de estas características climáticas y de suelo, los cultivos anuales deben aprovechar cortos períodos con buenas condiciones para su crecimiento y producción.

La vicia puede producir aceptable cantidad de forraje con solo 250 mm (GRDC, 2018). Es por ello que la utilización de vicia asociada a una gramínea anual como verdeo para el pastoreo, aprovecha el agua almacenada en el barbecho de otoño y las precipitaciones durante el ciclo en primavera.

La vicia fue domesticada originalmente en el Medio Oriente, sin embargo, ha sido cultivada en el norte de Europa por cientos de años. En Argentina, excluyendo *Vicia faba* hortícola, los antecedentes de mejoramiento de vicia con fines forrajeros o para cobertura son escasos. El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) realizó los mayores aportes a nivel nacional hasta 1981 cuando inscribió el último cultivar registrado. Desde esa década hasta la actualidad, la mayoría de los materiales genéticos introducidos, mejorados y difundidos por el INTA se perdieron (Gorostegui, 1971; Larreguy, 1982). En base a relevamientos realizados en 2010 y 2011 se estimó que la superficie destinada al cultivo de las vicias en la región Pampeana y Cuyo alcanzó aproximadamente unas 30.000 ha por año, representado exclusivamente por las especies *Vicia sativa*, *V. villosa* subsp *villosa* y *V. dasycarpa* y mezcla de éstas (Renzi et al., 2011). Dentro del género *Vicia* las especies *Vicia villosa* y *Vicia sativa*, son las que predominan en la utilización como cultivos de cobertura (CC) (Renzi, 2009).

La Vicia, es nodulada por *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* (Mutch y Young, 2004). A pesar de que *Rhizobium* es un habitante común en los suelos agrícolas, frecuentemente su población es insuficiente para alcanzar una relación benéfica con la leguminosa, o bien cuando los rizobios nativos no fijan cantidades suficientes de N₂ para las leguminosas es necesario inocular la semilla a la siembra y asegurar la fijación biológica del N₂ (Vanzollini y Galantini, 2013). En aquellos lotes donde nunca se ha sembrado vicia, es conveniente la inoculación en el primer año (Labarthe y Pelta, 1971), debido a que la falta de una buena nodulación reduce el crecimiento, la fijación de nitrógeno y el rendimiento (Seymour et al., 2003). Las semillas de vicia pueden ser inoculadas con *Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae* (Vanzollini y Galantini, 2013).

Son numerosos los usos a los que se puede destinar el cultivo de vicia, tales como: pastoreo directo, heno, ensilaje, cobertura de suelos, abonos verdes o suplemento proteico.

Dentro de la gama de opciones forrajeras para la alimentación del ganado, avena y vicia constituyen una muy interesante alternativa, ya que la mezcla de una gramínea y una leguminosa tienden a equilibrar la dieta aportando carbohidratos y proteína respectivamente en un solo alimento e ingesta (Renzi Pugni, et al., 2009). Las funciones más importantes que ambas especies cumplen, como cultivo de cobertura en sistemas de siembra directa, son las siguientes: a) fijación de N atmosférico (el cual puede ser utilizado por el cultivo subsiguiente en la rotación), b) control de malezas invierno-primavero-estivales, las primeras por competencia y las otras 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).

En la región semiárida pampeana, el nutriente que presenta deficiencias más generalizadas es el nitrógeno (N) (Fagioli y Bono, 1982; Loewy, 1995). El uso indebido del recurso suelo y el corrimiento de la frontera agrícola acentúa estas limitaciones, viéndose reflejadas en bajos niveles de producción. Por este efecto las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos se ven afectadas (Bono et al., 1997). La degradación física, química y biológica del suelo afecta directamente el funcionamiento normal de los cultivos anuales y por consiguiente sus rendimientos.

Los cultivos de cobertura pueden realizar aportes significativos de C e incidir sobre la cantidad y calidad de la materia orgánica (Quiroga et al., 2008). Por lo general, una relación Carbono/Nitrógeno (C:N) de 25:1 es considerada el límite entre la mineralización o inmovilización del N del residuo (Allison 1966). La información relevada en la bibliografía indica que el residuo de vicia posee una relación C:N que favorece su rápida descomposición.

La escasa rotación de cultivos y la alta dependencia al uso de herbicidas derivó en malezas de difícil control. La incorporación de Vicia, como cultivo de cobertura, limita la germinación de otras semillas, por su efecto sobre la radiación y la temperatura del suelo, lo que influye en la dinámica de la población de malezas y puede colaborar con la disminución del uso de herbicidas durante el barbecho y ciclo del cultivo principal (Renzi Pagni, 2017).

Cuadro 1. Precipitación mensual y temperatura media mensual para Santa Rosa La Pampa (período 1977-2011).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	mm mes ⁻¹											
Precip. Media¹	87,9	74,3	96,8	56,1	32,3	14,9	20,7	22,8	45,1	72,2	81,9	98,8
ETP	135,1	107,2	88,6	51,5	30,6	16,1	15,3	25,1	39,1	66,8	93,7	127,2
Diferencia	-47,2	-32,9	8,2	4,6	1,7	-1,2	5,4	-2,3	6,0	5,4	-11,8	-28,4
Temp. Med 1977-08	23,2	22,1	19,6	15,3	11,3	8,2	7,8	9,7	12,4	15,9	19,2	22,0

Fuente: ¹ Vergara y Casagrande (2012),. Obs.: T.M. = temperatura media mensual. ETP = evapotranspiración potencial determinada por el método de Thornthwaite (1948).

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 fecha óptima de siembra en cultivos de vicia se recomienda entre los meses de abril-mayo. El atraso hasta el mes de julio generalmente reduce la acumulación de biomasa vegetativa y la producción de semilla, principalmente bajo condiciones semiáridas (White et al. 2005). Cuando el objetivo del cultivo es el doble propósito, la fecha óptima oscila entre fines de febrero y marzo (Labarthe y Pelta, 1971).

Ensayos conducidos en el sur de Buenos Aires mostraron que la siembra pura de *Vicia villosa* subsp. *villosa* alcanzó un potencial de 5 t ha⁻¹ en floración, mayor al observado con la subsp. *dasycarpa* y con *V. sativa* (Renzi Pagni, 2008).

Si bien en ambientes húmedos y templados la acumulación de biomasa de *V. sativa* sería mayor que la de *V. villosa* (Qamar et al., 1999; Sartaj et al., 2003; Albayrak et al., 2004b) estos resultados confirmarían la mejor adaptación de *V. villosa* a condiciones semiáridas (Kuusela et al., 2004; Celen et al., 2005; Nan et al. 2006; Baigorria et al., 2012).

OBJETIVOS

- Evaluar la infectividad-efectividad y ubicación de los nódulos en los tratamientos inoculado y no inoculado a través del ciclo del cultivo.
- Evaluar la producción de materia seca aérea y radical en los tratamientos inoculado y no inoculado a través del ciclo del cultivo.
- Evaluar el contenido de proteína bruta de la biomasa aérea y radicular en los tratamientos inoculado y no inoculado a través del ciclo del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El ensayo se realizó en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la UNLPam a 11 km al norte de la ciudad de Santa Rosa (36° 46' S y 64° 17' W), a 210 msnm. El suelo fue clasificado como Paleustol petrocálcico (Soil Survey Staff, 2014) con textura franco arenosa (65% arena, 20% limo y 15% arcilla) con escasa pendiente superficial y un manto de tosca en el subsuelo, a una profundidad que varió entre 1,0 y 1,2 m. La siembra se realizó en el lote 5e de una superficie de 20 ha, el cual se dividió en dos tratamientos norte y sur, el primero fue avena con vicia inoculada y el segundo avena con vicia sin inocular.

La fecha de siembra de la asociación fue el 22 de abril de 2017 en forma convencional, sin el uso de herbicidas para el control de malezas. Al momento de la siembra el suelo se encontraba con humedad en capacidad de campo hasta la tosca.

Las variedades de *Avena sativa* (var. Cristal) y *Vicia villosa* (var. desc.) que se utilizaron fueron las recomendadas para la zona, en cuanto a la leguminosa se inoculó 2 horas antes de efectuada la siembra con *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae*, en un formulado comercial "Nitromax".

La densidad de siembra fue 30 kg/ha de avena y 10 kg/ha de vicia. Se incorporó fósforo a la siembra como fosfato diamónico (FDA) a razón de 50 kg/ha.

El muestreo de las plantas se realizó con estaciones ubicadas totalmente al azar en los dos tratamientos, resultando un n=13 para la primera fecha de muestreo, n=12 para la segunda fecha y n=10 para la última fecha de muestreo. Por razones de tiempo de procesamiento y deterioro de las muestras se fue disminuyendo el número de las mismas por cada fecha de muestreo. Las fechas de corte fueron: 24 de agosto, 29 de septiembre y 27 de octubre de 2017.

Los estados fenológicos en cada uno de los cortes fueron: el primero en prefloración, el segundo en plena floración y el tercero en llenado de grano, con presencia de vainas verdes.

En cada muestra se recolectó una planta de vicia separando la parte aérea de la parte radical. La raíz se sometió a un lavado previo, recuento de nódulos, observación de su ubicación (raíz primaria y secundarias) y su efectividad (color rojizo característico). Luego se colocaron en estufa de circulación forzada a 60°C hasta peso constante tanto de la parte aérea como radical. Para verificar la actividad simbiótica, se observaron las raíces y se evaluó la coloración de los nódulos por dentro (Vanzolini y Galantini, 2013).

La raíz se muestreó con un cilindro o saca-bocado de 15 cm de profundidad por 6 cm de diámetro (volumen = 424 cm³) en el primer muestreo cuando las plantas eran pequeñas. Luego, a medida que la planta avanzó en su crecimiento se usó otro cilindro de volumen de 30 cm de profundidad por 8 cm de diámetro (volumen = 1.508 cm³). Cabe destacar que la determinación de la biomasa radical se estimó en un volumen de suelo, por lo que se pudo haber dejado de lado raíces de la propia planta que excedieran el cilindro o haber incluido raíces de plantas lindantes.

Se determinó el contenido de nitrógeno de cada uno de sus componentes mediante el procedimiento semimicro Kjeldahl, moliendo las muestras previamente con un molinillo tipo Wiley con malla de 1 mm. La proteína bruta se determinó con el coeficiente: $PB=N \times 6,25$.

El análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó por medio de un ANAVA simple. La separación de medias fue por medio del test de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

Las precipitaciones correspondientes al año 2017 fueron mayores a la media histórica (1977-2017) en la mayoría de los meses, salvo en enero, octubre y diciembre. Esto nos indica que fue un año favorable para el desarrollo del cultivo.

En cuanto a la temperatura media mensual se observó que la mayoría de los meses del año 2017 fue levemente superior a la media histórica. La temperatura media del año 2017 fue de 16,1°C, mientras que media histórica de 15,6°C (Cuadro 2). Particularmente, los meses de invierno fueron superiores a lo normal en cuanto a precipitaciones y temperaturas, mientras que en la primavera las precipitaciones fueron normales y la temperatura inferior a lo normal.

Cuadro 2. Precipitación mensual y temperatura media mensual en el año 2017.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	AÑO
	mm mes ⁻¹												
Precip. 2017	71,7	93,3	320,7	165,7	103,7	69,3	27,9	25,9	92,9	34,9	88,3	56,5	1150
Precip. Media (1975-2017)	87,0	84,8	96,2	64,6	33,5	16,4	19,6	26,1	46,3	81,3	84,8	95,7	740
Temperatura media 2017	24,8	23,7	19,9	15,3	11,9	9,2	9,8	10,7	12,3	15,0	17,7	22,4	16,1
Media Histórica (1977-2017)	23,4	22,2	19,7	15,4	11,5	8,3	7,8	9,9	12,4	15,8	19,2	22,2	15,6

Fuente: Datos suministrados por la Cátedra Agrometeorología.

1-Nodulación:

En relación a la eficiencia simbiótica hay que considerar la ubicación de los nódulos en la raíz, ya que los nódulos implantados en la raíz primaria, cercanos al cuello de la planta, tienen actividad nitrogenasa varias veces superior a los de las raíces secundarias o terciarias, posiblemente como consecuencia de un mayor suministro de fotoasimilados (Racca y Collino, 2006).

El número de nódulos totales de la raíz principal disminuyó a medida que avanzó el ciclo ontogénico del cultivo, sin observarse una diferencia significativa entre los tratamientos con y sin inoculante. Se observó una diferencia significativa entre el número de nódulos totales de la primera a la última fecha de muestreo, siendo la desaparición de los mismos del 54,5%.

Los nódulos activos en la raíz principal en la última fecha de muestreo (27 de octubre) mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, existiendo menor número de nódulos efectivos en el tratamiento sin inocular (mostrando una senescencia del 95.2%). Van de Velde et al. (2006) propusieron que el retraso del proceso de senescencia de los nódulos, podría tener un efecto benéfico sobre el rendimiento y la calidad de la semilla. Sin duda, esto tendría un impacto favorable en la actividad agrícola, debido a que disminuiría el uso de fertilizante nitrogenado, pero aún no se conoce bien el proceso de senescencia nodular (Fernández-Luqueño y Espinosa-Victoria, 2008).

El mejoramiento de plantas y bacterias con mayor resistencia a estrés ambiental puede ser de interés para incrementar el beneficio de la eficiencia de la fijación biológica de nitrógeno en sistemas agropecuarios (Zurbriggen et al., 2008).

También se registró un menor número de nódulos efectivos en la última fecha respecto a la primera, siendo la senescencia del 74,3% (Cuadro 3). Este comportamiento de retraso en la senescencia, no tendría ningún efecto sobre otras características de las plantas como crecimiento, fructificación o producción de semillas, a pesar del alto costo energético que conlleva mantener la actividad de la enzima nitrogenasa (Quiñones et al., 2011). A pesar de la ventaja de contar con un mayor aporte de nitrógeno combinado, tampoco supone ninguna ventaja en cuanto a producción de biomasa (Quiñones et al., 2011). Estos últimos autores no coinciden con Van de Velde et al. (2006) y Fernández-Luqueño y Espinosa-Victoria (2008), pero el efecto benéfico podría verse reflejado en el cultivo siguiente en la rotación.

Este comportamiento en la raíz principal indicaría una buena sobrevida y efectividad de la cepa inoculada, pero para ello hubiera sido necesario el aislamiento de las cepas.

Cuadro 3. Número de nódulos totales y activos en la raíz principal.

Tratamientos	Nódulos Totales de la raíz Principal			Nódulos Activos de la raíz Principal		
	24 de ago.	29 de sept.	27 de oct.	24 de ago.	29 de sept.	27 de oct.
Con	12,38 a		8,50 a	9,83 a		5,10 a
Sin	17,54 a		5,10 a	12,38 a		0,60 b
Media	14,96 a		6,80 b	11,11 a		2,85 b
CME	106,2		39,5	79,4		13,7

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$). Se compara primero con y sin inoculante y luego entre las medias de las distintas fechas de muestreo.

El número de nódulos totales de las raíces secundarias mostró un efecto inverso a lo observado en la raíz primaria (Cuadro 3). El aumento de los mismos entre la primera y la última fecha de muestreo fue de 3,19 veces. No se registraron diferencias significativas entre los tratamientos de inoculación (Cuadro 4). En lo que respecta a los nódulos efectivos de las raíces secundarias, hubo diferencias significativas entre ambos tratamientos, siendo favorable

para el tratamiento inoculado. Hubo un aumento significativo en el número de nódulos efectivos de las raíces secundarias entre la primera y la última fecha de muestreo, siendo este aumento de 2,29 veces.

La nodulación en la raíz principal y secundarias puede deberse a la cepa agregada como inoculante, tal como lo describieron Gómez Lohigorry y Miller Díaz (2013), si bien hay información que no adjudica infección en las raíces secundarias a las cepas agregadas con la semilla (Fontagro, 2009).

Se puede observar un mayor efecto de infestación de las raíces secundarias que podrían atribuirse a la movilidad de la cepa agregada al suelo y luego efectividad de las mismas tal como lo propusiera Covelli (2013), aunque para afirmarlo habría que haber identificado las cepas.

Resumiendo, la información recolectada en las raíces principales y secundarias se puede ver un efecto positivo en cuanto a la cantidad como a la efectividad de los nódulos de ambas raíces, aunque hay que destacar la efectividad de la raíz principal en donde los nódulos son más productivos.

Cuadro 4. Número de nódulos totales y activos en las raíces secundarias.

Tratamientos	Nódulos totales de raíces secundarias			Nódulos activos de raíces secundarias		
	24 de ago.	29 de sept.	27 de oct.	24 de ago.	29 de sept.	27 de oct.
Con	13,08 a	-	53,50 a	12,75 a	-	42,90 a
Sin	14,92 a	-	35,90 a	11,62 a	-	12,90 b
Media	14,00 a	-	44,77 b	12,18 a	-	27,90 b
CME	64,1	-	1283,6	70,7	-	900,9

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Se compara primero con y sin inoculante y luego entre las medias de las distintas fechas de muestreo.

2-Materia seca:

La Materia Seca Aérea (MSA) fue aumentando a medida que el ciclo ontogénico del cultivo avanzó, gracias a las buenas condiciones para el crecimiento del cultivo, principalmente referidas a las precipitaciones (Cuadro 2). La MSA del primer y del último muestreo no mostró diferencias significativas entre tratamientos. En la segunda fecha de muestreo la MSA fue significativamente mayor en el tratamiento con aplicación de inoculante. Mientras algunos estudios mostraron que la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* puede mejorar la productividad de *Vicia Villosa* (Chemining'wa y Vessey 2006; Toro 1996), otros han reportado carencia de respuesta a la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* (Ballard et al. 2004).

Se observaron diferencias significativas entre la MSA media de las diferentes fechas de muestreo, aumentando a medida que avanzó el ciclo del cultivo debido a un mayor destino de los carbohidratos hacia la parte aérea.

En relación a la Materia Seca Radical (MSR en g/dm³) no se hallaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos, así como tampoco en las distintas fechas de muestreo.

Comparando la MSA con la MSR se construyó una relación (MS aérea/radical), no encontrándose con esta variable diferencias significativas entre los distintos tratamientos; pero sí en lo que respecta a las distintas fechas de muestreo, aumentando está a medida que progresó el ciclo ontogénico del cultivo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Materia Seca Aérea (g/planta), Materia Seca Radical (g/dm³ de suelo) y la Relación MS Aérea/Radical.

Tratamiento	Materia Seca Aérea (g/planta)			Materia Seca Radical (g/dm ³ de suelo)			Relación Aéreo/ Radical		
	24 de ago.	29 de sep.	27 de oct.	24 de ago.	29 de sep.	27 de oct.	24 de ago.	29 de sep.	27 de oct.
Con	3,81 a	14,96 a	25,72 a	1,01 a	0,84 a	0,76 a	4,25 a	21,09 a	35,56 a
Sin	4,38 a	10,15 b	27,14 a	0,97 a	0,75 a	1,02 a	4,65 a	16,51 a	26,58 a
Media	4,10 a	12,55 b	26,43 c	0,99 a	0,80 a	0,89 a	4,46 a	18,80 b	31,07 c
CME	4,07	30,64	257,08	0,20	0,13	0,15	4,59	160,30	142,08

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$). Se compara primero con y sin inoculante y luego entre las medias de las distintas fechas de muestreo.

3-Proteína bruta:

La calidad del forraje producido por la vicia se puede valorar a través de su contenido de proteína bruta. En comparación con otras leguminosas anuales, la vicia tiene un mayor contenido de proteína bruta en el forraje y a menudo sobrepasa el 20% (Vasiljević et al., 2009).

Se pudo observar un efecto de dilución del nitrógeno a medida que avanzó el ciclo del cultivo dado por un aumento del contenido de carbono en la biomasa. En los componentes aéreos no hubo diferencia entre ambos tratamientos, salvo en la fecha correspondiente al mes de septiembre, en la cual el tratamiento sin inocular dio un mayor porcentaje de proteína bruta. Esto puede deberse a una menor acumulación de biomasa (Cuadro 5) o a error experimental ya que por cuestiones de costo no se pudieron hacer repeticiones y se trabajó con una muestra compuesta por todas las repeticiones. En ambos tratamientos, se observó una tendencia a ir disminuyendo el porcentaje de proteína bruta a medida que avanzó el ciclo del cultivo (Figura 1). Esto fue semejante a los resultados encontrados por Marinissen y Orionti (2011) en el INTA Ascasubi, quienes muestrearon en tres fechas; 1 de septiembre, 1 de octubre y 31 de octubre, fechas de corte semejante al estudio realizado aquí (Cuadro 5).

En cuanto a la componente radical se observó una tendencia a mantener el porcentaje de proteína independientemente del tratamiento realizado.

En lo que corresponde al Porcentaje Proteína Bruta (%) en *Vicia villosa*, se aceptan valores de $23,9 \pm 4,3$ para forraje y de $10,6 \pm 0,4$ para heno. (Heuzé et al. 2012). Por lo que se puede establecer para esta situación que el período adecuado para consumo como forraje sería entre los meses de agosto hasta inicios de octubre.

Para la confección de heno esta podría realizarse en cualquiera de las fechas de corte evaluadas siempre y cuando el contenido de materia seca sea mayor al 80%.

La cantidad en valores absolutos de todo el N fijado o absorbido del suelo por la planta fue destinada en su mayoría a la parte aérea con respecto a la quedó en la raíz. En el Cuadro 6 se puede observar que el 85,4; 95,9 y 97,0% del N total absorbido por la planta fue destinado a la parte aérea.

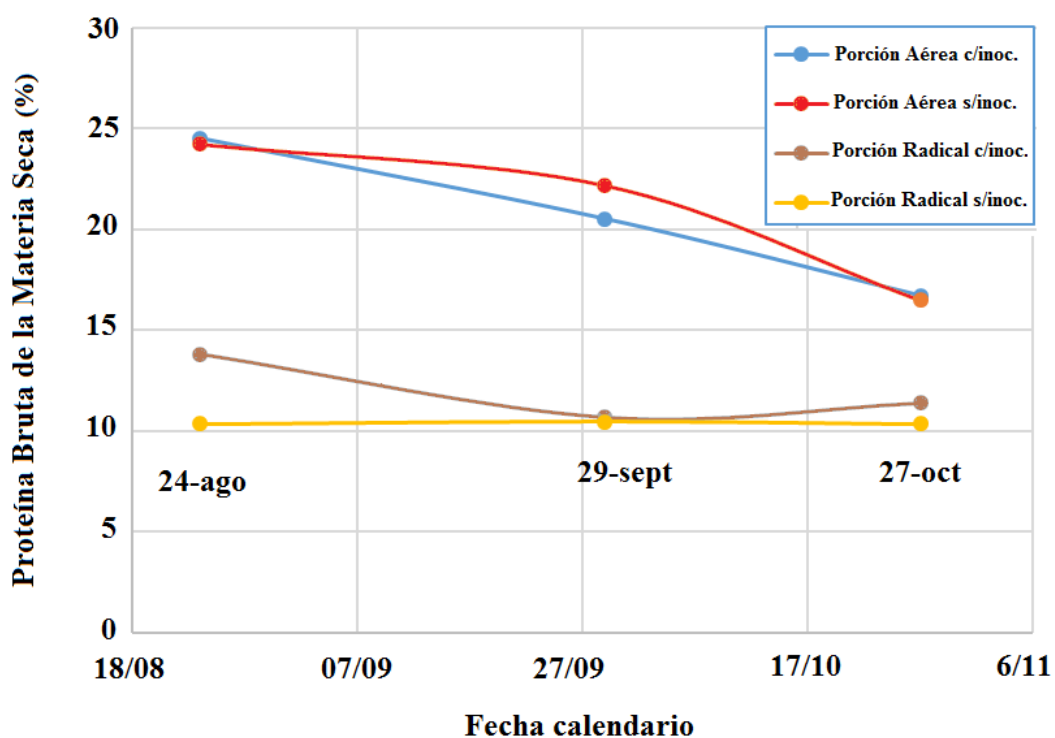


Figura 1. Evolución del porcentaje de Proteína Bruta de la Materia Seca en función al Tiempo.

Cuadro 6. Contenido promedio de N en la Materia Seca Aérea (g/planta) y la Materia Seca Radical (g/planta*)

Tratamiento	Materia Seca Aérea			Materia Seca Radical		
	24 de ago.	29 de sep.	27 de oct.	24 de ago.	29 de sep.	27 de oct.
% de N	3,9	3,5	2,7	1,9	1,6	1,7
g de N/planta	16,0	44,2	71,9	2,7*	1,9*	2,2*
% del N total	85,4	95,9	97,0	14,6	4,1	3,0

*Estimado, porque pueden haberse subestimado las raíces al quedar afuera del cilindro de muestreo y sobrestimado por aquellas que pueden haberse incorporado de plantas vecinas.

CONCLUSIONES

La producción de la biomasa aérea y radical no aumentó con el agregado de inoculante. El agregado del mismo no contribuyó a aumentar el número de nódulos en la raíz primaria a medida que avanzó el ciclo del cultivo. En cambio en las raíces secundarias la infectividad fue aumentando con el paso del tiempo. Por lo que se pudieron observar diferencias en el número de nódulos en las distintas fechas de muestreo.

La efectividad de los nódulos a medida que se avanzó en la fecha de muestreo del cultivo fue mayor en el tratamiento inoculado.

La calidad del forraje en lo que respecta a proteína bruta no tuvo respuesta al inoculante.

AGRADECIMIENTOS

Queremos manifestar nuestro agradecimiento a la Cátedra de Cereales y Oleaginosas por su gran predisposición y continuo apoyo para llevar adelante la publicación de nuestro Trabajo Final de Graduación.

Se agradece también a las Cátedras de Agrometeorología y Microbiología Agrícola por el suministro de información, la cual fue de gran valor.

A las integrantes de departamento de alumnos por su inmensa predisposición en el asesoramiento acerca de la realización del correspondiente trabajo.

Se agradece al Ingeniero Agrónomo Gonzalo Adler por el aporte del libro Vicias: Bases agronómicas para el manejo en la Región Pampeana, el cual resultó de gran ayuda para la realización de nuestro trabajo.

Por último, agradecemos el apoyo incondicional de nuestros familiares y amigos ya que sin ellos no habríamos alcanzado esta meta.

BIBLIOGRAFIA

- Ahlgren, G.H. 1945. Forage Crops. Prentice Hall Inc N. Y. 536 pág.
- Allison, F.E. 1966. The fate of nitrogen applied to soils. Adv. Agron. 18:219-258.
- Alvayrak, S., M. Guler y M.O. Tongel. 2004. Effects of seed rates on forage production and hay quality of vetch-triticale mixtures. Asian J. Plant Sci. 3:752-756.
- Baigorria, T., D. Gómez, C. Cazorla, A. Lardone, M. Bojanich, B. Aimetta y A. Canale. 2012. Bases para el manejo de vicia como antecesor al cultivo de maíz. Arg. INTA. Recuperado de http://inta.gob.ar/documentos/bases-para-el-manejode-vicia-como-antecesor-del-cultivo-demaiz/at_multi_download/file/INTA. 12 pág.
- Ballard, R.A., N. Charman, A. McInnes y J.A. Davidson. 2004. Size, symbiotic effectiveness and genetic diversity of field pea rhizobia (*Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*) populations in South Australian soils. Soil Biol. Biochem. 36:1347–1355. doi:10.1016/j.soilbio.2004.04.016.
- Bono, A., J.C. Montoya, L. Lescano y F.J. Babinec. 1997. Fertilización del trigo con nitrógeno y fósforo en la región semiárida pampeana. Publ. Téc. Nº 47. EEA INTA Anguil. 21 pág.
- Carfagno, P. 2008. Cultivos de Cobertura en Agricultura de Secano en Región Pampeana. Instituto de suelos, INTA Castelar. <http://www.insuelos.org.ar/Informes/CultivosSecano.pdf> Verificado 30/05/11.
- Chemining'wa, G.N., y Vessey J.K. 2006. The abundance and efficacy of *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* in cultivated soils of the eastern Canadian prairie. Soil Biol. Biochem. 38:294–302. doi:10.1016/j.soilbio.2005.05.007.

- Clark, A. (ed.) 2007. Managing cover crops profitably. 3rd Ed. National SARE Outreach Handbook Series Book 9. National Agricultural Laboratory, Beltsville, MD.
- Celen, E.A., Cimrin, M., K., Sahar, K. 2005. The herbage yield and nutrient contents of some vetch (*Vicia* spp.) species. J. Agron. 4:10-13.
- Covelli, J.M. 2013. Biofertilización con *Bradyrhizobium japonicum* para la agricultura sustentable. Aspectos fisiológicos del problema de la competencia para la nodulación. Tesis Doctoral UNLP. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/27577/Documento_completo.pdf?sequence=1. 178 pág.
- Fagioli, M. y Bono, A. 1982. Contenido proteico del grano de trigo. Publ. Téc. N° 22. EEA INTA Anguil. 16 pág.
- Fernández-Luqueño, F. y D. Espinosa-Victoria. 2008. Bioquímica, fisiología y morfología de la senescencia nodular: una revisión crítica. Terra Latinoamericana 26: 133-144.
- FONTAGRO. 2009. Proyecto 787/05. Ampliación de la base genética de leguminosas forrajeras naturalizadas para sistemas pastoriles sustentables; informe de seguimiento técnico en el periodo 2008-2009. New York. 13 p.
- Galmarini 1961. Caracterización climática de la provincia de La Pampa. CAFADE. Publ. Téc. N°13. Buenos Aires, Argentina. 59 pág.
- Gómez Lohigorry, P. y M. Miller Díaz. 2013. *Trifolium repens*: evaluación de la competitividad de inoculantes rizobianos vs cepas nativas y técnicas de inoculación. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/123456789/8675/1/3918gom.pdf> 56 pág.

- Gorostegui, J. 1971. Variedades vegetales del INTA. Cultivares creados o introducidos desde 1958. Colección Agropecuaria del INTA N°19. 528 pág.
- GRDC. 2018. Vetch. Grownotes. Grain Research & Development Corporation. Southern Australia. 127 pág.
- Heuzé V., Tran G., Baumont R., 2012. Common vetch (*Vicia sativa*). Feedipedia.org. A programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. <http://www.feedipedia.org/node/239>. Last updated on October 25:11:17.
- INTA-Pcia. La Pampa-UNLPam. 1980. Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa. Clima, geomorfología, suelo y vegetación. Buenos Aires, Arg. 493 pág.
- Kjeldahl, J.G.C. 1883. A new method for the determination of nitrogen in organic matter. Fresenius J. Analytical Chem. 22:366-372.
- Kuusela, E., H. Khalili y P. Nykanen-Kurki. 2004. Fertilization, seed mixtures and supplementary feeding for annual legume-grass-cereal pastures in organic milk production systems. Livestock Production Sci. 85:113-127.
- Nan, Z.B., A.M. Abd El Moneim, A. Larbi y B. Nie. 2006. Productivity of vetches (*Vicia* spp.) under alpine grassland conditions in China. Tropical Grasslands 40:177-182.
- Labarthe, A. y H. Pelta. 1971. Informe de Vicias. Agencia Cooperativa de Extensión Rural-INTA Tornquist. 18 pág.
- Larreguy, O.C. 1982. Catálogo de cultivares creados e introducidos por el INTA de 1970 a 1977. Colección Agropecuarias del INTA N° 21. 195 pág.

- Loewy, T. 1995. Fertilización y proteína en el grano de trigo en el SO bonaerense. EEA INTA Bordenave. Bol. Téc. N° 10. 6 pág.
- Marinissen, J. y S. Oriente. 2011. Efecto del momento de corte sobre el valor nutritivo de *Vicia Sativa* L. y *V. Villosa* Roth. en siembra pura y consociada con Avena sativa. Informe INTA Ascasubi. <https://inta.gob.ar/documentos/efecto-del-momento-de-corte-sobre-el-valor-nutritivo-de-vicia-sativa-l.-y-v.-villosa-roth.-en-siembra-pura-y-consociada-con-avena-sativa>.
- Mutch, L.A. y J.P.W. Young. 2004. Diversity and specificity of *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* on wild and cultivated legumes. *Molecular Ecology* 13:2435–2444.
- Pieters, A.J. 1927. Green manuring. Principles and practice. John Wiley y Sons, New York. 356 pág.
- Qamar, I.A., J.D.H Keatinge, N. Mohammad, N. Alí y M.A. Khan. 1999. Introduction and management of vetch/barley forage mixtures in the rainfed areas of Pakistan. 1. Forage yield. *Aust. J. Agric. Res.* 50:1-9.
- Quiñones, M.A., T. Coba de la Peña, B. Ruiz-Díez, C.R. Ochoa-Hueso, V.S. García de la Torre, I. Cordero, F. Nonnoi, M.R. de Felipe, A. Rincón, E. Manrique, M. Fernández-Pascual, M.M. Lucas, J. Herrera-Cervera y J.J. Pueyo. 2011. Estrategias para mejorar la tolerancia a estreses abióticos de la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa. En: Fundamentos y aplicaciones agroambientales de las interacciones beneficiosas plantas-microorganismos. Cap. 8. Pág. 111-125.
- Quiroga, A., R. Fernández, D. Funaro y N. Peinemann. 2008. Materia orgánica en Molisoles de la región semiárida pampeana. Influencia sobre propiedades físicas y

- productividad. P 97-116. En: “Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de la Argentina”. Ed. J.A. Galantini. Editorial Universidad Nacional del Sur.
- Racca, R.W. y D.J. Collino. 2006. Bases fisiológicas para el manejo de la fijación biológica del nitrógeno en soja. En: Curso internacional de producción de bio-fertilizantes desde el laboratorio hasta la aplicación en Campo. Memorias. Bogotá, Colombia, Univ. Nac. s.p.
 - Recarte, D. 2012. Caracterización morfológica y productiva de *Vicia villosa* subsp. *villosa* y *V. villosa* subsp. *dasycarpa*. Trabajo de Intensificación UNS-DA. 33 pág.
 - Renzi, J.P. 2008. Cobertura y producción de biomasa de cultivares y poblaciones de *Vicia* spp. *Rev. Arg. Prod. Animal* 28:411-412.
 - Renzi, J.P. 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 *V. sativa* Roth., bajo riego. Tesis de Mag. en Cs Agrarias, Dto. Agronomía, UNS, Ba.Blanca, Arg. 125 pág.
 - Renzi, J., J. Marinissen, S. Oriente y M. Cantamutto. 2009. Valor Nutritivo de *Vicia* spp. En siembra pura y en mezcla con *Avena Sativa* L. *Rev. Arg. Prod. Animal* 29:482-483.
 - Renzi, J.P., O. Reinoso, S. Varela, F. García y M.A. Cantamutto. 2011. Distribución y destinos del cultivo de *Vicia* ssp. en la Región Pampeana. *Rev. Análisis de semillas.* 18:40-42.
 - Sartaj, K., H. Ashiq y M. Din. 2003. Potential productivity of barley, oats, triticale and vetch cultivars as forage crops. *Sarhad J. Agric.* 19: 511-514.

- Seymour, M., K. Siddique, I. Pritchard, N. Brandon, G. Riethmuller y L. Latham. 2003. Common vetch production technology. Dep.Agric., South Perth, Aust. Bull N° 4578, 38 pág.
- Soil Survey Staff. 2014. Claves para la Taxonomía de Suelos. Cap. 12: Molisoles. Dpto. Agric. de USA- Serv. Conservación Rec. Nat. (12nd ed.), USDA, 400 pág.
- Toro, N. 1996. Nodulation competitiveness in the Rhizobium legume symbiosis. World J. Microbiol. Biotechnol. 12:157-162.
- Turk, M.A., A.R.M. Tawaha y N. Samara. 2003. Effects of seeding rate and date and phosphorus application on growth and yield of narbon vetch (*Vicia narbonensis*). Agronomie 23: 355-358.
- Van de Velde, W., J.C.P., Guerra, A. de Keyser, R. de Rycke, S. Rombauts, N. Maunoury, P. Mergaert, E. Kondorosi, M. Holsters, y S. Goormachtig. 2006. Aging in legume symbiosis. A molecular view on nodule senescence in *Medicago truncatula*. Plant Physiol. 141: 711-720.
- Vasiljević, S., D. Milić y A. Mikić. 2009. Chemical attributes and quality improvement of forage legumes. Biotech. Animal Husbandry, 25:493–504.
- Vanzolini, J.I., J. Galantini, R. Agamennoni. y O. Reinoso. 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, Comisión Química de Suelos. AACCS. Bahía Blanca, Bs.As. Agosto 2009. 2 pág.
- Vanzolini, J.I.y J. Galantini. 2013. Cultivos de Cobertura. En: Cap. 10, Vicias: Bases Agronómicas para el Manejo en la Región Pampeana. Ed. Renzi, J.P. 233-250 pág.

- Vergara, G.T. y G.A. Casagrande. 2012. Estadísticas agroclimáticas de la Facultad de Agronomía, Santa Rosa, La Pampa, Argentina. Rev. Fac. Agron. (UNLPam) 22:1-78.
- White, P., M. Harries, M. Seymour y P. Burgess. 2005. Producing pulses in the Northern Agricultural Region. Dep. Agric. Gov. Western Aust.. Bull. 4656. 132 pág.
- Zurbriggen, M.D.; V.B. Tognetti; M.F. Fillat; M.R. Hajirezaei; E.M. Valle y N. Carrillo. 2008. Combating stress with flavodoxin: a promising route for crop improvement. Trends Biotechnol, 26:531-537.