



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

**PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FORRAJE Y SEMILLA
EN UN PASTIZAL DEL ECOTONO CALDENAL-
MONTE OCCIDENTAL FERTILIZADO CON
NITRÓGENO**

SEBASTIÁN PABLO CAMPOS

Director: MSc. Edgardo Osvaldo ADEMA

Co-director: Dr. Ernesto Francisco MORICI

TESINA DE GRADO
Para obtener el título de
Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente

Noviembre de 2008

ÍNDICE

ÍNDICE	2
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS	3
AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN	6
SUMMARY	7
INTRODUCCIÓN	8
Problema científico, hipótesis y objetivos	11
MATERIALES Y MÉTODOS	12
Área de estudio	12
Características de las especies evaluadas	14
Metodología	16
RESULTADOS	20
Densidad	20
Fitomasa acumulada	21
Planta tipo	24
Calidad de forraje	26
Producción y calidad de semillas	28
DISCUSIÓN	44
Producción y calidad de forraje	44
Producción y calidad de semillas	48
CONCLUSIONES	53
CONSIDERACIONES FINALES	54
BIBLIOGRAFÍA	55

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1	Precipitaciones mensuales (mm) del año 2007 y promedio mensual del periodo 1961-2007 registrados en el área de estudio.	13
Cuadro 2	Características físico-químicas del suelo en el área de estudio.	14
Cuadro 3	Densidad promedio (plantas m ⁻²) por especie, tratamiento y fecha de muestreo.	20
Cuadro 4	Densidad promedio (plantas m ⁻²) de las tres especies evaluadas por tratamiento.	21
Cuadro 5	Fitomasa acumulada promedio (kg MS ha ⁻¹) del pastizal natural para cada tratamiento y fecha de muestreo.	22
Cuadro 6	Fitomasa acumulada promedio (kg MS ha ⁻¹) por tratamiento y fecha de muestreo, según las especies.	23
Cuadro 7	Fitomasa acumulada promedio (gMS) de la planta tipo por tratamiento y fecha de muestreo.	25
Cuadro 8	Contenido de proteína promedio (% de proteína) en forraje del pastizal natural por tratamiento y fecha de muestreo.	27
Cuadro 9	Contenido de proteína promedio (% de proteína) en forraje por tratamiento y fecha de muestreo.	27
Cuadro 10	Proporción promedio de sexos de <i>Poa ligularis</i> por tratamiento.	29
Cuadro 11	Porcentaje de germinación de semillas de <i>Poa ligularis</i> por tratamiento. A: semillas con glumas; B: semillas sin glumas.	31
Cuadro 12	Peso promedio (g MS.planta) y número de panojas promedio de una planta de <i>Piptochaetium napostaense</i> por tratamiento.	33
Cuadro 13	Porcentaje de germinación de semillas de <i>Piptochaetium napostaense</i> por tratamiento. A: semillas con aristas y antopodios; B: semillas sin aristas y antopodio.	37
Cuadro 14	Peso promedio (g MS.planta) y número de panojas promedios de una planta de <i>Stipa tenuis</i> por tratamiento.	39
Cuadro 15	Porcentaje de germinación de semillas de <i>Stipa tenuis</i> según el tratamiento. A: semillas con aristas y antopodios; B: semillas sin aristas y antopodio.	42
Figura 1	Ubicación geográfica del Campo Anexo del INTA en Chacharramendi, La Pampa.	12
Figura 2	Fitomasa acumulada promedio (kg MS ha ⁻¹) del pastizal natural para cada tratamiento y fecha de muestreo.	22
Figura 3	Porcentaje de proteína promedio del pastizal natural según el tratamiento y la fecha de corte.	26
Figura 4	Número de panojas de una planta: promedio (Pta prom); masculina (Pta masc) y femenina (Pta fem) de <i>Poa ligularis</i> , por tratamiento.	29
Figura 5	Peso promedio (g) de mil semillas de <i>Poa ligularis</i> por tratamiento. Semillas A: con glumelas; Semillas B: sin glumelas.	30
Figura 6	Número acumulado de semillas germinadas por día de <i>Poa ligularis</i> según el tratamiento. A: semillas con glumas; B: semillas sin glumas.	31
Figura 7	Coficiente de velocidad de germinación de semillas de <i>Poa ligularis</i> por tratamiento. A: semillas con glumas; B: semillas sin glumas.	32
Figura 8	Peso del total de semillas de una planta (g de semillas.planta ⁻¹) de <i>Piptochaetium napostaense</i> según el tratamiento.	34

Figura 9	Peso de mil semillas (g) de <i>Piptochaetium napostaense</i> por tratamiento.	34
Figura 10	Peso promedio de mil semillas (g) y sus correspondientes aristas y antecios, de <i>Piptochaetium napostaense</i> por tratamiento.	35
Figura 11	Número promedio de semillas producidas por una planta de <i>Piptochaetium napostaense</i> según el tratamiento.	36
Figura 12	Número acumulado de semillas germinadas por día de <i>Piptochaetium napostaense</i> por tratamiento. A: semillas con aristas y antopodios; B: semillas sin aristas y antopodio.	37
Figura 13	Coefficiente de velocidad de germinación de semillas de <i>Piptochaetium napostaense</i> por tratamiento. A: semillas con aristas y antopodios; B: semillas sin aristas y antopodio.	38
Figura 14	Peso promedio del total de semillas producidas por una planta (g de semillas.planta ⁻¹) de <i>Stipa tenuis</i> por tratamiento.	39
Figura 15	Peso de mil semillas (g) de <i>Stipa tenuis</i> por tratamiento.	40
Figura 16	Peso promedio de mil semillas (g) y sus correspondientes aristas y antecios, de <i>Stipa tenuis</i> por tratamiento.	40
Figura 17	Número promedio de semillas producido por una planta de <i>Stipa tenuis</i> por tratamiento.	41
Figura 18	Número acumulado de semillas germinadas por día de <i>Stipa tenuis</i> por tratamiento. A: semillas con aristas y antopodios; B: semillas sin aristas y antopodio.	42
Figura 19	Coefficiente de velocidad de semillas de <i>Stipa tenuis</i> por tratamiento. A: semillas con aristas y antopodios; B: semillas sin aristas y antopodio.	43

AGRADECIMIENTOS

A Edgardo Adema por la posibilidad de llevar acabo esta tesis, por brindarme su experiencia y conocimiento que contribuyen a mi formación ética y profesional. A Lucas Butti por su ayuda desinteresada, al personal de los laboratorios, a los ayudantes de campo, al INTA y a toda las personas que colaboraron en la realización de este trabajo.

Agradezco muy especialmente a: Ana y Julio (mis viejos) por la paciencia y el apoyo incondicional, Fabricio y familia, Rosita y familia, Ceci y mis amigos por estar siempre presentes. Nuevamente, GRACIAS.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción y calidad de forraje y semilla de las principales gramíneas mesotérmicas nativas de los pastizales del ecotono Caldenal-Monte Occidenta fertilizadas con nitrógeno en otoño. La experiencia se realizó en Chacharramendi sobre un pastizal de invierno fertilizado en marzo de 2007. El diseño fue en 5 bloques completos al azar y los tratamientos fueron: 25 kg N.ha⁻¹, 50 kg N.ha⁻¹, 75 kg N.ha⁻¹ y testigo. Se evaluaron *Poa ligularis* (Pli), *Stipa tenuis* (Ste) y *Piptochaetium napostaense* (Pna). Mensualmente se determinó densidad de plantas, biomasa acumulada y proteína bruta. La cosecha de semillas se realizó en noviembre y se determinó el peso de mil semillas. La germinación se realizó en invernáculo y se obtuvo el porcentaje de germinación. Los datos se analizaron mediante ANOVA y comparaciones de medias (LSD) a un nivel de significación del 5%. La densidad fue de 40 plantas.m⁻² en los diferentes tratamientos, 17,5; 13,1 y 10,4 plantas.m⁻² de Ste, Pna y Pli, respectivamente. La fitomasa acumulada fue significativamente mayor en los tratamientos fertilizados (2448 kg MS.ha⁻¹) que en el testigo (1869 kg MS.ha⁻¹). La proteína fue mayor en los tratamientos fertilizados (10,6%) que el testigo (6,7%). Las tres especies no mostraron diferencias significativas en el peso de mil semillas ni en el porcentaje de germinación entre tratamientos. La aplicación de fertilizantes nitrogenados en otoño sobre pastizales con predominio de gramíneas mesotérmicas, aumenta la producción y calidad de forraje, sin embargo no hay un efecto claro en la producción y calidad de semilla.

SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the production and quality of both seed and forage under autumn nitrogen fertilization, on a rangeland dominated by mesothermic grasses, located on the "Caldenal-Monte Occidental" ecotone. The study was carried out in Chacharramendi, on a grassland that was fertilized in February 2007. A five complete randomized blocks design was used, and treatments were: 25 kg N.ha⁻¹, 50 kg N.ha⁻¹, 75 kg N.ha⁻¹ and control. *Poa ligularis* (Pli), *Stipa tenuis* (Ste) and *Piptochaetium napostaense* (Pna) were evaluated monthly in terms of plant density, accumulated biomass and raw protein. Seed harvest was carried out in November and dry weight of a thousand seeds was determined. Germination was performed in a greenhouse and percentage of germination was obtained. Data were analyzed through ANOVA and LSD means comparison tests at the 0.05 level. Total density was around 40 plants.m⁻² (17.5, 13.1 and 10.4 of Ste, Pna and Pli, respectively). Accumulated biomass was higher on fertilized treatments (2,448 kg DM.ha⁻¹) than the control (1,869 kg DM.ha⁻¹). None of the species showed differences in seed weight or germination percentage among treatments. Results showed that the application of nitrogen fertilizer on autumn on mesothermic grasslands increases production and quality of forage. However, there seem to be no clear effect on production and quality of seeds.

INTRODUCCIÓN

Las regiones fitogeográficas del Espinal y del Monte Occidental representan aproximadamente dos tercios del territorio de la provincia de La Pampa. La principal actividad económica es la cría extensiva de ganado bovino, ovino y caprino, con los pastizales naturales como principal recurso forrajero (INTA *et al.*, 1980; Cano, 1988). En general, es una zona de baja productividad debido a la escasez de precipitaciones, a la alta evapotranspiración potencial, y al limitado grado de evolución de los suelos, los que tienen bajo contenido de materia orgánica y capacidad de almacenamiento de agua (Frank *et al.* 1998; Adema *et al.*, 2001; Cerqueira *et al.*, 2004).

Las restricciones climáticas y edáficas de la zona limitan la producción de forraje, lo que provoca severas presiones sobre los pastizales para mantener la rentabilidad económica de los sistemas de producción. Sin embargo, la incorporación de insumos y la adopción de tecnologías de manejo permiten optimizar la producción y mejorar la rentabilidad.

La fertilización de pasturas y verdeos incrementa la oferta forrajera por unidad de superficie y tiempo, y consecuentemente la producción animal. Además de mejorar la eficiencia del uso del agua y de la radiación, la velocidad de rebrote, la calidad forrajera, la duración del periodo de utilización, el aporte de nitrógeno por fijación biológica y la recuperación de la fertilidad química, biológica y física del suelo (García *et al.*, 2002).

Por su parte, la incorporación de fertilizantes en el manejo de los pastizales naturales ha sido evaluada en diferentes ambientes, desde el punto de vista de la relación suelo-planta. Una experiencia realizada por Rubio *et al.* (1995) en fertilización con nitrógeno (N) y fósforo (P) aplicado en primavera sobre la respuesta de plantas representativas del pastizal de la Pampa Deprimida mostró un incremento del 80% de la producción de biomasa aérea en plantas del grupo C4, también conocidas como “megatérmicas” (*Sporobolus indicus* y *Setaria geniculata*). Por otro lado, en plantas del grupo C3, o “mesotérmicas” (*Danthonia montevidensis* y *Stipa neesiana*), el efecto de la

fertilización sobre la producción de biomasa aérea no fue significativo ($p < 0,10$). En otro estudio (Fernández Greco, 2001), se evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento invernal de estos pastizales, donde se encontraron incrementos en la tasa de crecimiento hasta tres veces mayor en el pastizal fertilizado, y que la tasa máxima de acumulación de forraje se obtuvo con una dosis de $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N.

En la región semiárida pampeana, Romero *et al.* (2003) evaluaron el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de materia seca (MS) de *Poa ligularis*. La aplicación del fertilizante se realizó en marzo utilizando dos dosis de N (60 y $115 \text{ kg de urea} \cdot \text{ha}^{-1}$). Hubo diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos fertilizados, no así entre los dos niveles de fertilización. Los autores concluyeron que el aumento en producción de MS de *Poa ligularis* resulta interesante ya que se trata de una especie de alto valor forrajero.

Recientemente, Butti *et al.* (2005) determinaron productividad y calidad de las principales especies de gramíneas forrajeras en un pastizal del ecotono Caldenal-Monte Occidental sometido a fertilización nitrogenada y nitrofosforada a principios de otoño. La producción de forraje aumentó con la incorporación de fertilizantes, pero fue limitada por las restricciones hídricas. Sin embargo, el contenido de proteína aumentó con la incorporación de fertilizantes, aún en el ciclo de crecimiento que tuvo escasas precipitaciones. En este trabajo, la máxima eficiencia de uso del fertilizante fue obtenida con la incorporación de $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N, por ser éste macronutriente limitante en el sitio de estudio. Por otro lado, Butti *et al.* (2007) también determinaron el efecto de la fertilización de otoño en la composición de especies mesotérmicas de estos pastizales. La fertilización nitrofosforada en dosis altas modificaría la composición de estas, *Poa ligularis* y *Stipa tenuis* mostraron una asociación positiva con la fertilización combinada de N+P. Por el contrario, *Piptochaetium napostaense* mostró una relación negativa, principalmente en los tratamientos fertilizados solo con N.

Además de los efectos de la fertilización sobre la producción y calidad de los pastizales naturales, se han realizado investigaciones para determinar los

efectos sobre la producción y calidad de semillas. Un estudio realizado con *Phalaris aquatica* var. Sirosa, mostró que la producción de semillas se incrementó con la aplicación de N, pero los rendimientos obtenidos para las distintas dosis N no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) (Lutz *et al.*, 1997). Por su parte, Chaparro y Pueyo (2002) en un estudio realizado con *Dichanthium aristatum* cv. Formoseña INTA, observaron que la cantidad de semillas cosechadas se incrementó con el aumento de los niveles de N aplicado. Sin embargo, el poder germinativo de las semillas cosechadas no fue afectado por los niveles de fertilización. Otro ensayo realizado con *Bromus auleticus* mostró un incremento en la producción de semillas con fertilización nitrogenada, pero no así el poder germinativo (Ruiz y Covas, 2004).

Las gramíneas perennes son plantas dominantes en los ecosistemas áridos y semiáridos del mundo, siendo la reproducción sexual una forma importante para la regeneración de la mayor parte de sus poblaciones (Bisigato *et al.*, 2005). Estas plantas tienen generalmente cortas distancias de dispersión de las semillas y bancos de semillas transitorios, que dan lugar a una firme dependencia de la dinámica a entradas estocásticas de agua (Mayor *et al.*, 2003; Pazos y Bertiller, 2007). Determinar si la aplicación en otoño de nitrógeno produce algún efecto sobre la producción y calidad de semillas de las gramíneas perennes que componen el pastizal permitiría evaluar si dicha práctica afecta la regeneración de los mismos. Esto se debe a que las características intrínsecas de las semillas tales como el tamaño, el número y la morfología, pueden afectar fuertemente la distancia de dispersión, la redistribución, el potencial de entierro y el agotamiento de los bancos de semillas de gramíneas perennes (Paez *et al.*, 2002; Paez *et al.*, 2003; Pazos y Bertiller, 2007).

De acuerdo a los antecedentes antes mencionados, la fertilización nitrogenada de otoño sobre pastizales con predominio de forrajeras mesotérmicas aumentaría la producción y calidad de forraje, lo que permitiría aumentar la producción ganadera. Sin embargo, se desconocen los efectos sobre la producción y calidad de semillas de las principales especies.

Problema científico

La fertilización en los pastizales del ecotono Caldenal – Monte Occidental es una práctica que no se ha adoptado como estrategia de manejo y/o mejoramiento del pastizal debido, entre otras cosas, a la poca información generada en la región.

Hipótesis

La fertilización nitrogenada en otoño de los pastizales con predominio de forrajeras mesotérmicas del ecotono Caldenal-Monte Occidental es viable debido al aumento de la producción y de la calidad, tanto de forraje como de semillas.

Objetivo

Evaluar la producción y calidad de forraje y semilla de las principales gramíneas mesotérmicas nativas de los pastizales del ecotono Caldenal-Monte Occidental fertilizadas con nitrógeno en otoño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Esta investigación se realizó durante el año 2007 en el Campo Anexo de la EEA Anguil “Ing. Agr. Guillermo Covas” del INTA ubicado a 13 km al SW de Chacharramendi (Figura 1), en el sector Oeste del departamento Utracán, Provincia de La Pampa (37° 22,7' S; 65° 48,5' W; 714 msnm).

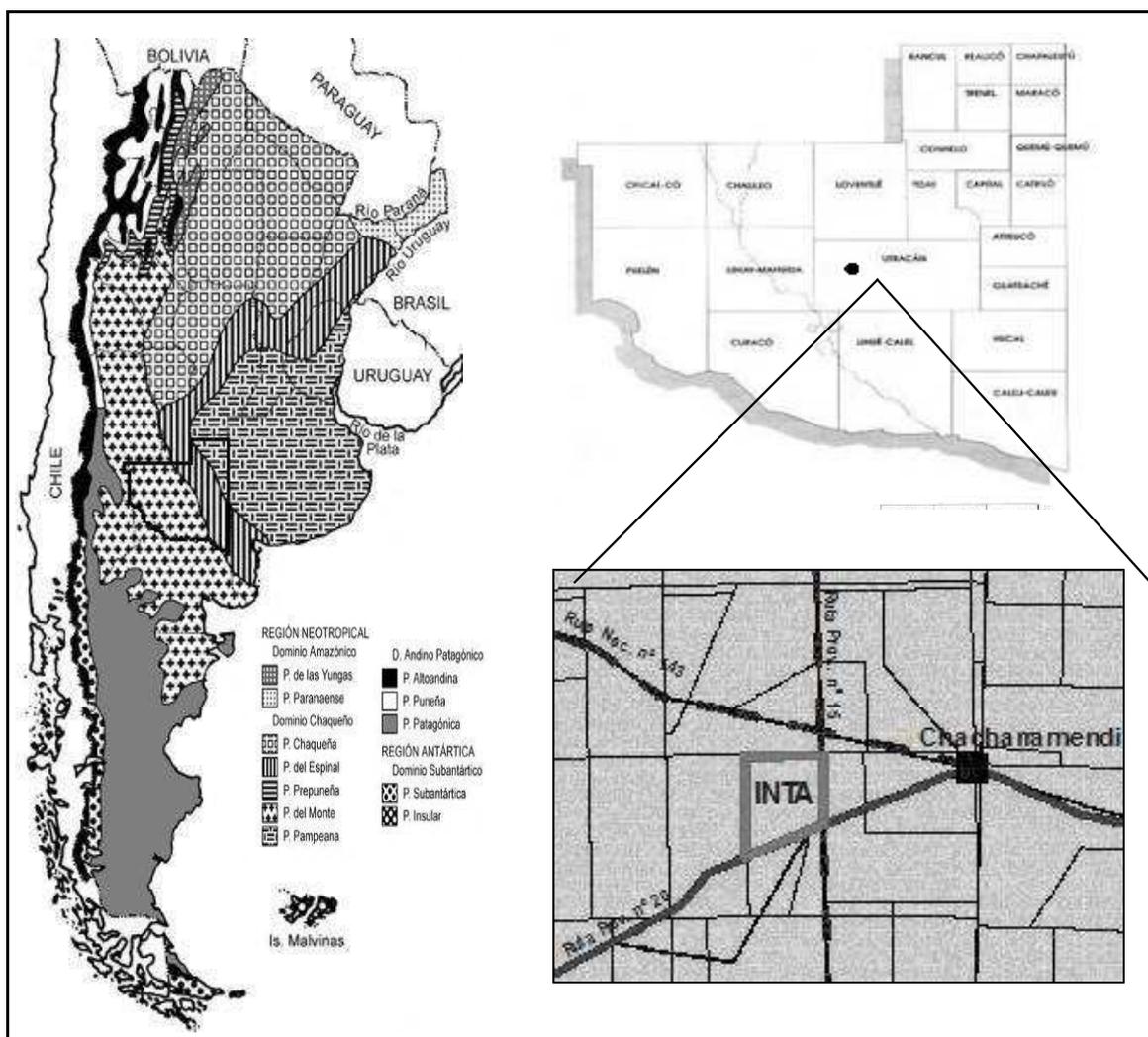


Figura 1. Ubicación geográfica del Campo Anexo del INTA en Chacharramendi, La Pampa.

La zona presenta una marcada continentalidad climática, con días invernales muy cortos (10 horas de luz) y una heliofanía media diaria de 5 horas, mientras que los días de verano (14,5 horas de luz) presentan una

heliofanía media de 9,5 horas. La temperatura media anual es de 15 °C (Enero 24°C y Julio 7,5°C) (Adema *et al.*, 2001).

La precipitación media anual es de 492,2 mm (en el período 1961-2007), con una variabilidad anual del 30,8% y con una distribución estacional primavera-estival (Roberto *et al.*, 1994). En el Cuadro 1 se muestran además, las precipitaciones medias mensuales registradas durante la experiencia en el área de estudio. La evapotranspiración potencial (Thornthwaite) para el periodo 1976-1996 fue de 789 mm y la diferencia hídrica media anual de -297 mm. Si bien el régimen de precipitaciones es primavera-estival, la elevada evapotranspiración que se produce entre los meses de octubre y marzo provoca una marcada deficiencia hídrica, ubicando a esta región bajo un régimen semiárido (Adema *et al.*, 2001).

Cuadro 1. Precipitaciones mensuales (mm) del año 2007 y promedio mensual del periodo 1961-2007 registrados en el área de estudio.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
2007	179,0	50,6	74,4	16,0	0,0	0,0	15,0	0,0	59,0	30,0	70,0	12,0	506,0
Promedio	62,8	55,7	70,0	37,3	18,3	13,0	17,2	17,1	28,3	52,3	57,6	62,5	492,2

El material parental de los suelos está constituido por sedimentos de origen eólico reciente, con carbonatos de calcio pulvulentos, cenizas volcánicas y gravilla. El suelo del área de estudio fue clasificado como Ustortente típico de textura Franco Arenosa (Jacyszyn y Pittaluga, 1977).

De acuerdo a un trabajo realizado en el mismo lugar por Adema *et al.* (2003), el contenido hídrico a capacidad de campo para todo el perfil es de 169 mm y el punto de marchitez medido en laboratorio es de 89 mm. Por lo cual, el agua disponible en condiciones de capacidad de campo es de 80 mm teóricos. Con menores contenidos de agua en el perfil del suelo la vegetación no alcanza la marchitez permanente, de manera que este pastizal puede extraer agua a mayor tensión que -1,5 MPa. La baja disponibilidad de agua para las plantas se debe al reducido porcentaje de las fracciones texturales más finas y al escaso contenido de materia orgánica (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características físico-químicas del suelo en el área de estudio. (Adema *et al.*, 2003).

	Horizontes	
	AC	C _k
Profundidad (cm)	0-12	12-95
Carbono orgánico (g.Kg ⁻¹)	5,9	3,6
Nitrógeno (g.Kg ⁻¹)	0,7	0,5
Fósforo asimilable (mg.Kg ⁻¹)	9,53	1,11
pH en pasta	8,20	8,24
Densidad aparente (g.cm ⁻³)	1,38	1,26
Arcilla (%)	7,4	6,4
Limo (%)	18,7	19,7
Arena (%)	73,9	73,9
Conductividad hidráulica (mm.h ⁻¹)	53,8	79,6

La vegetación presenta la fisonomía de un arbustal perennifolio con árboles aislados y un estrato de gramíneas bajas e intermedias (INTA *et al.*, 1980). El estrato graminoso-herbáceo presenta una comunidad donde predominan las gramíneas invernales (65%) sobre las estivales (13%) y las hierbas (22%) (Adema *et al.*, 2003). Las especies invernales más importantes por densidad y producción de forraje son *Stipa tenuis* Philippi, *Piptochaetium napostaense* Hackel y *Poa ligularis* Nees ex Steud, representando el 60% de todas las gramíneas encontradas en el lugar otras especies que aparecen en el sitio son *Poa lanuginosa* Poirer, *Digitaria californica* Henrard, *Bromus brevis* Nees, *Trichloris crinita* Parodi, *Aristida subulata* Henrard y *Setaria leucopila* Schumann (Cano, 1988; Adema *et al.*, 2004).

Características de las especies evaluadas

La Flechilla fina (*Stipa tenuis* Philippi, Ste) pertenece a la Familia Poácea (gramíneas), Tribu Stipeae Kunth. Es una planta perenne cespitosa, con cañas de 30 a 70 cm de altura; posee hojas con vaina lisa o escabrosas, glabras o pilosas. La lígula es membranácea, obtusa o truncada, con una longitud aproximada de 0,5 a 2 mm, con lóbulos pilosos. Las láminas lineares son semiconduplicadas o convolutadas, de 0,5 a 1,5 mm de ancho, variablemente pilosas. La panoja es laxa y multiflora. La semilla está formada por un antecio fusiforme de 6 a 7,5 mm de longitud, con antopodio punzante de 2 a 3 mm y a

la madurez presenta un color castaño. En la provincia de La Pampa se encuentra en casi todo su territorio, integrando diversas comunidades del Monte, los bosques de Caldén y la Estepa Pampeana. Es una forrajera de buena calidad y alta productividad, apetecida por los herbívoros durante el invierno y la primavera. Por su bajo porte, resiste bien el pastoreo y junto con *Piptochaetium napostaense*, *Poa ligularis* y unos pocos arbustos determina el valor forrajero de los campos naturales del centro y del oeste (Rúgolo de Agrasar *et al.*, 2005).

La Flechilla negra (*Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hackel, Pna) pertenece a la Familia Poácea, Tribu *Stipeae* Kunth. Es una planta perenne cespitosa, que forma matas bajas de 10 - 20 cm de diámetro, con cañas floríferas que en nuestra región alcanzan 40 - 70 cm de altura. Posee hoja con lámina conduplicada, filiforme y glabra. La vaina también es glabra y su lígula es pequeña (0,5 - 1 mm), membranácea, escotada y sin pelos. La panoja es laxa y péndula. El fruto (flechilla), que por su conformación puede ocasionar molestias al animal, es un cariopse fusiforme (0,7 cm de longitud) de color castaño oscuro a negro, finamente estriado longitudinalmente, prolongado en una arista caediza de 7 o más cm de largo, normalmente bigeniculada. En su otro extremo presenta un cuerpo punzante (antopodio) de 0,5 mm, cubierto de pelos castaños. Esta especie es considerada ecológicamente creciente y, desde el punto de vista utilitario, deseable y de alta preferencia animal. Rebrotan o germinan en febrero - marzo, vegetan en invierno y fructifican en noviembre - diciembre. Se la considera especie perenne invernal y, desde el punto de vista utilitario y de manejo, la producción de forraje es otoño - primaveral, con depresión del crecimiento en pleno invierno (Giulietti, 2005).

El Unquillo (*Poa ligularis* Nees ex Steud, Pli) pertenece a la Familia Poácea, Tribu *Poaeae* Adans. Es una planta perenne cespitosa de 15 a 45 cm de altura. Posee hojas con vainas lisas, dilatadas en la base. La lígula muy larga, aguda, de 5 a 10 mm de longitud, generalmente desgarrada. La lámina foliar es conduplicada o convoluta, de 1 a 2 mm de ancho. La panoja es piramidal y laxa, presenta flores unisexuales en plantas dioicas. En las espiguillas femeninas presenta pelos lanosos que en ocasiones también se

pueden observar en las espiguillas masculinas. El cariopsis mide aproximadamente entre 1,5 y 2 mm de longitud. Esta especie es de amplia difusión en el centro de la Argentina. En La Pampa es común en toda la provincia, en campos naturales de buena condición. Excelente forrajera que disminuye con el sobrepastoreo, ha sido incorporada al cultivo (Rúgolo de Agrasar *et al.*, 2005).

Metodología

En el área de estudio se instaló una clausura de 50 x 60 m, en la cual se eliminó la vegetación arbustiva para limitar la interacción de éstas con la respuesta de las forrajeras a los diferentes tratamientos de fertilización. Se cortaron las especies leñosas al ras del suelo y se removieron manualmente del lugar para evitar la remoción del suelo y disturbios en el estrato graminoso-herbáceo de la vegetación.

La fertilización se realizó el 25 de marzo de 2007, tres días después de una lluvia de 25 mm para asegurar la disolución e incorporación del fertilizante en el suelo. Al momento de la fertilización, se cortó la vegetación con el fin de eliminar el forraje producido en la temporada anterior.

El diseño experimental se realizó en 5 bloques completos, con cuatro tratamientos dispuestos al azar. Los tratamientos se fijaron en base a la experiencia realizada anteriormente por Butti *et al.* (2005). Se mantuvo la dosis de 50 kg N.ha⁻¹ con la cual se obtuvo la máxima eficiencia de uso del fertilizante, y a partir de ésta se fijó una dosis de 25 kg N.ha⁻¹, una de 75 kg N.ha⁻¹ y un testigo, sin fertilizar. El fertilizante utilizado fue urea granulada y se aplicó manualmente al voleo.

En cada parcela de 80 m² se delimitaron al azar 8 subparcelas de 1 m² para realizar mensualmente los cortes de vegetación (desde Abril hasta Noviembre), cada subparcela fue evaluada por única vez para medir el crecimiento acumulado de la vegetación. Para medir éste crecimiento se cortaron las plantas al ras del suelo, donde cada especie fue colectada

individualmente por parcela. Además, en cada m² evaluado mensualmente se contó el número de plantas de cada especie (Pli, Ste y Pna) para determinar su densidad (numero de plantas por m²).

El material colectado y separado por especie se secó en estufa a 60 °C con corriente de aire forzado hasta peso constante, se determinó fitomasa total (kg MS.ha⁻¹), peso medio de planta (gMS) de cada especie para determinar “planta tipo” (Butti *et al.*, 2005) y calidad de forraje (proteína bruta, semi-micro Kjeldhal).

Para evaluar calidad y producción de semillas se realizó la cosecha a mano, teniendo en cuenta las características fisiológicas de cada especie y las observaciones previas a campo. En cada parcela se colectó al azar un número determinado de plantas por especie.

En el caso de Pli se recolectaron como máximo 30 plantas por parcela, la cosecha se realizó el 15 de noviembre. Cada planta se cortó al ras del suelo y se colocó por separado en una bolsa de cartón. La cosecha de Ste y Pna se postergó una semana (22 de noviembre), cuando se alcanzó la madurez en la mayoría de las parcelas. Se recolectaron al azar 10 plantas por especie y parcela. Cada planta se cortó al ras del suelo y se colocó por separada en una bolsa de cartón. El material colectado se secó en condiciones naturales en un lugar seco a la sombra y cada especie se procesó por separado.

En Pli se determinó bajo lupa el sexo de cada planta y con ello la proporción de sexos en cada parcela, posteriormente se contó el número de panojas por planta y finalmente se realizó la trilla manualmente. No se determinó producción de semillas por planta debido a que al momento de la cosecha ya había comenzado la dehiscencia natural de las semillas. Para eliminar las glumas pilosas que recubren a los antecios, se utilizó un cajón con una base de goma sobre el cual las semillas fueron friccionadas con un taco también recubierto de goma. Del total de semillas de cada parcela se obtuvieron 100 semillas con glumelas y 100 semillas sin glumelas, a las que se

le determinó el peso seco, expresado como peso de mil semillas en cada grupo.

Para Ste y Pna se realizó el mismo procesamiento de las semillas por tratarse de especies con morfología similar. A cada planta recolectada se la pesó, se contó el número de panojas, se realizó la trilla de forma manual y se determinó el peso total de semillas por planta. Del total de semillas por parcela se recolectaron 200 semillas, 100 semillas con aristas y antopodios y 100 semillas despuntadas manualmente (sin aristas ni antopodios) para determinar el peso seco, expresado también como peso de mil semillas.

La experiencia de germinación de las tres especies se realizó en invernáculo, se utilizaron las 200 semillas por especie y parcela. Se respetó el diseño experimental original (4 tratamientos con 5 repeticiones cada uno). Las semillas se colocaron en bandejas de plástico (una bandeja por parcela y especie); a su vez cada bandeja fue dividida en dos secciones: en una se colocaron las 100 semillas con glumas en el caso de Pli y con aristas y antopodios en el caso de Ste y Pna; en la otra sección se sembraron las 100 semillas sin gluma (Pli) y sin arista ni antopodio (Ste y Pna). Como sustrato se utilizó suelo del sitio de estudio, el cual fue previamente tamizado con malla de 2 mm y colocado durante dos días en estufa a 105°C, con objeto de esterilizarlo. En cada bandeja se colocaron 1.250 g de suelo, a los cuales se le agregaron 80 cm³ de agua, para simular el contenido hídrico a capacidad de campo para esta masa de suelo. El cálculo del volumen de agua se realizó en base al contenido hídrico a capacidad de campo y la densidad aparente determinadas para este suelo por Adema *et al.*, (2003).

Previo a la siembra se dejaron reposar las bandejas durante 24 hs para permitir que se homogenice la humedad en las bandejas y se cubrieron con telas humedecidas para evitar la pérdida de agua por evaporación. Las semillas se sembraron en tandas de 10 bandejas por día. Luego de la siembra, las bandejas se observaron diariamente y se mantuvieron sin restricciones de humedad durante el resto del ensayo.

Las lecturas se realizaron cada 2 días y durante un periodo de 36 días. Se consideró que un antecio había germinado cuando se podía observar la emergencia del coleóptilo, que es una vaina cerrada que encierra la plúmula. El mismo presenta al momento de la germinación, un orificio apical por donde saldrá la plúmula. Según la interpretación más aceptada ésta corresponde a la primera hoja.

Con los datos obtenidos se calculó el porcentaje de germinación (%G), y el coeficiente de velocidad de germinación (Cv) siguiendo la metodología de Scott *et al.* (1984), donde:

$$Cv = 100 \times \left[\frac{\sum N_i}{\sum N_i \times T_i} \right]$$

N_i = Número de semillas germinadas en el i-ésimo día;

T_i = Tiempo en días, para la germinación en el i-ésimo día;

Las variables estudiadas fueron analizadas estadísticamente mediante ANOVA y comparaciones múltiples de medias con la prueba LSD de Fisher, a un nivel de probabilidad del 5% ($p < 0,05$) utilizando el software SAS.

RESULTADOS

1.- Densidad de la vegetación

En el cuadro 3 se presentan los valores de densidad mensuales para cada tratamiento en *Poa ligularis* (Pli), *Piptochaetium napostaense* (Pna) y *Stipa tenuis* (Ste). No se encontraron diferencias en la densidad de plantas entre tratamientos en ninguna de las tres especies, en ninguno de los meses evaluados ($p > 0,05$).

Cuadro 3. Densidad promedio (plantas m²) por especie, tratamiento y fecha de muestreo.

Poa ligularis								
Tratamientos	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Testigo	13,0	14,4	10,4	6,8	8,6	13,8	10,6	9,6
N 25	7,4	12,4	8,8	7,6	11,6	11,8	10,6	13,6
N 50	10,0	8,4	8,6	8,0	7,6	12,8	9,4	6,2
N 75	10,4	9,0	11,2	10,4	11,8	11,4	12,8	12,6
Valor p (bloque)	0,3782	0,9201	0,6907	0,0486	0,7581	0,5631	0,2541	0,9561
Valor p (tratamientos)	0,2638	0,4596	0,7433	0,5714	0,5263	0,9238	0,6837	0,2363
Piptochaetium napostaense								
Tratamientos	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Testigo	12,4	12,6	15,8	16,8	14,8	10,0	19,0 *	10,4
N 25	21,0	9,8	15,4	15,4	11,2	13,4	12,4	9,0
N 50	14,6	11,4	18,6	11,6	13,4	10,4	10,2	6,0
N 75	20,4	16,8	15,6	13,2	14,6	12,4	10,8	7,2
Valor p (bloque)	0,8853	0,8804	0,9549	0,861	0,2162	0,9892	0,3713	0,216
Valor p (tratamientos)	0,3151	0,5678	0,9602	0,7914	0,7481	0,9415	0,1561	0,4379
Stipa tenuis								
Tratamientos	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Testigo	13,4	12,8	10,6	20,2	26,0	22,6	19,4	18,0
N 25	20,0	19,4	15,4	15,2	22,8	16,4	16,4	17,2
N 50	18,8	23,0	16,8	19,8	20,2	16,2	23,0	24,8
N 75	16,4	11,6	14,8	16,2	13,2	16,2	9,8	13,2
Valor p (bloque)	0,0487	0,7984	0,2516	0,6782	0,7525	0,1219	0,4766	0,0708
Valor p (tratamientos)	0,5537	0,1414	0,3069	0,6689	0,1311	0,4317	0,0683	0,1351

* Se eliminó un valor outlayer.

Al determinar la densidad promedio de cada especie por tratamiento (Cuadro 4), se observó que de las tres especies Ste presentó mayor número de plantas.m² en los tratamientos testigo, N25 y N50. En el tratamiento N75 Pna y Ste mostraron un equivalente número de plantas, siendo el menor valor entre

los tratamientos para Ste. En el caso de Pli, en todos los tratamientos se encontró un menor número de plantas que en las restantes especies.

Cuadro 4. Densidad promedio (plantas.m⁻²) de las tres especies evaluadas por tratamiento.

Tratamientos	N° de plantas por m ²		
	Pli	Pna	Ste
Testigo	10,9 a	13,5 a	17,9 a
N25	10,5 a	13,5 a	17,9 a
N50	8,9 a	12,0 a	20,3 a
N75	11,2 a	13,9 a	13,9 b

Referencias: *Poa ligularis* (Pli), *Piptochaetium napostaense* (Pna) y *Stipa tenuis* (Ste). Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas (p<0,05).

2.- Fitomasa acumulada

La respuesta del pastizal natural, es decir, la suma de la fitomasa acumulada de las tres especies evaluadas a la fertilización se puede observar en la Figura 2. En general, los tratamientos fertilizados presentaron mayor forraje acumulado mensual que el testigo (p<0,05).

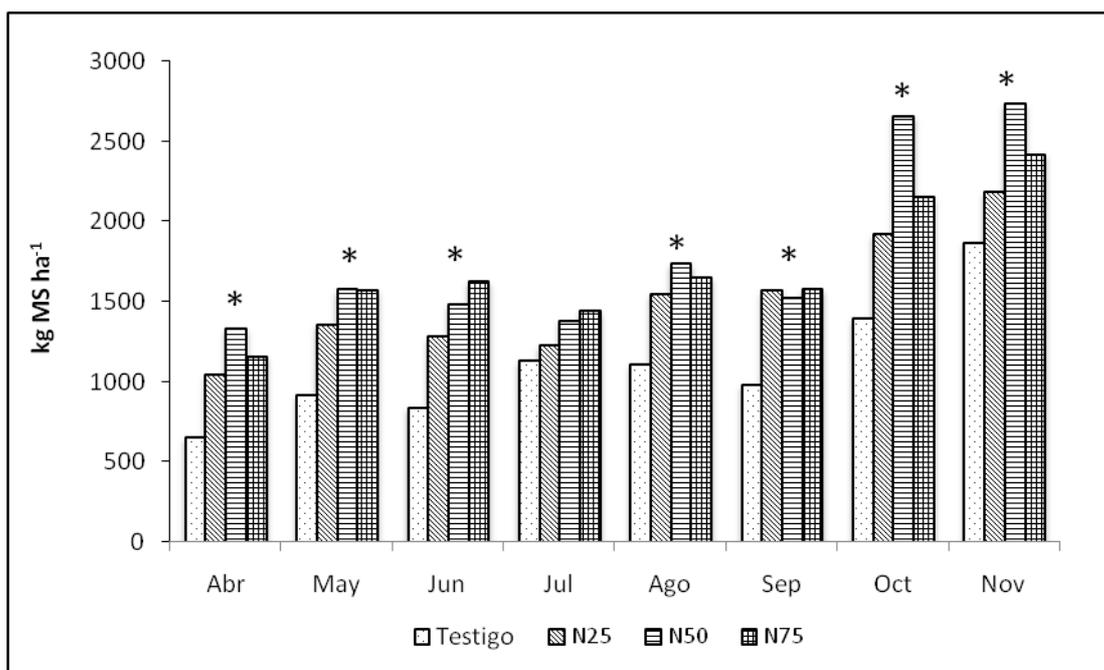


Figura 2. Fitomasa acumulada promedio (kg MS ha⁻¹) del pastizal natural para cada tratamiento y fecha de muestreo. * Indica diferencias significativas entre el testigo y el promedio de los tratamientos fertilizados (p<0,05).

En los meses de mayo, junio, agosto y octubre se observaron diferencias significativas en la fitomasa acumulada del pastizal entre tratamientos, no así en el resto de los meses (Cuadro 5). Entre los tratamientos fertilizados, en los meses de junio y octubre se observaron algunas diferencias significativas. En junio, N75 fue significativamente mayor a N25, pero no se diferenció de N50 (p<0,05). En octubre, N50 fue significativamente mayor a N25, pero no se diferenció de N75 (p>0,05). En el resto de las fechas no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos fertilizados (p>0,05).

Cuadro 5. Fitomasa acumulada promedio (kg MS.ha⁻¹) del pastizal natural para cada tratamiento y fecha de muestreo.

Tratamientos	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Testigo	652,8 a	916 b	838,2 c	1129,2 a	1111,6 b	980,2 a	1396,8 c	1869 a
N 25	1042,2 a	1359,2 a	1280 b	1225,2 a	1548,2 a	1567,8 a	1919,6 bc	2187,4 a
N 50	1332 a	1575,2 a	1484,6 ab	1376,6 a	1735,6 a	1526,4 a	2655,4 a	2736,4 a
N 75	1157 a	1573,4 a	1626,4 a	1439,8 a	1650,4 a	1577,4 a	2154 ab	2420,6 a
Valor p (bloque)	0,1698	0,0776	0,7731	0,3146	0,0081	0,1188	0,0271	0,8859
Valor p (tratam)	0,0735	0,0133	0,0013	0,313	0,0008	0,156	0,0034	0,248

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas (p<0,05).

En general, el pastizal fertilizado produjo mayor forraje acumulado que el testigo en las diferentes fechas de evaluación. Sin embargo, no se observaron diferencias en la producción de forraje entre las tres dosis de nitrógeno aplicadas.

En el Cuadro 6 se muestran los valores de fitomasa acumulada mensualmente para cada especie.

Cuadro 6. Fitomasa acumulada promedio (kg MS ha⁻¹) por tratamiento y fecha de muestreo, según las especies.

<i>Poa ligularis</i>								
Tratamientos	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Testigo	238,0 a	356,6 a	269,4 a	134,4 a	187,8 b	237,6 a	319,2 a	455,8 b
N 25	99,2 a	396,4 a	227,2 a	215,2 a	403,4 ab	412,6 a	543,0 a	618,2 ab
N 50	244,6 a	184,2 a	368,2 a	223,6 a	222,8 b	377,4 a	356,4 a	273,6 b

N 75	353,0 a	458,8 a	503,6 a	425,6 a	601,0 a	445,8 a	825,2 a	1011,8 a
Valor p (bloque)	0,4375	0,8371	0,8062	0,0897	0,2857	0,5594	0,3968	0,7777
Valor p (tratamientos)	0,3443	0,4948	0,4220	0,0616	0,0142	0,5512	0,0768	0,0495

Piptochaetium napostaense

Tratamientos	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Testigo	186,0 a	289,0 a	271,6 a	531,2 a	273,8 a	219,2 a	465,8 a	458,2 a
N 25	391,0 a	237,2 a	408,0 a	541,8 a	293,6 a	514,8 a	394,0 a	488,2 a
N 50	580,6 a	408,0 a	470,2 a	361,8 a	537,2 a	305,4 a	576,2 a	437,8 a
N 75	493,2 a	677,0 a	418,0 a	442,2 a	436,2 a	424,4 a	618,2 a	398,4 a
Valor p (bloque)	0,8389	0,6691	0,8041	0,4414	0,1122	0,8813	0,5381	0,1649
Valor p (tratamientos)	0,4860	0,1038	0,8678	0,7923	0,3990	0,7185	0,7673	0,9860

Stipa tenuis

Tratamientos	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Testigo	228,8 c	270,4 b	297,2 b	463,6 a	650,0 a	523,4 a	611,8 b	955,0 b
N 25	552,0 a	725,6 ab	644,8 a	468,2 a	851,2 a	640,4 a	982,6 b	1081,0 b
N 50	506,8 ab	983,0 a	646,2 a	791,2 a	975,6 a	843,6 a	1722,8 a	2025,0 a
N 75	310,8 bc	437,6 b	704,8 a	572,0 a	613,2 a	707,2 a	710,6 b	1010,4 b
Valor p (bloque)	0,0460	0,8851	0,4305	0,2481	0,6432	0,4315	0,1173	0,1999
Valor p (tratamientos)	0,0267	0,0381	0,0453	0,1655	0,3222	0,6977	0,0015	0,0276

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Las tres especies se comportaron de manera diferente en la producción de forraje acumulado según el tratamiento en el período evaluado. Se observó que, de las tres especies, Ste presentó mayor respuesta a la fertilización, ya que mostró diferencias significativas entre tratamientos. Pna no mostro diferencias entre tratamientos en ninguna de las fechas evaluadas, y en Pli sólo en dos meses se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Por otro lado, no se observó una relación lineal entre la cantidad de forraje acumulado y la fechas de muestreo en las tres especies ($p > 0,05$). Los valores p de los análisis de regresión lineal fueron de 0,10 (Pli), 0,25 (Pna) y 0,06 (Ste).

3.- Planta Tipo

En la Cuadro 7 se presentan los valores de la planta tipo para cada fecha de muestreo. En el caso de Pli se observó, al igual que para el forraje acumulado mensual por tratamiento, mayor producción de forraje en las plantas

del tratamiento N75 que en las del resto de los tratamientos, en todas las fechas. Sin embargo, esta diferencia fue significativa solo en el mes de agosto, mientras que en octubre mostró diferencias con N50 y el testigo, pero no se diferencio de N25 ($p>0,05$).

Por su parte, Pna en general, presentó mayor forraje acumulado en las plantas fertilizadas, pero en solo en octubre se observaron diferencias significativas entre tratamientos. En este mes, N75 fue significativamente mayor al testigo, pero no se diferenció del resto de los tratamientos ($p>0,05$).

Finalmente, Ste mostró diferencias significativas entre tratamientos en abril, mayo y septiembre. En el resto de los meses, si bien no hubo diferencias significativas entre tratamientos, se observó mayor peso de la planta tipo en los tratamientos fertilizados que en el testigo. Entre tratamientos fertilizados, en abril la planta tipo de N25 presentó mayor peso, diferenciándose significativamente de N75, pero no así de N50. En mayo y septiembre no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos fertilizados, pero en general la planta tipo de N50 mostró mayor forraje acumulado.

Cuadro 7. Fitomasa acumulada promedio (gMS) de la planta tipo por tratamiento y fecha de muestreo.

<i>Poa ligularis</i>								
Tratamiento	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Testigo	1,81 a	2,63 a	2,61 a	1,21 a	2,16 b	1,55 a	2,97 b	4,63 a
N 25	1,36 a	2,96 a	2,67 a	3,17 a	3,45 b	3,23 a	5,30 ab	4,71 a
N 50	2,44 a	2,45 a	3,97 a	3,01 a	2,68 b	3,17 a	3,39 b	4,43 a
N 75	2,70 a	4,80 a	4,26 a	3,35 a	5,53 a	3,79 a	6,78 a	7,32 a
Valor p (bloque)	0,4458	0,7467	0,8753	0,0580	0,8436	0,5324	0,0397	0,3984
Valor p (tratamientos)	0,2481	0,3251	0,5184	0,1042	0,0044	0,1272	0,0249	0,2060

<i>Piptochaetium napostaense</i>								
Tratamiento	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Testigo	1,44 a	2,25 a	1,65 a	3,11 a	1,78 a	2,04 a	1,95 b	3,55 a
N 25	1,78 a	2,40 a	2,41 a	3,33 a	2,86 a	3,58 a	3,05 ab	4,60 a
N 50	3,35 a	3,82 a	2,07 a	3,70 a	3,33 a	2,78 a	4,99 a	6,19 a
N 75	2,42 a	5,03 a	2,66 a	2,52 a	3,06 a	2,19 a	5,84 a	5,56 a
Valor p (bloque)	0,5182	0,5534	0,6994	0,0134	0,4356	0,8405	0,7528	0,4834
Valor p (tratamientos)	0,3702	0,1086	0,4718	0,3041	0,3504	0,2231	0,0423	0,1369

Stipa tenuis

Tratamiento	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Testigo	1,52 c	2,12 b	2,84 a	2,22 a	2,49 a	2,32 b	3,19 a	4,92 a
N 25	3,16 a	3,56 ab	3,98 a	3,05 a	4,08 a	3,56 ab	6,32 a	6,52 a
N 50	2,84 ab	4,55 a	4,04 a	4,40 a	4,73 a	5,27 a	7,87 a	8,66 a
N 75	1,79 bc	3,86 a	5,54 a	3,46 a	4,83 a	4,38 a	7,61 a	7,50 a
Valor p (bloque)	0,8281	0,1047	0,4921	0,5891	0,5610	0,6647	0,6119	0,6582
Valor p (tratamientos)	0,0254	0,0263	0,0946	0,0850	0,1051	0,0291	0,1036	0,2228

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Al final del ciclo reproductivo, en noviembre, el forraje acumulado de las tres especies no difirió significativamente ($p > 0,05$), aunque Pna y Ste presentaron mayores valores en las plantas fertilizadas que en el testigo. Además, en Pli el peso de la planta tipo de N75 fue mayor que el peso del resto de los tratamientos.

4.- Calidad de forraje

La calidad de forraje se expresó como el contenido porcentual de proteína bruta. En la Figura 3 se muestran los valores de calidad del pastizal natural combinando las tres especies analizadas, según los diferentes tratamientos. Sin considerar las diferencias entre tratamientos, se observaron mayores valores de calidad en el mes de abril, mientras que en las sucesivas fechas se observó una disminución gradual, hasta los meses de septiembre y octubre, en los que se observó un incremento en la calidad. El incremento en los valores de calidad en estos meses se debería a las precipitaciones registradas en ese periodo (Cuadro 1). Finalmente, en noviembre, el pastizal mostró los menores valores de calidad entre las fechas observadas.

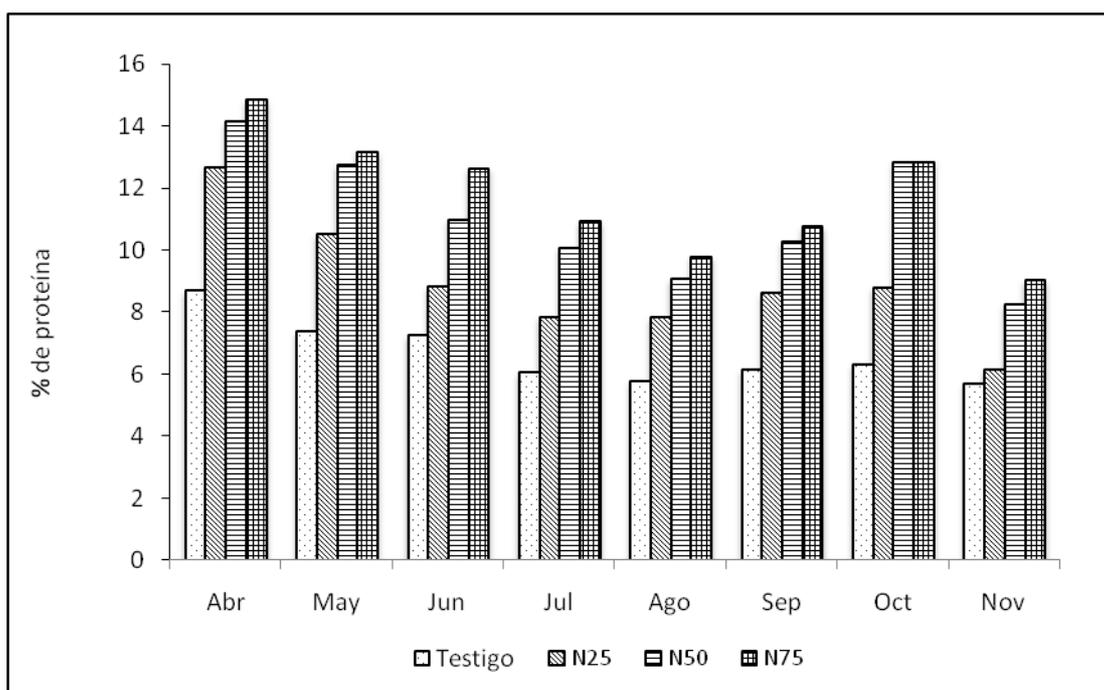


Figura 3. Porcentaje de proteína promedio del pastizal natural según el tratamiento y la fecha de corte.

El promedio ponderado de las tres especies mostró diferencias significativas en calidad entre los tratamientos en todos los meses evaluados (Cuadro 8). Además, entre los tratamientos fertilizados, se manifestó un aumento gradual en la calidad del pastizal con respecto al aumento de la dosis de N en todas las fechas observadas.

Cuadro 8. Contenido de proteína promedio (% de proteína) en forraje del pastizal natural por tratamiento y fecha de muestreo.

Tratamientos	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Testigo	8,68 d	7,37 d	7,24 d	6,04 d	5,79 d	6,14 d	6,31 d	5,70 d
N 25	12,65 c	10,51 c	8,82 c	7,83 c	7,82 c	8,60 c	8,79 c	6,16 c
N 50	14,13 b	12,75 b	10,98 b	10,07 b	9,07 b	10,28 b	12,82 b	8,26 b
N 75	14,84 a	13,16 a	12,63 a	10,91 a	9,78 a	10,75 a	12,84 a	9,02 a
Valor p (bloque)	0,7360	0,8487	0,4753	0,3199	0,6790	0,6586	0,5960	0,7272
Valor p (tratamiento)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Los valores de calidad de cada especie se presentan en el Cuadro 9. Las tres especies mostraron siempre mayor calidad en los tratamientos fertilizados que en el testigo en todas las fechas evaluadas.

Cuadro 9. Contenido de proteína promedio (% de proteína) en forraje por tratamiento y fecha de muestreo.

<i>Poa ligularis</i>								
Tratamientos	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Testigo	8,59 c	6,77 c	6,64 b	5,23 c	4,96 b	5,79 c	5,96 c	5,08 a
N 25	12,15 b	9,76 b	7,96 b	7,28 bc	8,04 a	8,50 b	8,88 b	5,67 a
N 50	13,88 a	11,88 a	9,58 ab	10,20 b	9,42 a	10,21 ab	11,08 a	6,95 a
N 75	14,27 a	12,13 a	12,60 a	10,86 a	9,59 a	10,39 a	11,53 a	8,82 a
Valor p (tratamientos)	<0,0001	0,0042	0,0065	<0,0001	0,0056	0,0052	0,0058	0,0654
<i>Piptochaetium napostaense</i>								
Tratamientos	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Testigo	8,91 c	8,14 c	8,09 c	6,64 c	6,12 c	6,78 c	6,49 c	6,46 a
N 25	12,87 b	11,34 b	8,92 c	8,21 b	7,94 b	8,56 b	9,88 b	6,90 a
N 50	14,06 ab	12,76 a	11,07 b	10,26 a	8,31 b	10,43 a	13,38 a	8,16 a
N 75	15,09 a	13,53 a	13,04 a	10,51 a	10,29 a	11,58 a	13,61 a	8,86 a
Valor p (tratamientos)	0,0025	0,001	0,0028	0,0016	0,0042	0,0058	0,0023	0,1407
<i>Stipa tenuis</i>								
Tratamientos	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Testigo	8,57 c	7,34 c	7,07 c	5,64 c	5,91 a	6,04 c	6,37 b	5,64 a
N 25	12,58 b	10,65 b	9,05 cb	7,68 b	7,67 a	8,70 b	8,28 b	6,11 a
N 50	14,33ab	12,95 a	11,62 ab	9,95 a	9,38 a	10,25 a	13,05 a	8,45 a
N 75	14,94 a	13,62 a	12,41 a	11,25 a	9,62 a	10,54 a	13,57 a	9,34 a
Valor p (tratamientos)	0,002	0,0008	0,0316	0,0055	0,1331	0,0013	0,002	0,0716

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Se observó un efecto significativo de tratamiento ($p < 0,05$) en las tres especies, en casi todos los meses evaluados, a excepción de noviembre, cuando estas especies se encuentran finalizando su ciclo vegetativo. Además,

en agosto Ste fue la única especie que no mostró diferencias significativas en calidad entre los tratamientos ($p>0,05$).

Por su parte, Pna mostró diferencias significativas entre los tratamientos fertilizados y el testigo en la mayoría de los meses observados. En junio, N50 y N75 se diferenciaron del testigo, mientras que en mayo, julio, septiembre y octubre, N75 fue significativamente mayor a N25, pero no mostró diferencias significativas con N50. En abril, N75 presentó mayor calidad que N25, mientras que N50 no mostró diferencias con ninguno. En agosto, N75 fue significativamente mayor al resto de los tratamientos fertilizados, que no mostraron diferencias significativas entre sí ($p>0,05$).

En el caso de Ste la calidad en los tratamientos fertilizados fue significativamente mayor en abril, mayo, julio y septiembre ($p<0,05$). En abril, se observó que N75 mostró diferencias significativas con N25, mientras que N50 no mostró diferencias con ninguno. En mayo, julio y septiembre, N50 y N75 fueron significativamente mayores a N25, pero no mostraron diferencias entre sí. En junio y octubre, N50 y N75 fueron significativamente mayores al testigo, pero no mostraron diferencias significativas entre sí. En junio se observó que, a diferencia de octubre, N50 no se diferenció de N25.

5.- Producción y calidad de semillas

5.1.- *Poa ligularis*

En el caso de Pli no se determinó la producción de semillas debido a que al momento del muestreo, ya había comenzado la dehiscencia natural de las mismas.

Se colectaron al azar un total de 440 plantas (110 de cada tratamiento), se observó una proporción de sexos aproximada de 70% de plantas femeninas y 30% de plantas masculinas. No se observaron diferencias en la proporción de sexos entre los tratamientos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Proporción de sexos promedio de *Poa ligularis* por tratamiento.

Tratamientos	Hembras	Machos
Testigo	74,04 a	25,96 a
N 25	71,43 a	28,57 a
N 50	73,87 a	26,13 a
N 75	69,37 a	30,63 a

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

En la Figura 4 se presenta el número de panojas de una planta promedio de *Pli*, donde se observaron diferencias entre tratamientos ($p < 0,05$). Las plantas fertilizadas de N50 y N75 mostraron mayor número de panojas que las del testigo ($p < 0,05$), y a su vez, N75 tuvo mayor número de panojas que N50.

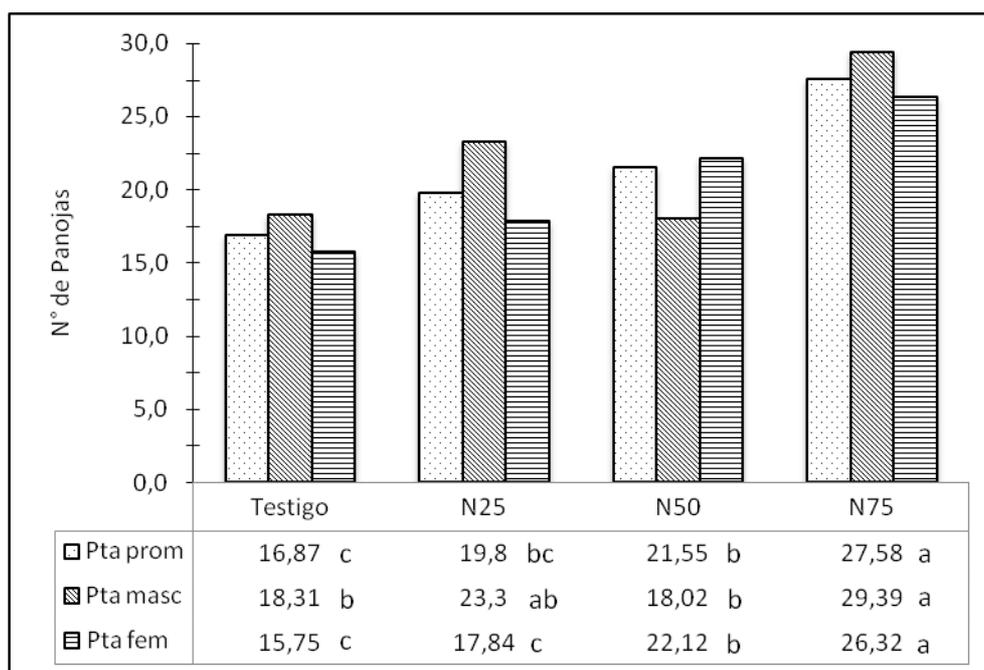


Figura 4. Número de panojas de una planta promedio (Pta prom), de una planta masculina (Pta masc) y una femenina (Pta fem) de *Poa ligularis*, por tratamiento. Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Cuando se discriminó por sexos, se observaron diferencias entre tratamientos en ambos géneros. En las plantas masculinas se observó que N75 presentó el mayor número de panojas, diferenciándose significativamente del

testigo y de N50. Por su parte, N25 no mostró diferencias significativas con el resto. Las plantas femeninas mostraron un número significativamente mayor de panojas en N50 y N75 con respecto a los otros tratamientos. El número de panojas en N75 fue mayor que en N50 ($p < 0,05$), mientras que el valor de N25 no se diferenció del testigo.

5.1.1.- Peso de mil semillas

En la Figura 5 se presentan los valores de peso seco de mil semillas con y sin glumelas para cada tratamiento. En ambos casos no se observaron diferencias entre tratamientos ($p > 0,05$).

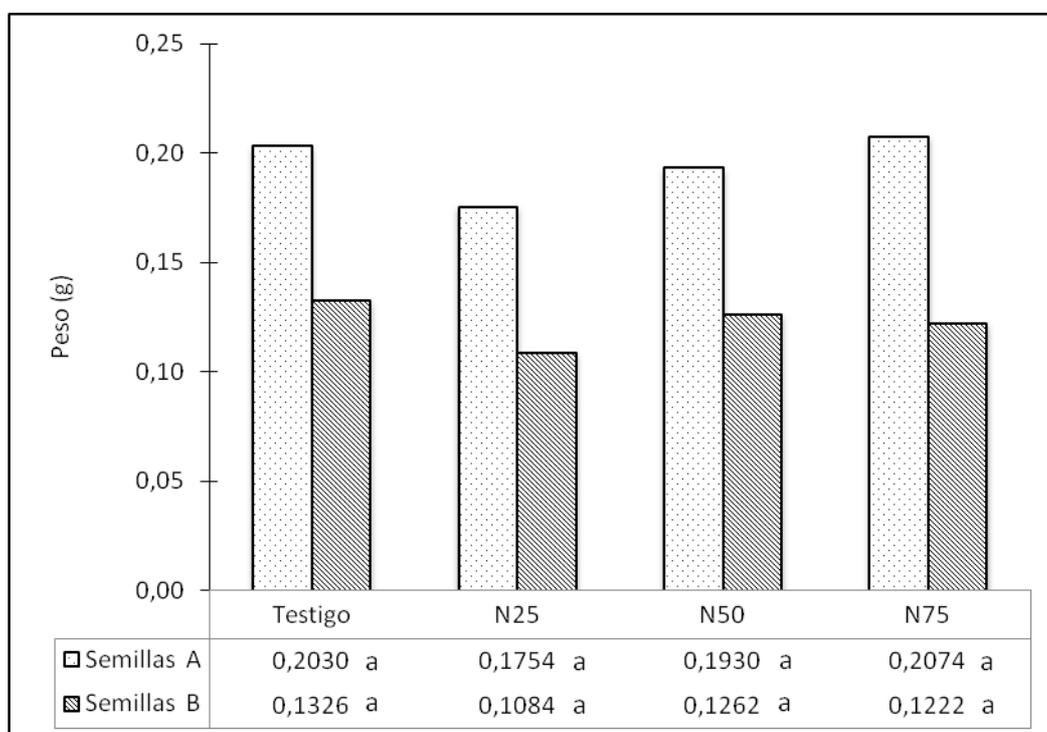


Figura 5. Peso promedio (g) de mil semillas de *Poa ligularis* por tratamiento. Semillas A: con glumelas; Semillas B: sin glumelas. Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

5.1.2.- Porcentaje de germinación

El número acumulado diario de semillas germinadas con y sin glumelas por tratamiento se presenta en la Figura 6. Se observó que las semillas con

glumelas presentaron mayor número de semillas germinadas en todos los tratamientos al finalizar el periodo de observación ($p < 0,05$).

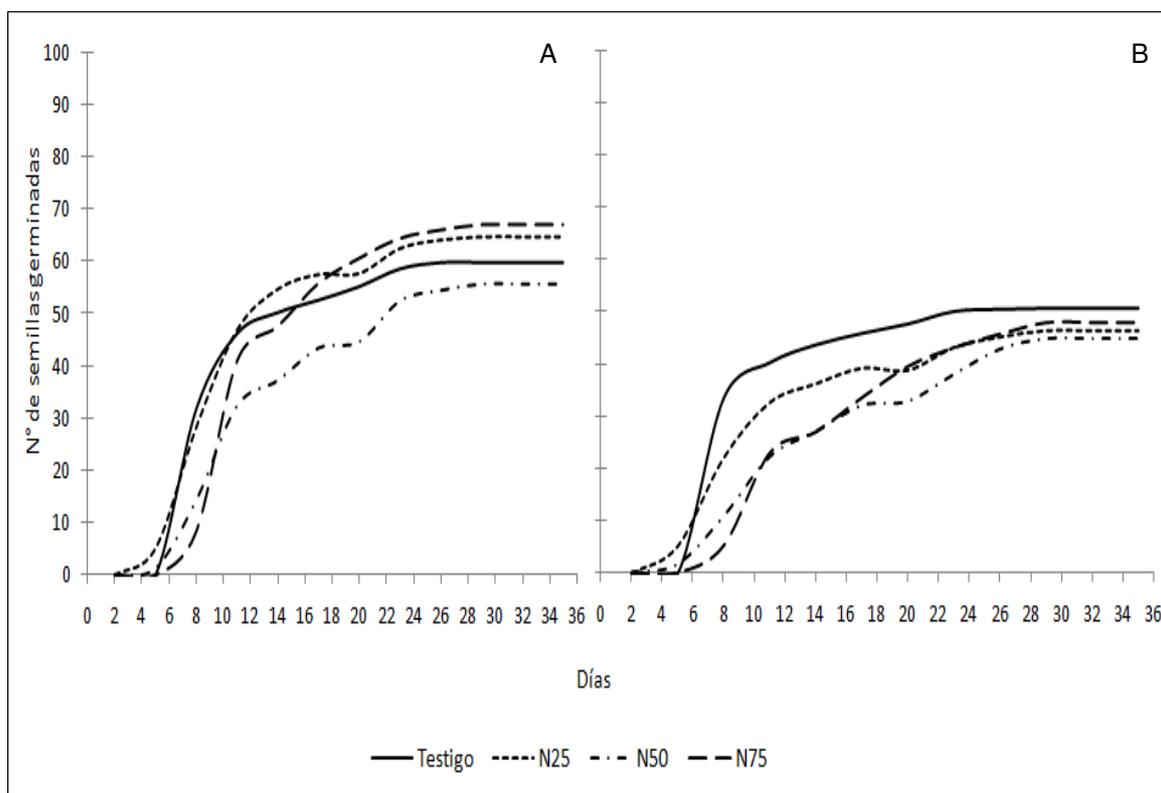


Figura 6. Número acumulado de semillas germinadas por día de *Poa ligularis* según el tratamiento. A: semillas con glumelas; B: semillas sin glumelas.

En el Cuadro 11 se presentan los porcentajes de germinación por tratamiento y el promedio para las semillas con y sin glumelas.

Cuadro 11. Porcentaje de germinación de semillas de *Poa ligularis* por tratamiento.

Tratamiento	% de germinación	
	Semillas A	Semillas B
Testigo	59,8 a	50,8 a
N 25	64,8 a	46,6 a
N 50	55,6 a	44,8 a
N 75	67,0 a	48,0 a
Promedio	61,8 a	47,6 b

A: semillas con glumelas; B: semillas sin glumelas. Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$). En el promedio, letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

No se observaron diferencias significativas en el porcentaje de germinación entre los tratamientos ($p>0,05$) tanto en el caso de las semillas con glumelas como en las semillas sin glumelas. Además, entre los tratamientos, los valores más altos del % de germinación se observaron en N75 (semillas A) y en el testigo (semillas B), mientras que el valor más bajo en ambos casos se observó en N 50.

5.1.3.- Coeficiente de velocidad

En la figura 7 se presentan los coeficientes de velocidad de germinación de las semillas con y sin glumelas por tratamiento. Se observó, en ambos casos, mayor coeficiente de velocidad en el testigo que en los tratamientos fertilizados. Además una tendencia del coeficiente de velocidad a disminuir en función de la dosis de N de los tratamientos fertilizados. En las semillas A no se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p>0,05$). Sin embargo, en las semillas B, el testigo fue significativamente mayor a N50 y N75 ($p<0,05$), pero no mostró diferencias con N25.

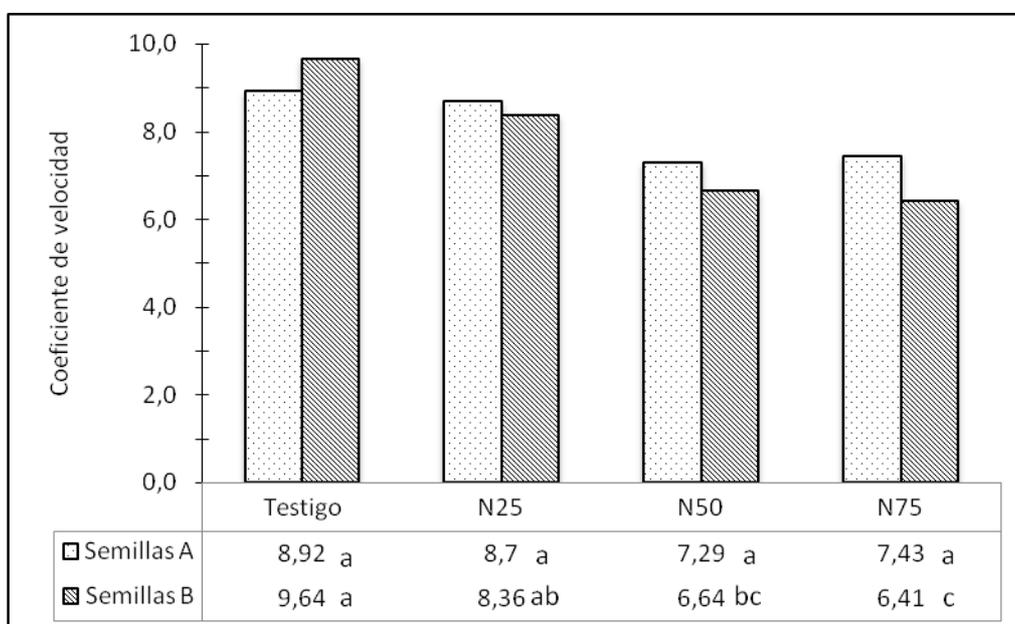


Figura 7. Coeficiente de velocidad de germinación de semillas de *Poa ligularis* por tratamiento. A: semillas con glumelas; B: semillas sin glumelas. Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p<0,05$).

5.2.- *Piptochaetium napostaense*

Para evaluar calidad y producción de semillas de Pna se recolectaron 200 plantas (10 por parcela), antes de realizarse la trilla se pesaron y se contaron las panojas de cada planta.

En el Cuadro 12 se presentan el peso promedio y el número de panojas promedio de una planta de Pna por tratamiento. No se observaron, tanto en el peso promedio de una planta como en el número de panojas promedio, diferencias entre tratamientos ($p>0,05$). En general, las plantas fertilizadas mostraron mayor peso que las plantas del testigo y entre los tratamientos fertilizados se observó un incremento del peso en función del incremento de la dosis de N, pero estadísticamente no fueron diferentes. En el caso del número de panojas promedio, los tratamientos mostraron aproximadamente los mismos valores.

Cuadro 12. Peso promedio (g MS.planta⁻¹) y número de panojas promedio de una planta de *Piptochaetium napostaense* por tratamiento.

	Tratamientos			
	Testigo	N 25	N 50	N 75
Peso promedio	12,28 a	13,82 a	14,95 a	15,29 a
N° de panojas promedio	28,04 a	26,90 a	27,89 a	28,00 a

Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p<0,05$).

En la Figura 8 se presentan los pesos promedio de semillas producidas por una planta según el tratamiento. No se observaron diferencias significativas entre éstos ($p>0,05$). Sin embargo, las plantas del testigo mostraron mayor peso del total de semillas producidas que las plantas fertilizadas.

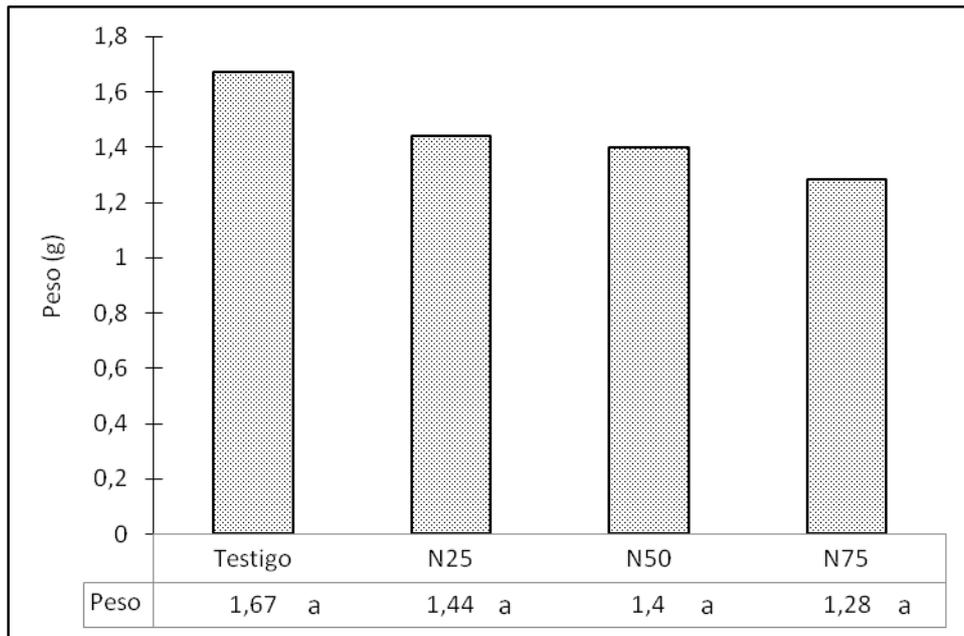


Figura 8. Peso del total de semillas de una planta (g de semillas.planta⁻¹) de *Piptochaetium napostaense* por tratamiento. Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

5.2.1.- Peso de mil semillas

En la Figura 9 se presentan los pesos de mil semillas para cada tratamiento, no se observaron diferencias entre tratamientos ($p > 0,05$).

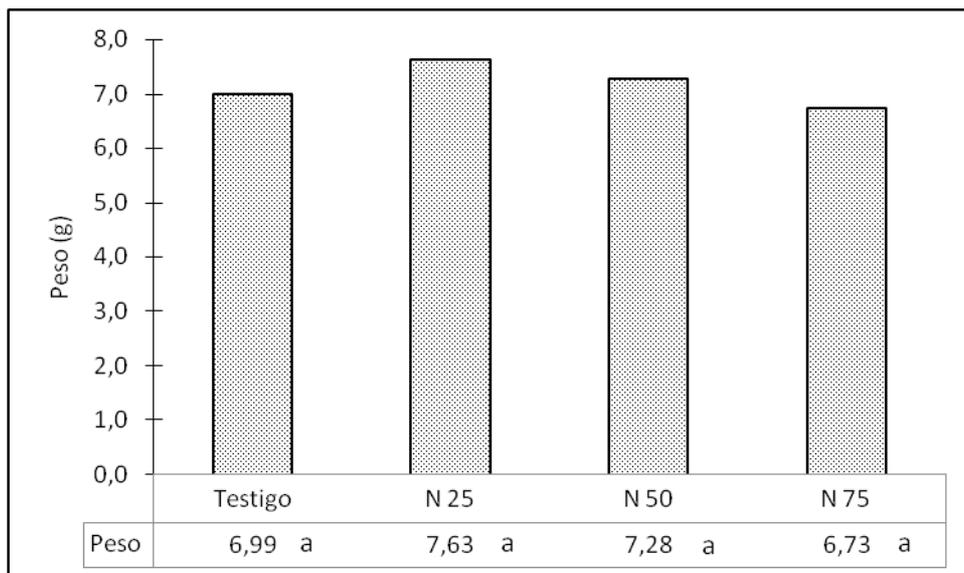


Figura 9. Peso de mil semillas (g) de *Piptochaetium napostaense* por tratamiento. Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Para determinar el peso de mil antecios se colectaron mil semillas de cada parcela, a las cuales se le extrajeron las aristas y antopodios y se pesaron por separado (Figura 10). No se observaron diferencias en el peso de las mil semillas y los mil antecios entre tratamientos ($p>0,05$).

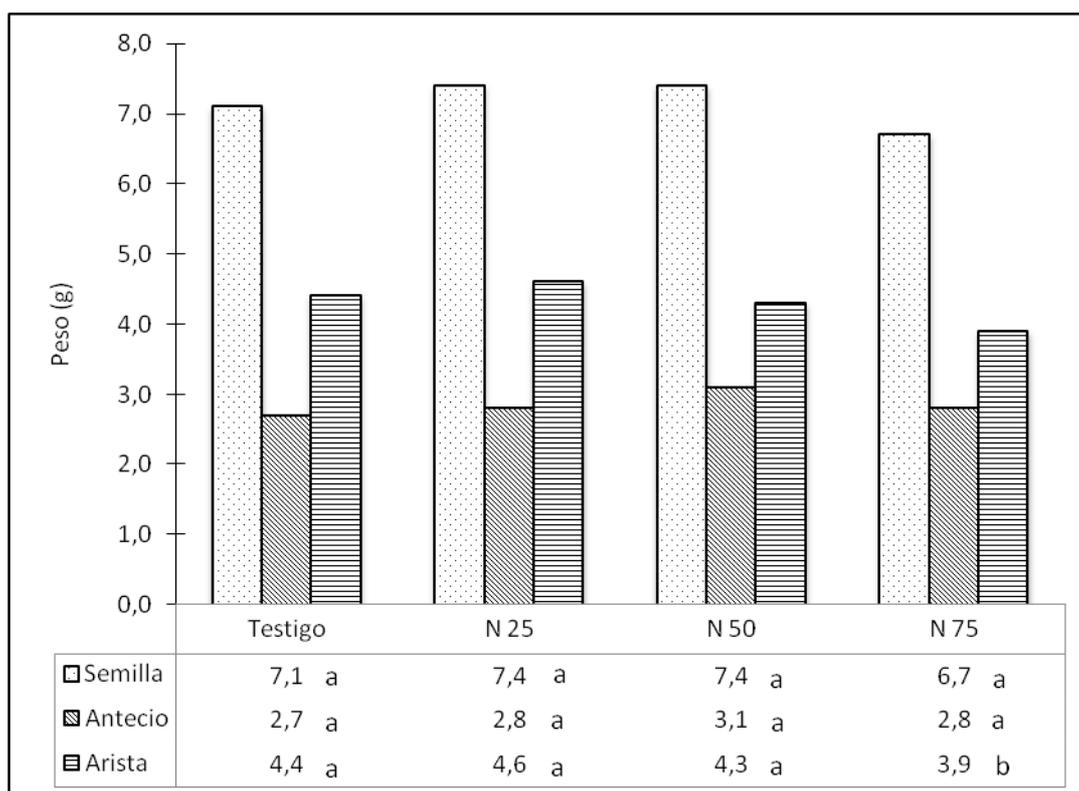


Figura 10. Peso promedio de mil semillas (g) y sus correspondientes aristas y antecios, de *Piptochaetium napostaense* por tratamiento. Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p<0,05$).

En el caso de las aristas y antopodios, se observaron diferencias entre tratamientos ($p<0,05$). El peso de las aristas y antopodios en N75 fue significativamente menor al peso del resto de los tratamientos, mientras que N25 mostró el mayor peso, pero no se diferenció significativamente del testigo y N50 ($p>0,05$).

A partir de los pesos de mil semillas y del total de semillas por planta se estimó la cantidad de semillas promedio de una planta por tratamiento (Figura 11). Se observó que las plantas del testigo produjeron mayor número de

semillas que las de los tratamientos fertilizados, pero no se encontraron diferencias significativas ($p>0,05$).

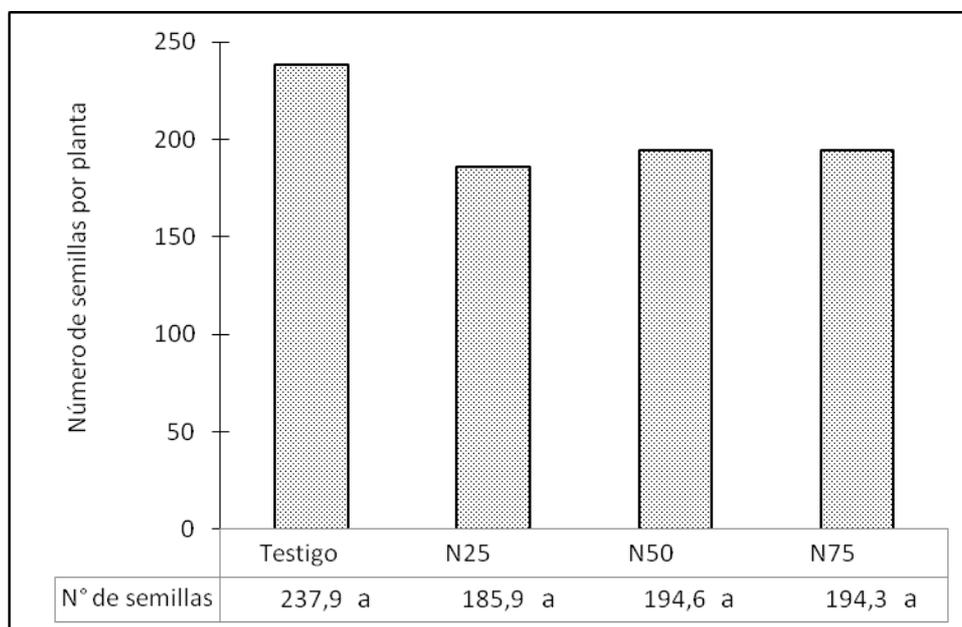


Figura 11. Numero promedio de semillas producidas por una planta de *Piptochaetium napostaense* según el tratamiento. Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p<0,05$).

5.2.2.- Porcentaje de germinación

En la Figura 12 se presenta el número acumulado diario de semillas germinadas con (A) y sin (B) arista y antopodio por tratamiento. Se observó que las semillas B presentaron mayor numero de semillas germinadas en todos los tratamientos, al finalizar el periodo de observación ($p<0,05$).

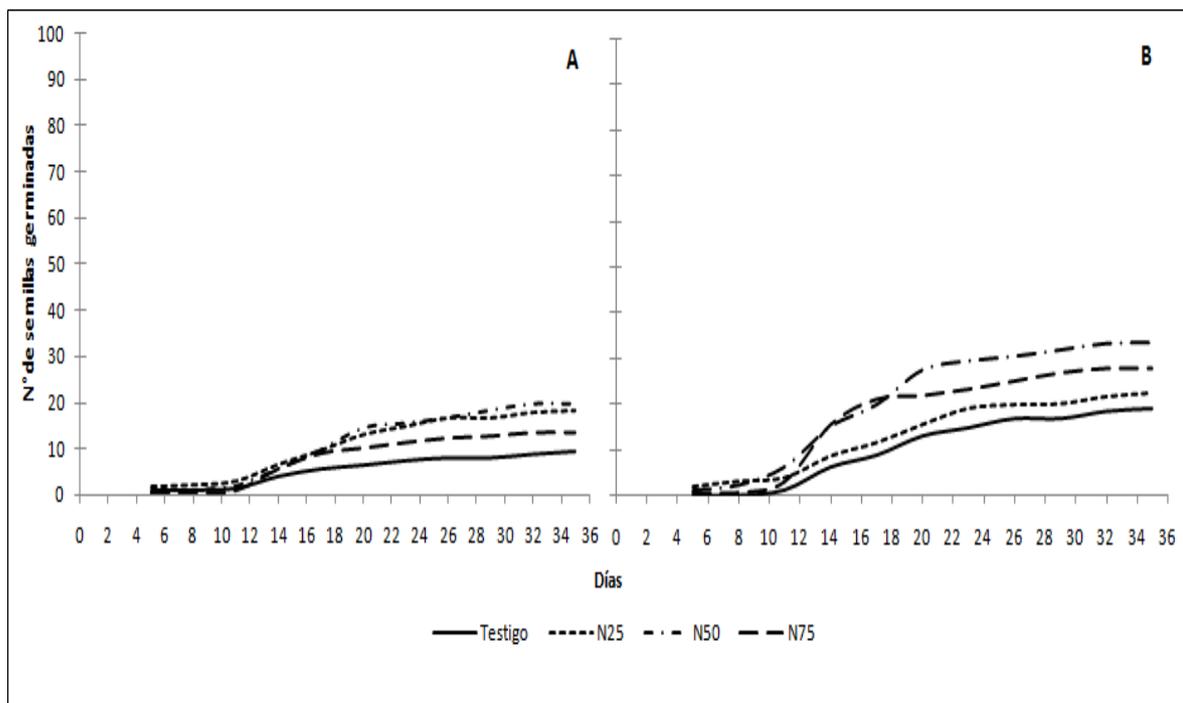


Figura 12. Número acumulado de semillas germinadas por día de *Piptochaetium napostaense* por tratamiento. A: semillas con aristas y antopodios; B: semillas sin aristas y antopodio.

Los porcentajes de germinación para las semillas con y sin arista y antopodio se presentan en el Cuadro 13. Se observó que en ambos casos los tratamientos fertilizados presentaron valores más altos que el testigo, pero no se diferenciaron significativamente ($p > 0,05$).

Cuadro 13. Porcentaje de germinación de semillas de *Piptochaetium napostaense* por tratamiento.

Tratamiento	% de germinación	
	Semillas A	Semillas B
Testigo	9,2 a	19,0 a
N 25	18,2 a	22,6 a
N 50	19,6 a	33,4 a
N 75	13,6 a	27,8 a
Promedio	15,2 b	25,7 a

A: semillas con aristas y antopodios; B: semillas sin aristas y antopodio. Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$). En el promedio, letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

5.2.3.- Coeficiente de velocidad

En la Figura 13 se presentan los valores del coeficiente de velocidad de germinación para las semillas A y B por tratamiento. No se observaron diferencias significativas en el coeficiente de velocidad entre semillas, tampoco éstas mostraron diferencias entre los tratamientos ($p>0,05$).

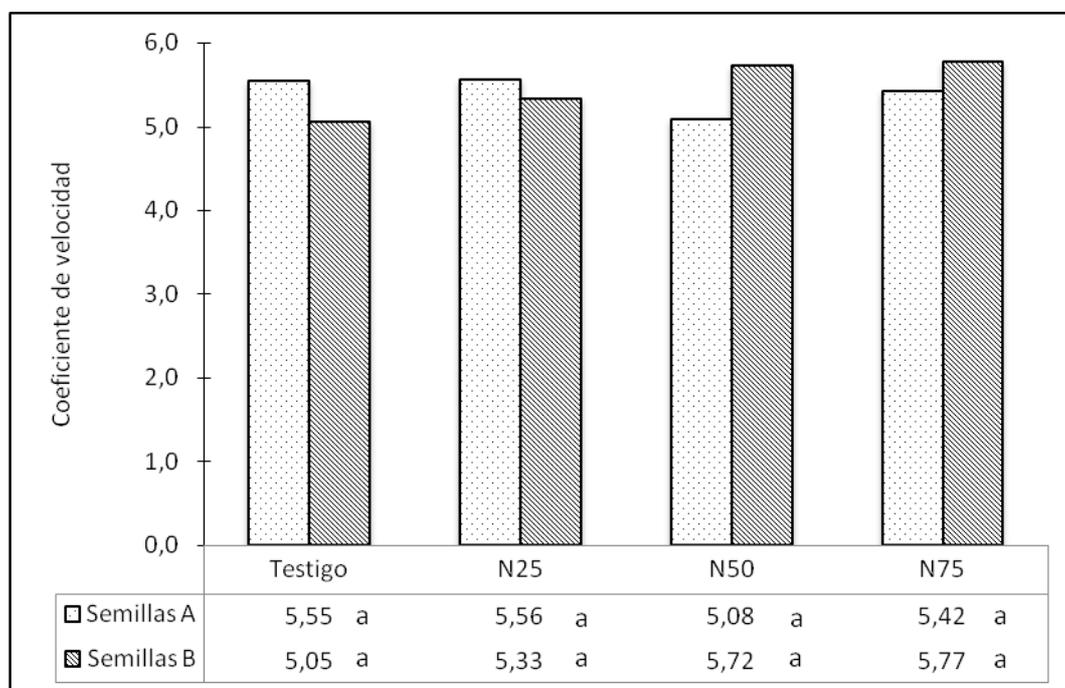


Figura 13. Coeficiente de velocidad de germinación de semillas de *Piptochaetium napostaense* por tratamiento. A: semillas con aristas y antopodios; B: semillas sin aristas y antopodio. Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p<0,05$).

5.3.- *Stipa tenuis*

En el Cuadro 14 se muestran el peso promedio y el número promedio de panojas de una planta de *Stipa tenuis*, por tratamiento. No se observaron diferencias significativas de peso en las plantas entre tratamientos ($p>0,05$). En el número promedio de panojas se observaron diferencias significativas entre tratamientos, el testigo presentó el mayor valor, diferenciándose de N25 y N75. Sin embargo, N50 no mostro diferencia significativas con el resto de los tratamientos ($p>0,05$).

Cuadro 14. Peso promedio (g MS.planta⁻¹) y número de panojas promedios de una planta de *Stipa tenuis* por tratamiento.

	Tratamientos			
	Testigo	N 25	N 50	N 75
Peso promedio	11,36 a	12,60 a	14,79 a	14,38 a
N° de panojas promedio	41,6 a	34,7 b	37,4 ab	31,8 b

Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En la Figura 14 se presentan los pesos del total de semillas producidas por una planta por tratamiento. Se observaron diferencias significativas entre éstos, las plantas del testigo mostraron mayor peso del total de semillas producidas que las plantas fertilizadas ($p < 0,05$). El peso del total de semillas producidas de las plantas del testigo fue significativamente mayor a la de N75, mientras que las plantas de N25 y N50 no mostraron diferencias significativas con los restantes tratamientos.

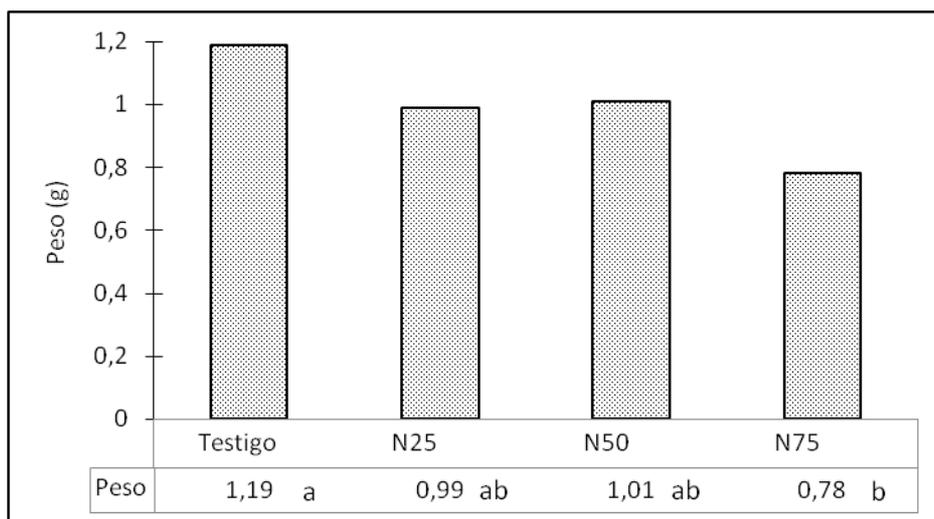


Figura 14. Peso promedio del total de semillas producidas por una planta (g de semillas.planta⁻¹) de *Stipa tenuis* por tratamiento. Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

5.3.1.- Peso de mil semillas

Los valores del peso promedio de mil semillas por tratamiento se muestran en la Figura 15, no se observaron diferencias significativas entre éstos ($p > 0,05$).

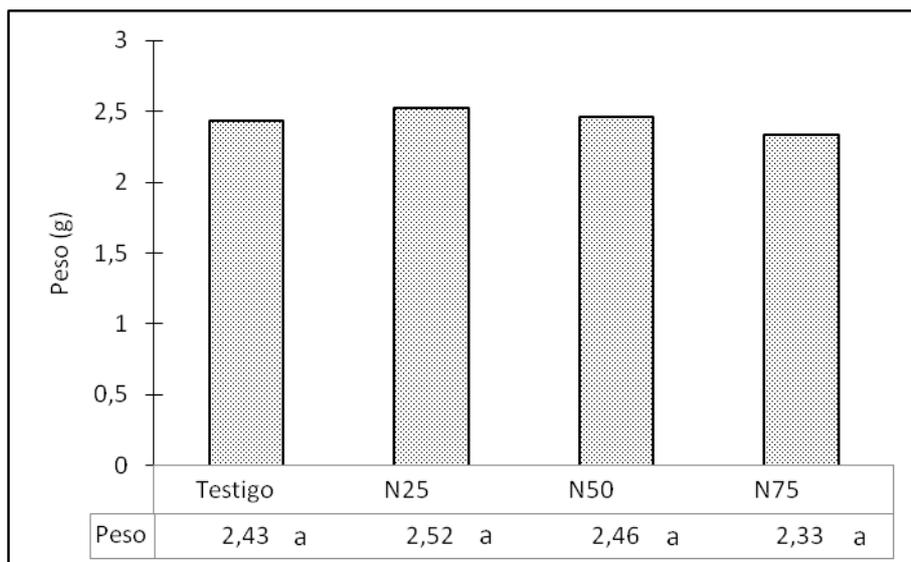


Figura 15. Peso de mil semillas (g) de *Stipa tenuis* por tratamiento. Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En la figura 16 se presentan los pesos de mil semillas, y los pesos de sus antecios y aristas por tratamiento. Tanto en el peso de las semillas como en el peso de los antecios y aristas no se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$).

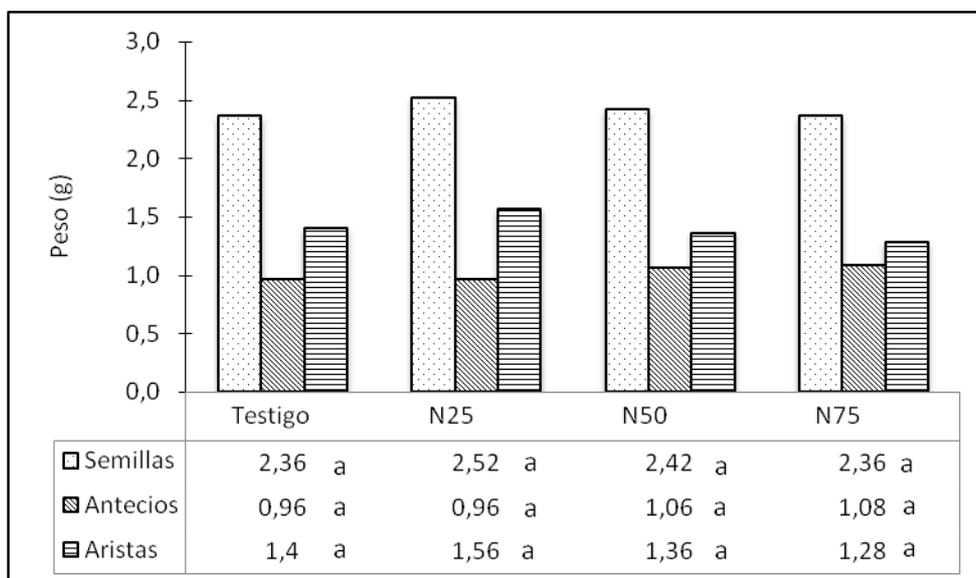


Figura 16. Peso promedio de mil semillas (g) y de sus correspondientes aristas y antecios, de *Stipa tenuis* por tratamiento. Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La cantidad de semillas promedio producidas por una planta según el tratamiento se presenta en la Figura 17. Las plantas de los distintos

tratamientos mostraron diferencias significativas en la cantidad de semillas producidas ($p < 0,05$). Se observó que la producción de semillas de las plantas del testigo fue significativamente mayor a las plantas de N25 y N75, mientras que las de N50 no mostraron diferencias significativas con el resto de los tratamientos.

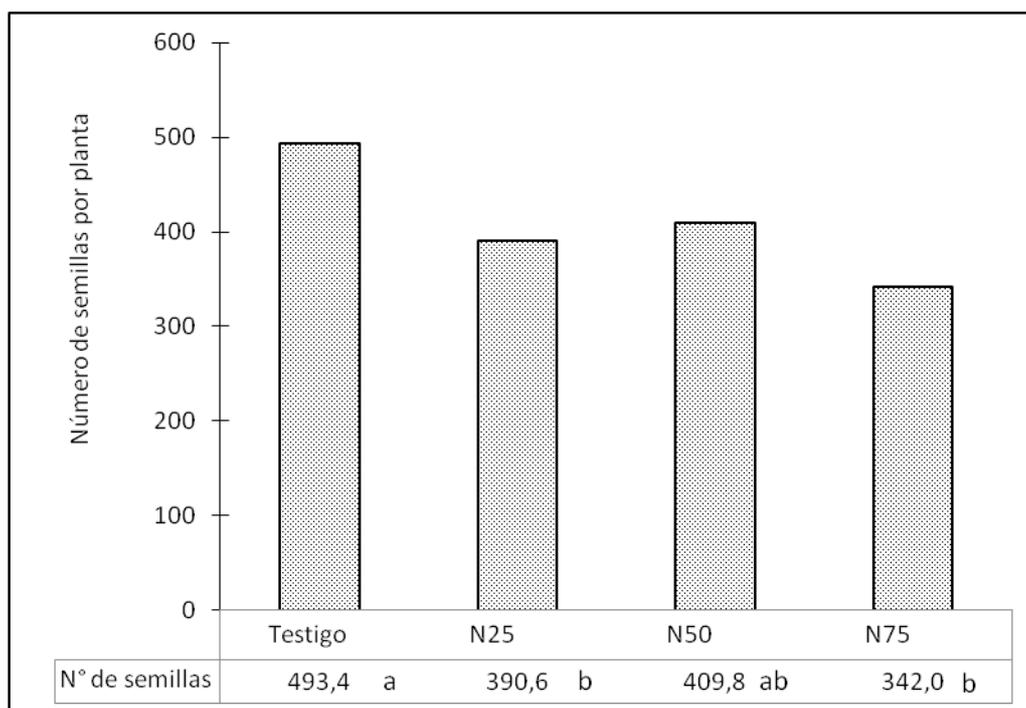


Figura 17. Número promedio de semillas producido por una planta de *Stipa tenuis* por tratamiento. Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

5.3.2.- Porcentaje de germinación

En la Figura 18 se muestra el número acumulado diario de semillas germinadas con (A) y sin (B) aristas y antopodios. Se observó que las semillas B presentaron mayor número acumulado de semillas germinadas en todos los tratamientos que las semillas A, pero no se diferenciaron significativamente ($p > 0,05$).

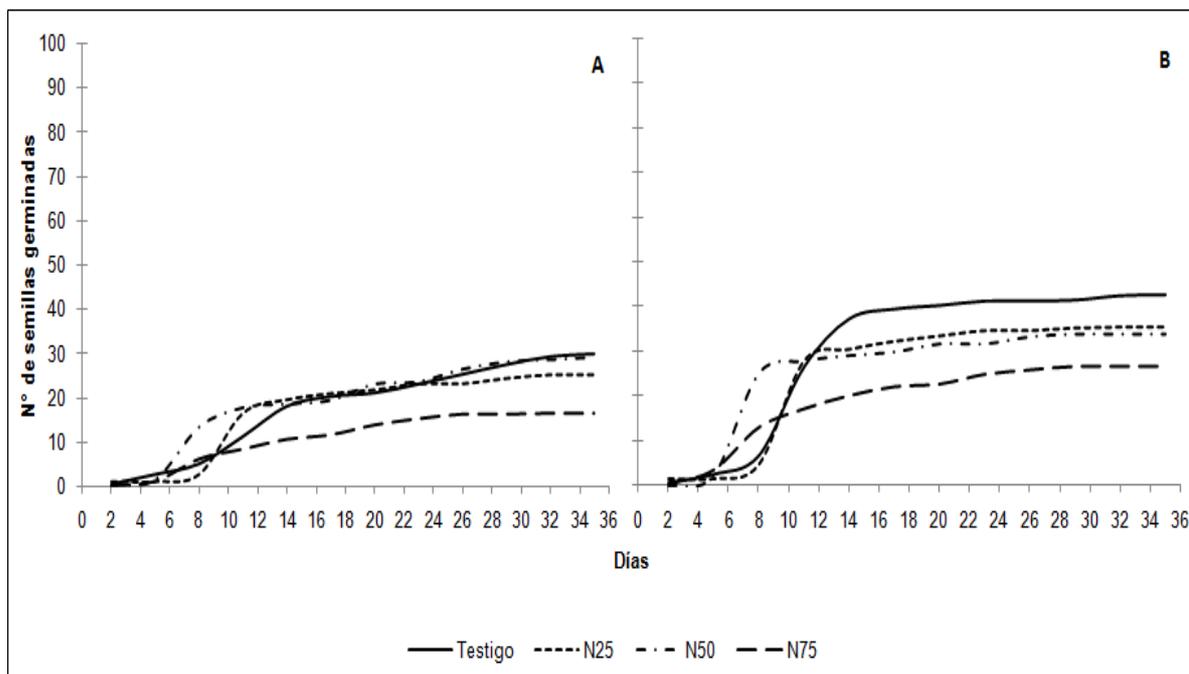


Figura 18. Número acumulado de semillas germinadas por día de *Stipa tenuis* por tratamiento. A: semillas con aristas y antopodios, B: semillas sin aristas y antopodios.

Con respecto al porcentaje de germinación, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$) entre las semillas A y B (Cuadro 15). Sin embargo, en ambos casos el testigo mostró el valor más alto, y N75 el más bajo.

Cuadro 15. Porcentaje de germinación de semillas de *Stipa tenuis* según el tratamiento.

Tratamiento	% de germinación	
	Semillas A	Semillas B
Testigo	29,8 a	42,8 a
N 25	25,2 a	35,4 a
N 50	27,8 a	34,0 a
N 75	16,4 a	26,8 a
Promedio	24,9 a	34,8 a

A: semillas con aristas y antopodios, B: semillas sin aristas y antopodios. Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$). En el promedio, letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

5.3.3.- Coeficiente de velocidad

Los valores del coeficiente de velocidad de las semillas A y B por tratamiento se presentan en la Figura 19. Se observaron diferencias significativas en el coeficiente de velocidad entre los tipos de semillas A y B. Las semillas B presentaron mayores valores de velocidad que las semillas A en todos los tratamientos ($p < 0,05$).

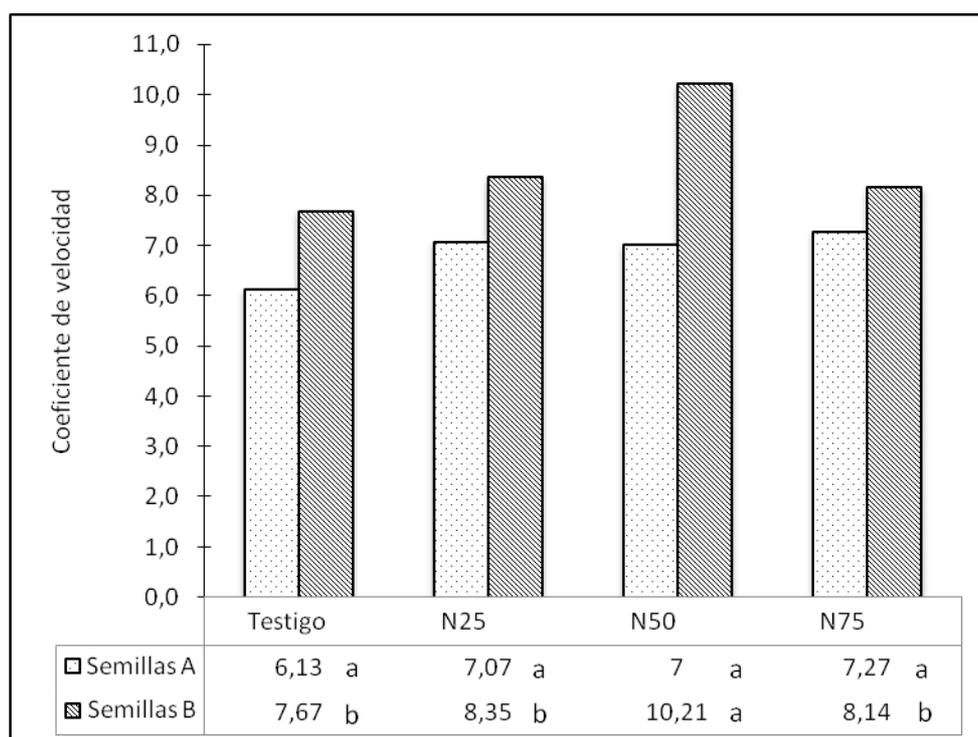


Figura 19. Coeficiente de velocidad de semillas de *Stipa tenuis* por tratamiento. A: semillas con aristas y antopodios, B: semillas sin aristas y antopodio. Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Entre tratamientos, las semillas A no mostraron diferencias significativas en el coeficiente de velocidad ($p > 0,05$). Por su parte, las semillas B presentaron el mayor coeficiente de velocidad en N50 ($p < 0,05$), mientras que el resto de los tratamientos no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$).

DISCUSIÓN

Producción y calidad de forraje

En general, no se observaron efectos claros y consistentes de la fertilización nitrogenada sobre la densidad de las tres gramíneas mesotérmicas que dominan el estrato graminoso-herbáceo del pastizal (Cuadro 3). Sumando las tres especies analizadas, la densidad de plantas fue similar en los diferentes tratamientos, alrededor de 40 plantas.m⁻². La densidad promedio de estas especies fue de 17,5 plantas.m⁻² (Ste), 13,1 plantas.m⁻² (Pna) y 10,4 plantas.m⁻² (Pli) y no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos entre ellas. Cano (1988) informó para estos pastizales que el estrato graminoso-herbáceo está dominado por Pna y Ste seguidos por Pli en pastizales con buen manejo de la rotación del pastoreo. Los valores de densidad de las tres especies observados resultaron mayores a los reportados por Frank *et al.*, (1998), en un trabajo de evaluación de pastizales realizado en un sitio cercano, entre los años 1982 y 1992. Estos autores, encontraron valores de densidad media para Ste de 3,1 plantas.m⁻² y no registraron valores significativos para Pna y Pli. Al respecto, cabe resaltar que el sitio evaluado mostró una densidad singularmente alta para las tres especies, tanto al inicio como durante el periodo de evaluación. A diferencia de lo observado en los tratamientos fertilizados en el presente trabajo, Butti *et al.* (2007) observaron que la fertilización nitrofosforada en dosis altas sobre pastizales con predominancia de gramíneas mesotérmicas modificaría su composición, ya que Pli y Ste, serían más eficientes en la utilización de los macronutrientes agregados. Esta experiencia fue realizada en tres años consecutivos, observándose una asociación positiva entre la fertilización combinada (100 kg N ha⁻¹ + 40 kg P ha⁻¹) y la presencia de Pli y Ste. Por el contrario, encontraron una relación negativa con Pna, especialmente en los tratamientos fertilizados solo con N (50 kg N ha⁻¹ y 100 kg N ha⁻¹). A partir de éste antecedente, se podría suponer que la falta de efecto de la fertilización sobre la densidad de las tres especies observada en este trabajo se debió a que la observación se realizó en un único año. También, que sería necesaria una incorporación de

fertilizantes en años sucesivos para afectar la densidad de las especies en estos pastizales.

El total de forraje acumulado mensual de las tres especies fue mayor en los tratamientos fertilizados (en promedio) que en el testigo ($p < 0,05$), en la mayoría de las fechas evaluadas (Figura 2). Sin embargo, se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) solo en mayo, junio, agosto y octubre (Cuadro 5). Entre los tratamientos fertilizados, en general no se observaron diferencias significativas. Además, en las fechas que se observaron diferencias significativas entre tratamientos (junio y octubre), no hubo un patrón general en la acumulación de forraje con respecto a las dosis de nitrógeno. Butti *et al.* (2005) observaron en este pastizal el mismo comportamiento frente a los tratamientos nitrogenados (50 kg N ha^{-1} y 100 kg N ha^{-1}) es decir, un aumento de la producción, pero sin diferencias entre las distintas dosis. Sin embargo, estos autores encontraron que con una dosis de 50 kg ha^{-1} de N se daría la máxima eficiencia de uso del fertilizante. Para esta dosis de N, Fernández Greco (2001) observó la tasa máxima de acumulación de forraje de un pastizal de la Pampa Deprimida.

Los resultados muestran que la fertilización favorece la producción de forraje, sin embargo, estos pastizales presentan una gran variabilidad en su producción anual, en correspondencia con diferentes factores ambientales, principalmente la distribución y cantidad de las precipitaciones (Butti *et al.*, 2005). La precipitación anual registrada en el 2007 fue de 506 mm, valor cercano a la media anual histórica para el área que es de 494 mm (Roberto *et al.*, 1994). La producción de forraje acumulado en el testigo fue de $1.869 \text{ kg MS.ha}^{-1}$. Al igual que la densidad, el valor de forraje anual resultó ser mucho mayor que el encontrado por Frank *et al.* (1998), que fue de 527,9 y 318,1 kg MS.ha^{-1} para las condiciones “buena” y “regular”, respectivamente. Sin embargo, en comparación con los valores registrados por Butti *et al.* (2005) para el mismo pastizal en dos años consecutivos, el valor observado en este trabajo es cinco veces mayor al de 2003 ($373,4 \text{ kg MS.ha}^{-1}$, con una precipitación anual de 185,5 mm) y casi dos veces menor al de 2004 ($3.155,6 \text{ kg MS.ha}^{-1}$, con una precipitación anual de 867,4 mm). Además, estos autores

en 2004, observaron una acumulación de forraje de 5.090,1 kg MS.ha⁻¹ en promedio de los tratamientos fertilizados solo con N. Este valor resulta ser casi el doble que el registrado en este estudio para el mismo pastizal fertilizado, que fue de 2.448,1 kg MS.ha⁻¹. De acuerdo a estos resultados, la fertilización con nitrógeno en otoño aumenta la producción de forraje en estos pastizales, independientemente de las dosis aplicadas, pero esta respuesta estaría altamente limitada por las precipitaciones.

Cuando se analizó el forraje acumulado promedio de las tres especies se observó que no hubo una relación lineal entre la cantidad de forraje acumulado de las tres especies y las fechas sucesivas de muestreo (Cuadro 6). Además, no se observó mayor acumulación de forraje en los tratamientos fertilizados con respecto al testigo en todas las fechas evaluadas. Esto podría deberse a la variabilidad espacial propia de estos pastizales, es decir, la distribución aleatoria de las especies en el espacio. También se deben considerar la variabilidad intra e inter específicas de las especies evaluadas. Por lo antes mencionado, se determinó el forraje acumulado de la planta tipo de cada especie (Cuadro 7). En general, se pudo observar en las tres especies que las plantas fertilizadas tuvieron mayor acumulación de materia seca que aquellas sin fertilizar. Pli mostró los valores mas altos de forraje acumulado en el tratamiento N75, pero solo se observaron diferencias significativas en dos de las fechas muestreadas. Esto concuerda con lo observado por Romero *et al.*, (2003) en esta especie. Estos autores encontraron diferencias significativas en la producción de MS entre el testigo y los tratamientos fertilizados (60 kg de urea.ha⁻¹ y 115 kg de urea.ha⁻¹), pero no así entre los dos niveles de fertilización. Por otro lado, Pna mostró diferencias significativas solo en octubre, y Ste en comparación con las otras dos, fue la que mostró mayor respuesta a la fertilización. Un comportamiento similar fue observado por Butti et al (2005), mostrando que Ste presentó mayor capacidad de desarrollo en las diferentes combinaciones de fertilización (50 kg N ha⁻¹; 100 kg N ha⁻¹ y 100 kg N ha⁻¹ + 40 kg P ha⁻¹). Por su parte, Pli mostró mayor capacidad de desarrollo bajo fertilización en N+P y Pna fue la especie que menor respuesta manifestó.

Por otro lado, analizando el valor combinado de las tres especies, se encontró mayor contenido proteico en los tratamientos fertilizados con respecto al testigo en todas las fechas observadas (Cuadro 8). La mayor calidad del pastizal, independientemente de los tratamientos, se observó en abril, y la menor calidad en noviembre (Figura 3). En septiembre y octubre, a diferencia de lo que se esperaría, el pastizal natural mostró un incremento en la calidad, lo que se debería a las precipitaciones registradas en ese período. Para el mismo pastizal, Butti *et al.* (2005) observaron similares comportamiento en la variación de la calidad: en un año sin restricciones hídricas observaron mayor calidad en el mes de abril y una disminución gradual al finalizar el periodo de observación en noviembre. Esta variación anual en la calidad del pastizal se relaciona también con las etapas fenológicas del ciclo vegetativo de las especies que lo componen, debido a que a fines de verano y principios de otoño las especies comienzan a rebrotar, y en noviembre se encuentran finalizando su ciclo reproductivo.

Los tratamientos fertilizados mostraron diferencias significativas entre sí en todas las fechas evaluadas, manifestándose un aumento gradual en el contenido proteico con respecto al aumento de la dosis de N (Cuadro 8). El contenido proteico promedio del pastizal fue de 6,7 % en el testigo y de 10,6 % en los tratamientos fertilizados. Estos valores fueron menores a los encontrados por Butti *et al.* (2005). Estos autores observaron en el primer año un contenido proteico promedio de 8,8 % en el testigo y 11,0 % en los tratamientos fertilizados. En el segundo año, donde no hubo restricciones hídricas, encontraron 10,4 % en el testigo y 13,5 % en los tratamientos fertilizados. Las diferencias en el contenido proteico encontrado por estos autores y las observadas en este trabajo se deberían en principio a que en el segundo año de observación en aquél, la precipitación anual registrada (867,4 mm) fue mayor que la precipitación anual en el año en que se realizó este trabajo (506 mm). Por otro lado, comparado con el primer año del trabajo mencionado, donde la precipitación anual fue menor (185,5 mm), la menor calidad relativa encontrada en el pastizal natural (testigo) del presente trabajo se debería a las fuertes heladas registradas en el año evaluado.

Por su parte, las tres especies mostraron un efecto significativo de tratamiento en casi todos los meses evaluados ($p < 0,05$). En noviembre, cuando estas especies se encuentran finalizando su ciclo vegetativo, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 9). Además de noviembre, en agosto Ste fue la única especie que no mostró diferencias significativas en calidad entre los tratamientos. Entre los tratamientos fertilizados, a diferencia de lo observado con los valores combinados, las tres especies no mostraron diferencias entre N50 y N75, pero ambos se diferenciaron con N25. El contenido proteico promedio en el testigo y en los tratamientos fertilizados fue en Pli de 6,2 % y 10,1%, en Pna de 7,2% y 10,8 % y en Ste de 6,6 % y 10,7%, respectivamente. Cerqueira *et al.* (2004) informaron que el contenido proteico promedio de Pli fue 9,8% y de Pna 10,1% para toda la estación de crecimiento en un pastizal ubicado en la región del Caldenal. Los valores encontrados en esta experiencia para estas especies son mayores que los encontrados en las condiciones naturales del sitio (testigo) del presente trabajo. Sin embargo, los tratamientos fertilizados mostraron valores similares a los observados por estos autores. Esto no es un dato menor, ya que el sitio evaluado por estos autores tiene un régimen hídrico mayor y suelos con mayor contenido de materia orgánica.

Producción y calidad de semillas

De las tres especies evaluadas, sólo Pli presenta flores unisexuales en plantas dioicas (Rúgolo de Agrasar *et al.*, 2005). Por lo tanto, se determinó el sexo de las plantas analizadas (Cuadro 10). No se observó un efecto de la fertilización en la proporción de sexos, siendo la proporción promedio de aproximadamente de 70% de plantas femeninas y 30% de plantas masculinas en todos los tratamientos. Bertiller *et al.* (2002) observaron que en ambientes fragmentados del noreste de la Patagonia la segregación espacial de sexos y la densidad de Pli estuvo relacionada con las características ambientales de los parches de vegetación. Cuando el tamaño de los parches y su área de influencia aumentaron, se incrementó la intensidad de la segregación especial de sexos y la densidad. Estos patrones serían consecuentes con el incremento de la fertilidad y protección del micro sitio. También observaron que las

hembras estuvieron más concentradas en áreas ricas en nitrógeno, y con baja demanda evaporativa. Si bien en este trabajo no se observaron diferencias, el antecedente nos permitiría suponer que la incorporación de nutrientes en años sucesivos podría modificar la distribución de sexos.

Con respecto al número de panojas promedio de una planta, las tres especies mostraron diferentes respuestas. En Pli y Ste se observaron diferencias significativas entre tratamientos, en la primera las plantas de ambos sexos mostraron mayor número promedio de panojas en los tratamientos fertilizados con respecto al testigo (Figura 4). En la segunda se observó lo contrario, es decir, las plantas del testigo presentaron mayor número de panojas que las fertilizadas (Cuadro 14). Por su parte, Pna no mostró diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 12). No se encontraron antecedentes sobre este tema para estas especies para poder contrastar los resultados del presente trabajo.

Cuando se evaluó el peso total de semillas producidas por una planta, en Pna no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Figura 8), en cambio Ste presentó mayor peso de semillas producidas por las plantas del testigo que las de los tratamientos fertilizados, pero solo se diferenció significativamente ($p < 0,05$) con N75 (Figura 14). Además, se analizó el peso de cada planta según el tratamiento para estas dos especies pero no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$), aunque se observó un incremento en el peso promedio de una planta con respecto a la dosis de N (Cuadros 12 y 14). En un estudio sobre la variación intraespecífica en la producción y peso de antecio de Ste, Paez *et al.* (2002) observaron una correlación positiva entre el peso total de antecios producidos por una planta y su biomasa. Si bien en el presente trabajo no se realizó un análisis de correlación entre peso total de semillas producidas por una planta y su biomasa. A diferencia de lo observado por estos autores, en Ste se observó que las plantas de los tratamientos con mayor fitomasa acumulada presentaron menor peso del total de semillas producidas. Esto podría deberse al menor número de panojas promedio de una planta registrado en estos tratamientos.

Por su parte, el peso de mil semillas no fue afectado por la fertilización, las tres especies no mostraron diferencias significativas entre tratamientos (Figuras: 5; 9 y 15). Además no se observaron efectos de la fertilización nitrogenada en el peso de la estructura reproductiva y estructuras anexas de las semillas de Pli (Figura 5) y Ste (Figura 16). En el caso de Pna, se encontró menor peso de aristas y antopodios en el tratamiento N75 que el resto de los tratamientos (Figura 10). Sin embargo, en el peso de los mil antecios no se observaron diferencias entre tratamientos (Figura 9). La variación intraespecífica en el peso de antecios debe tenerse en cuenta en ensayos de germinación y establecimiento de plántulas, ya que el peso de los propágulos puede afectar la velocidad de germinación, la emergencia y supervivencia de nuevas plántulas (Paez *et al.*, 2002).

Con respecto a la producción de semillas, se observó que Ste (Figura 17) y Pna (Figura 11) mostraron mayor número de semillas producidas por las plantas del testigo, con respecto a las plantas de los tratamientos fertilizados. Pero solo Ste mostró diferencias significativas entre éstos. Esto podría deberse a que la aplicación del fertilizante retardaría el ciclo reproductivo, lo cual también explicaría el menor número de panojas que presentó esta especie en los tratamientos fertilizados con respecto al testigo. Además, el fertilizante fue aplicado en otoño, época en que estas especies están rebrotando, por lo que la planta capitalizaría el nutriente incorporado en la acumulación de forraje y no estimularía un incremento en la generación de estructuras reproductivas. Si bien no se encontraron antecedentes de los efectos de la fertilización sobre la producción de semillas en las especies analizadas, existen evidencias que para otras gramíneas mesotérmicas cultivadas, la aplicación de N produce una mayor cantidad de semillas (Lutz *et al.*, 1997; Chaparro y Pueyo, 2002; Ruiz y Covas, 2004).

En relación a la germinación, en ninguna de las tres especies se observó un efecto de la fertilización sobre el porcentaje de semillas germinadas. Las semillas de Pli a las que se les eliminaron las glumelas (semillas B) presentaron menor porcentaje de germinación en todos los tratamientos que las semillas con glumelas (semillas A) ($p < 0,05$). Esto podría deberse al alto

grado de daño ocasionado por el método que se utilizó para la eliminación de las glumelas. En el caso de Pna (Cuadro 13) se observó mayor porcentaje de germinación en las semillas B (sin aristas y antopodios), independientemente de los tratamientos, que las semillas A (con aristas y antopodios) ($p < 0,05$). Por su parte, en Ste no se observaron diferencias significativas en el porcentaje de germinación entre las semillas A y B (Cuadro 15), sin embargo, las semillas B mostraron porcentajes de germinación más elevados en todos los tratamientos en comparación con las semillas A. En general, la fertilización en otoño no afectaría el porcentaje de germinación de las semillas de las tres especies, pero Pna presentó porcentajes de germinación más elevados en los tratamientos fertilizados con respecto al testigo, mientras que lo contrario se observó en Ste. Además, comparando las tres especies, Ste y Pna presentaron bajos porcentajes de germinación, esto podría deberse a que estas especies tienen alta inactividad en la madurez (Mayor *et al.*, 2003). Debido a la diferencia en el porcentaje de germinación observada entre semillas A y B, podría inferirse que la eliminación de la arista y antopodio de la semilla afectaría esta característica.

Debido a la morfología que presentan las semillas de Pna y Ste, resulta difícil tanto la cosecha como la siembra. El desarrollo de una tecnología que permita la eliminación de estas estructuras, dejaría las semillas en condiciones de ser sembradas mediante cajones sembradores convencionales. Sumado esto al antecedente del presente trabajo que demuestra que tal modificación en las semillas no afecta su viabilidad, esta tecnología permitiría utilizar a Pna y Ste para recuperar pastizales degradados en zonas con bajos regímenes hídricos, aprovechando su alto valor forrajero y su capacidad de adaptación a regiones semiáridas.

Por su parte, cuando se determinó el coeficiente de velocidad de germinación, en Pli se observó que las semillas A no mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, los tratamientos fertilizados mostraron una tendencia a tener menores del coeficiente. En el caso de las semillas B, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, observándose la misma tendencia (Figura 7). En Pna no se observaron

diferencias entre los tratamientos en ambas semillas, el coeficiente de velocidad varió entre 5 y 5,8 (Figura 13). En el caso de Ste, las semillas A no mostraron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, en las semillas B el tratamiento N50 (10,21) presentó mayor ($p < 0,05$) coeficiente de velocidad que el promedio (8,05) del resto de los tratamientos (Figura 19). En un trabajo de germinación de semillas de tres especies de *Stipa*, Paez *et al.* (2003) observaron que el coeficiente de velocidad en Ste varió entre 1,8 y 9,3. Además, observaron que el coeficiente de velocidad fue mayor en los antecios mas pesados. Sin embargo, en el presente trabajo se observó que en el caso de Ste, N50 que mostró diferencias en el coeficiente de velocidad no lo hizo cuando se evaluó el peso de las mil semillas (Figuras 15 y 19).

CONCLUSIONES

La aplicación de fertilizantes nitrogenados en otoño sobre pastizales con predominio de gramíneas mesotérmicas, aumenta la producción y calidad de forraje. Además, la fertilización aplicada en un año no afectaría la densidad de las tres especies mesotérmicas que dominan el estrato graminoso-herbáceo de estos pastizales.

Bajo las condiciones hídricas del año en que se realizó este estudio, el forraje acumulado de la suma de las tres especies en los distintos tratamientos fertilizados no mostró diferencias. Lo contrario sucedió con el contenido proteico, que se incrementó en función del aumento de la dosis de N aplicada.

Las especies evaluadas mostraron diferentes comportamientos en la acumulación de forraje con respecto a la fertilización, Ste presentó mayor respuesta a los diferentes tratamientos. Por su parte, Pli mostró mayor acumulación de forraje en el tratamiento N75 y Pna fue la especie que menor respuesta manifestó. Sin embargo, las tres especies mostraron una alta respuesta en el contenido proteico a la fertilización nitrogenada.

La fertilización nitrogenada en otoño no afectó la producción de semillas de Pna, pero en Ste el número de semillas de las plantas fertilizadas fue menor a las del testigo, como consecuencia del menor número de panojas. Sin embargo, el peso de mil semillas y el porcentaje de germinación no fueron afectados por la fertilización en ninguna de las tres especies.

Los resultados obtenidos en este estudio contribuyen al conocimiento de los efectos de la fertilización en los pastizales del ecotono Caldenal – Monte Occidental. El desarrollo y la adaptación de esta práctica permitirían adoptarla como estrategia de manejo y/o mejoramiento de estos pastizales, aludiendo a la conservación y aprovechamiento sustentable del recurso natural.

CONSIDERACIONES FINALES

Se ha demostrado que la fertilización nitrogenada en otoño aumenta la producción y calidad de forraje de los pastizales del ecotono Caldenal – Monte Occidental con predominio de gramíneas mesotérmicas. Sin embargo, se deberían continuar las evaluaciones de fertilización en ambientes semiáridos, para determinar cual es la dosis que permita compatibilizar los aspectos productivos y económicos en los sistemas de producción. Además, se debería también evaluar esta práctica asociada a otras estrategias de manejo como pueden ser el control del monte que se realizan en estos pastizales.

Como la fertilización nitrogenada en otoño no mostró un efecto claro en la producción y calidad de semilla de las tres especies, deberían repetirse las evaluaciones sobre estas variables durante mayor número de años.

BIBLIOGRAFIA

- Adema E., D. Buschiazzo, F. Babinec, T. Rucci y V. Gomez Hermida. 2003. Balance de agua y productividad de un pastizal rolado en Chacharramendi, La Pampa. Publicación Técnica N° 50. EEA Anguil, INTA. 20 pp.
- Adema, E., D. Buschiazzo, F. Babinec, T. Rucci y V. Gomez Hermida. 2004. Mechanical control of shrubs in a semiarid region of Argentina and its effect on soil water content and grassland productivity. *Agricultural Water Management*, 68:185-194.
- Adema E., V. Gomez Hermida, D. Buschiazzo, F. Babinec, C. Ibarguren y T. Rucci. 2001. Rolado de arbustos e intersembrado de *Panicum coloratum* en un pastizal natural de La Pampa. En: Siembra Directa II. Ed. INTA. pp. 303-309.
- Bertiller M., C. Sain, A. Bisigato, F. Coronato, J. Ares and P. Graff. 2002. Spatial sex segregation in the dioecious grass *Poa ligularis* in northern Patagonia: the role of environmental patchiness. *Biodiversity and Conservation* 11: 69-84.
- Bisigato A., M. Bertiller, J. Ares J. O. y G. Pazos. 2005. Effect of grazing on plant patterns in arid ecosystems of Patagonian Monte. *Ecography* 28:561–572
- Butti L. R., E. O. Adema y F. J. Babinec. 2005. Producción y calidad de un pastizal fertilizado en el ecotono Caldenal – Monte Occidental, La Pampa. *Revista Científica Agropecuaria de la Facultad Ciencias Agrarias de la UNER*. 9 (2:153-162).
- Butti L., J. Bernardos, E. Adema, F. Babinec y T. Rucci. 2007. Efecto de la fertilización de otoño en la composición de especies mesotérmicas de un pastizal semiárido de La Pampa (Argentina). IV Congreso Nacional Sobre Manejo de Pastizales Naturales. I Congreso del MERCOSUR Sobre Manejo de Pastizales Naturales. Villa Mercedes, San Luis, Argentina. 9 al 11 de agosto 2007. Libro de Resúmenes. pp. 36.

Cano E. 1988. Pastizales naturales de La Pampa. Descripción de las especies más importantes. Tomo I. Convenio AACREA – Provincia de La Pampa. 425 p.

Cerqueira, E., A. Sáenz y C. Rabotnikof. 2004. Seasonal nutritive value of native grasses of Argentine Calden Forest Range. *Journal of Arid Environments* 59. 645-656.

Chaparro C. J. y J. D. Pueyo. 2002. Efecto de la fertilización y fecha de clausura sobre la producción de semilla de Dicanto. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol. 22, supl. 1. pp. 89-90.

Fernández Grecco R. 2001. Efecto de la fertilización nitrogenada invernal sobre la acumulación de forraje de un pastizal natural de la Pampa Deprimida, Argentina. *Agricultura Técnica (Chile)*. 61:319-325.

Frank E., E. Llorens y D. Cabral. 1998. Productividad de los pastizales naturales de la Provincia de La Pampa. Subsecretaría de Asuntos Agrarios, Cambio Rural, INTA, SAGPyA. 167 pp.

García F., F. Micucci, G. Rubio, M. Ruffo y I. Daverede. 2002. Fertilización de forrajes en la región pampeana. Una revisión de los avances en el manejo de la fertilización de pasturas, pastizales y verdeos. *Boletín Técnico*. Instituto de la Potasa y el Fósforo, INPOFOS Cono Sur. 61 pp.

Giulietti J.D. 2005. Flechilla negra. *Informativo Rural*, E.E.A INTA San Luis, 2(7).

INTA, provincia de La Pampa, UNLPam. (1980). *Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa*. Bs. As., 493 pp.

Jacyszyn B. y A. Pittaluga. (1977). *Suelos del área de Chacharramendi*. Provincia de La Pampa. INTA. Departamento de Suelos. Castelar. 42 pp.

Lutz E. E., H. D. Merchán y A. Morant. 1997. Dosis de fertilización con nitrógeno y efecto residual en la producción de semillas de *Phalaris aquatica* L. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 17, supl. 1. pp 128.

Mayor M. D., R. M. Bóo, D. V. Peláez y O. R. Elía. 2003. Seasonal variation of the soil seed bank of grasses in central Argentina as related to grazing and shrub cover. Journal of Arid Environments 53: 467–477.

Paez A., C. A. Busso, O. A. Montenegro, H. D. Giorgetti y G. Rodríguez. 2003. Porcentaje y velocidad de germinación en función del peso de los antecios en especies de *Stipa*. 2º CONGRESO NACIONAL SOBRE MANEJO DE PASTIZALES NATURALES, 6ª JORNADA REGIONAL, IV Reunión de la Asociación Argentina de *Prosopis*. 8-10 Octubre de 2003, San Cristóbal, Santa Fe, Argentina. pp. 50-51.

Paez A., C. A. Busso, O. A. Montenegro, J. Ferraroti, H. D. Giorgetti y G. D. Rodríguez. 2002. Variación intraespecífica en la producción y peso de antecio de *Stipa tenuis*. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 22, supl. 1. pp. 162-163.

Pazos G. E. y M. B. Bertiller. 2007. Spatial patterns of the germinable soil seed bank of coexisting perennial-grass species in grazed shrublands of the Patagonian Monte. Plant Ecol. Springer Science Business Media B.V.

Roberto Z., G. Casagrande y E. F. Viglizzo. 1994. Lluvias en la Pampa Central. Tendencias y variaciones. Centro Reg. La Pampa-San Luis, INTA. N° 12. 25 pp.

Romero M. B., R. L. Sager y J. L. Leporati. 2003. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de materia seca de *Poa ligularis* en la región semiárida pampeana. Resultados preliminares. Resumen de trabajos del 2º Congreso de Manejo de Pastizales Naturales. Asociación Argentina para el Manejo de Pastizales Naturales.

Rubio G., R. S. Lavado y F. Gutierrez Bohem. 1995. Fertilización de un pastizal natural: respuesta de especies C3 y C4. Actas XVII Reunión Argentina de Ecología. pp 208.

Rúgolo de Agrasar Z. E., P. E. Steibel y H. E. Troiani. 2005. Manual ilustrado de las gramíneas de la provincia de La Pampa. Editorial de la Universidad de La Pampa y editorial de la Universidad de Río Cuarto. 1° Ed. pp 374.

Ruiz M. A. y G. F. Covas. 2004. Producción de semillas de *Bromus auleticus* Trin. ex Nees. Momento de fertilización y distanciamiento entre hileras. RIA, 33 (1), Págs. 49-60. INTA, Argentina.

Scott, S. J., R. A. Jones and W. A. Williams. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science, 24: 1192-1199.