

10. RESPUESTA ESTACIONAL EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL FORRAJE A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE VERDEOS DE INVIERNO SEMBRADOS EN DIRECTA Y CON PREPARACIÓN CONVENCIONAL DE SUELO

10.1 INTRODUCCIÓN

El costo de la unidad de materia seca producida por un verdeo anual es normalmente superior al generado a partir de una pradera de media o larga duración que persiste productivamente tres o cuatro años, simplemente porque los períodos de amortización entre ambas opciones son muy diferentes. Dentro de los verdeos, las avenas resultan más costosas inicialmente que raigrás, por costo superior de la semilla y mayores requerimientos de densidad de siembra. Sin embargo existen diferencias entre estos dos verdeos clásicos, que justifican el uso de ambos. *Avena byzantina* (tipo 1095a) es altamente resistente al calor y acepta siembras a partir de enero (Formoso 2007b, 2008b), presentando un potencial de crecimiento de otoño superior a raigrás.

Raigrás no tolera al estado de plántula temperaturas muy altas (Formoso, 2004), por lo que se siembra generalmente a partir de mediados a fines de marzo, si se pretenden bajar riesgos. En algunos casos se asume el riesgo y las siembras comienzan a partir de la última semana de febrero, primera de marzo. En estas situaciones se corren riesgos altos de pérdida del cultivo por excesos de temperatura, pero si este evento climático no se registra, se adelanta la primera entrega de forraje. Raigrás tiene una capacidad de producción de otoño inferior a la avena y la supera en producción invernal. El raigrás de ciclo largo, también tiene problemas con altas temperaturas, en gene-

ral produce algo menos en otoño e invierno, pero presenta altos rendimientos de forraje en primavera. Mientras que las avenas son susceptibles a pulgón y roya, raigrás generalmente presenta menor frecuencia de situaciones con problemas originados por este insecto plaga o por roya, especialmente el raigrás Estandzuela 284.

Los verdeos de invierno son una opción necesaria dentro de las rotaciones. Actúan interrumpiendo el ciclo de enfermedades, especialmente de leguminosas, deprimiendo el potencial patogénico de los suelos. Posibilitan un control más eficiente de malezas especialmente de hoja ancha ya que toleran herbicidas de bajo costo y amplio espectro de control. Son recomendados para bajar el nivel de gramilla en las chacras en conjunción con aplicaciones de glifosato, previo a la siembra del verdeo y posteriormente cuando finaliza su ciclo de crecimiento. En términos forrajeros normalmente presentan tasas de crecimiento superiores a la mayoría de las especies perennes durante el período frío y si se manejan correctamente proveen de abundante forraje de calidad en estaciones como otoño e invierno, que normalmente son deficitarias en forraje especialmente en sistemas de producción con carga animal media a alta.

Para aprovechar el mayor potencial de producción a bajas temperaturas que estas especies presentan, además de requerir ser manejadas correctamente en términos de defoliación, pastoreos, no deberían presentar limitaciones importantes de nutrientes.

En términos de nutrición mineral, nitrógeno y fósforo son los elementos comúnmente considerados, pero especialmente el nitrógeno en gramíneas actúa como un gran potenciador de la división celular a nivel de meristemas, promotor del aumento de peso y/o tamaño de tejidos y órganos involucrados en el crecimiento vegetal, lo que frecuentemente determina incrementos importantes en la producción de forraje si el suministro de nitrógeno del suelo es limitante.

El impacto provocado por el uso del nitrógeno, a pesar de ser un insumo que incide de forma gravitante sobre el costo total del verdeo, debería encararse con un enfoque global a nivel de predio, puesto que disminuye las necesidades de sobre-pastoreo de praderas perennes. Éstas consecuentemente producen más forraje en el período frío y en el año, posibilitando además potenciar la producción de forraje de los verdeos en períodos de baja disponibilidad de pasto. Por tanto, es incorrecto cargar el costo del fertilizante nitrogenado a los verdeos exclusivamente, puesto que en un sistema de producción correctamente diagramado, la sustitución del surplús de forraje provisto por verdeos, evita o disminuye el sobrepastoreo de praderas permanentes y éstas aumentan en valores importantes la capacidad de producción (Formoso, 2010).

La información existente de respuesta al nitrógeno en verdeos de invierno es escasa y dispersa, normalmente no hay trabajos comparativos entre distintos verdeos y generalmente las respuestas mostradas comprenden todo el ciclo de crecimiento del verdeo. En esta situación los mayores incrementos de forraje se producen en primavera, consecuentemente enmascaran las respuestas verdaderas de otoño e invierno dentro de los sistemas de producción.

Durante cuatro años se cuantificó la respuesta a la aplicación de nitrógeno, cuatro dosis, en tres estaciones del año en forma independiente (otoño, invierno y primavera), en condiciones de siembra directa y con preparación convencional del suelo, para cuatro verdeos de invierno, *Avena byzantina*, raigrás de ciclo corto, raigrás de ciclo largo y la mezcla de avena más raigrás de ciclo

largo. En invierno además se cuantificó el efecto residual sobre la producción de forraje de dos dosis de nitrógeno aplicadas en otoño.

En los trabajos, además de rendimientos de forraje se reportan alturas de forraje, densidad del mismo, concentraciones de materia seca, variables relacionadas con la calidad y contenido de siete minerales.

Las concentraciones de materia seca constituyen un elemento importante en estas pasturas, puesto que en condiciones de bajas edades de rebrote y fertilización nitrogenada, en períodos donde normalmente se producen excesos de agua en el suelo o sobre el forraje por rocíos o niebla, pueden llegar a tenores muy bajos. Éstos pueden originar trastornos digestivos, diarreas, limitar el consumo de forraje y consecuentemente el producto animal obtenible, carne o leche. La investigación ha generado una serie de opciones para solucionar el problema cuando ocurre, vía suplementación con voluminosos o concentrados. El manejo correcto de este problema determina altos registros productivos en otoño e invierno, que además posibilitan mantener mayor carga animal en el sistema y aprovechar más eficientemente las mayores producciones de forraje de primavera para ser convertidas en carne, leche o lana.

Paralelamente se comparó la producción estacional de los verdeos con opciones perennes, simulando sistemas de producción, información que se mostrará en otro capítulo.

10.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

Los experimentos se sembraron con sembradora de directa de uso comercial, ubicándose en chacras con tres o cuatro años de historia previa de siembra directa pertenecientes al sistema agrícola ganadero intensivo de producción de carne o de leche de La Estanzuela.

Los suelos fueron Brunosoles Eútricos o Subeútricos pertenecientes a la unidad Ecilda Paullier - Las Brujas. Las texturas en los 20 cm superiores de los perfiles correspon-

dían a franco arcillo limosas, mientras que las principales características químicas se ubicaron en los rangos siguientes: pH en agua (5.6 a 5.8), materia orgánica (3.3 a 4.6 %), fósforo por Bray 1 (9 a 17 ppm).

Las situaciones de partida de las chacras fueron praderas de tres a cuatro años compuestas mayoritariamente por festuca, básicamente festucuales, con muy escasa presencia de alfalfa y trébol blanco (contenidos menores a 10% de área cubierta), degradadas, con infestación baja a media de gramilla.

Los períodos de barbecho, comenzaban en diciembre con la aplicación del herbicida glifosato en dosis de 3 a 6 litros/ha según contenidos de malezas, especialmente gramilla. La preparación convencional del suelo se realizó con excéntrica, una a dos pasadas según condiciones del suelo, y posterior afinado con disquera pesada.

Las siembras de las especies forrajeras tanto con preparación convencional de suelo (LC) como en directa (SD) se realizaron con una sembradora de directa, John Deere modelo 750, de 16 líneas espaciadas a 0.19 m. Las semillas fueron sembradas en la línea, a profundidades de siembra que variaron según el estado de los suelos, especialmente sus contenidos de humedad, entre 9 y 18 mm para las semillas de raigrás y entre 27 y 36 mm para avena. Las profundidades de siembra superiores se utilizaron cuando el frente de humedad del suelo se ubicaba más profundo dentro del perfil.

La siembra de avena más raigrás fue a surco alterno, un surco de raigrás, otro de avena, respetando las profundidades de siembra para cada especie. En la siembra se fertilizó con 0-46-46-0 (super triple), el fertilizante se aplicó en la misma línea de siembra con dosis de 50 kg/ha. Las densidades de siembra fueron de 120 kg/ha para Avena Estanzuela 1095a, de 15 kg/ha para raigrás Estanzuela 284, de 20 kg/ha en raigrás INIA Titán. En la mezcla se sembraron 60 kg/ha de avena y 15 kg/ha de raigrás Titán. El tamaño de las parcelas varió entre 8 líneas (media sembradora), o 16 líneas, a 0.19 m de separación entre líneas y los largos fueron entre 12 y 18 m. Se replicaron los experimentos en cuatro años diferentes,

identificándose como situaciones 1, 2, 3 y 4. Las siembras se realizaron en los primeros 10 días de marzo dando como fecha central de siembra para los cuatro años el 6 de marzo. Se evaluó la respuesta a cuatro dosis de nitrógeno cuya fuente fue urea, las dosis fueron 0, 46, 92 y 184 kg N/ha que se agregaban la mitad a inicio de estación, excepto en otoño que se fertilizaban cuando la avena presentaba 5 cm de altura, y el 50% restante enseguida del corte realizado a mitad de estación. Cada estación del año fue un experimento independiente. La respuesta en otoño (O) comprendió los meses de marzo+abril+mayo, la de invierno (I), junio+julio+agosto y la de primavera (P) setiembre+octubre+noviembre. Cada estación de 90 días fue dividida en dos períodos de 45 días cada uno, el primer período se identifica con el número 1 y el segundo con 2, por ejemplo para otoño la nomenclatura usada fue O1 y O2. Una vez finalizado el otoño, en invierno se cuantificaron los efectos residuales de la aplicación de 46 y 184 kgN/ha aplicado en otoño sobre la producción de forraje en invierno.

En los experimentos, cada bloque fue dividido longitudinalmente en dos, ubicándose la opción de siembra directa (SD) y laboreo convencional de suelo (LC) y dentro de ellos se sortearon al azar, estaciones del año, dentro de estaciones tipo de verdeos y finalmente las cuatro dosis de nitrógeno. Se utilizaron cinco repeticiones.

La producción de forraje expresada en kg/ha de materia seca de la especie sembrada fue cuantificada por cortes con pastera rotativa regulada para dejar un rastrojo residual de 4 cm. El forraje cortado se retiraba de la parcela. La frecuencia de cortes aplicada simuló un pastoreo rotativo y por estación se realizaron entre dos y tres cortes, donde uno se ubicaba a mitad de cada estación. Los experimentos se mantenían limpios de malezas, de hecho estas fueron casi inexistentes y los rendimientos que se reportan son de las especies sembradas.

El forraje cortado se secaba a 60 °C hasta peso seco constante y se le realizaron análisis de calidad y contenido mineral que se mostrarán en los cuadros correspondien-

tes. En los cuadros de información se indican para cada período la media de las alturas de cortes, las concentraciones de materia seca y las densidades del forraje. En la densidad del forraje debe tenerse presente que corresponde al horizonte de pastoreo, es decir por encima de los 4 cm de altura.

10.3 RESULTADOS

Con el objetivo de ordenar la información se tratará cada opción de verdeo en forma independiente, aunque todos los datos de las especies son estrictamente comparables entre ellos. En la práctica normalmente asesores y empresarios seleccionan un tipo de verdeo, avena, o raigrás, razón por la cual se optó por ordenar la información por especie.

10.3.1 Respuesta a aplicaciones de nitrógeno en Avena Estanzuela 1095 a

En el cuadro 1 se muestra la información media de todos los experimentos realizados, para siembras de la primera semana de marzo. Además de los rendimientos de forraje estacionales (kg MS/ha) que corresponden por estación a trabajos independientes entre ellos, se informa la producción total. Esta obviamente corresponde a la suma de cada

dosis aplicada en cada estación. También se indican las alturas (A cm) con que se manejó la especie, recordando que a dicha altura, a nivel de campo se le debe sumar 4 cm más, así como las concentraciones de materia seca (MS %) y la densidad del tapiz (kg MS/cm). Los verdeos no presentaban huecos en los surcos, es decir, fueron verdeos densos en concentración de forraje, figura 1.

En capacidad de producción de forraje para siembras de marzo, otoño es una estación de alto potencial de crecimiento con avena, donde para la tasa de fertilización nitrogenada menor, 46 kg, en LC se produjeron 3632 kgMS y en SD 3199. Sigue primavera con registros similares a los de otoño, siendo el invierno la estación de menor rendimiento, cuadro 1.

Los rendimientos medios de forraje en LC y SD fueron similares ($P>0.05$), si bien en O la tendencia muestra una producción un 10% superior en situaciones de LC sobre SD ($LC/SD=1.10$), esta no fue significativa ($P>0.05$). En I y P, las opciones de siembra también determinaron rendimientos medios similares ($P>0.05$) entre ambas.

Ocurren situaciones particulares donde se originan diferencias importantes entre los rendimientos obtenidos en situación de LC versus SD. En este sentido Formoso,



Figura 1. Avena rebrotando luego del corte de mitad de otoño.

Cuadro 1. Avena Estanzuela 1095a. Respuesta a la aplicación de nitrógeno en situación de laboreo convencional del suelo (LC) y siembra directa (SD) en otoño (O), invierno (I) y primavera (P).

	Dosis (kgN/ha)	Rendimiento (kg MS/ha)				Altura (cm)			%MS			Densidad (kg MS/cm)		
		O	I	P	T	O	I	P	O	I	P	O	I	P
LC	0	2886	1622	2242	6751	16	11	20	25	24	24	52	44	49
LC	46	3632	2727	3725	10083	18	15	23	26	22	27	60	57	66
LC	92	3757	3210	3798	10765	19	17	25	23	20	26	60	59	63
LC	184	4124	3139	3422	10685	20	17	24	24	18	25	63	57	56
SD	0	2724	1722	2435	6880	15	11	21	23	25	29	54	45	48
SD	46	3199	2638	3636	9472	17	15	24	23	21	26	57	55	63
SD	92	3421	2981	3947	10350	17	17	25	21	20	25	59	55	65
SD	184	3726	3179	3724	10629	18	18	26	22	18	24	64	56	59
LC/SD		1.10	1.01	0.96	1.02									

Rendimiento de forraje: kgMS/ha; altura del forraje por encima de la altura de corte (A cm); concentración de materia seca (%MS); densidad del forraje (kgMS/cm); cociente entre los rendimientos de materia seca en LC y SD, LC/SD.

(2005d), muestra en verdeos de invierno que avena Estanzuela 1095 a tiene rendimientos de forraje en O entre 20 y 25% superior ($P < 0.05$) en LC comparativamente con SD, en tanto en invierno la magnitud de la diferencia entre esos ambientes disminuye a solamente 5% ($P > 0.05$).

Con la menor dosis de N aplicada, 46 kgN/ha, cantidad frecuentemente utilizada por productores, interesa destacar que la misma en otoño aumenta un 26 y 17% los rendimientos de forraje con respecto al testigo para la opción de LC y SD respectivamente. En invierno el uso de la misma dosis nitrogenada determina aumentos de rendimientos de forraje sumamente importantes, 68 y 53% para las situaciones de LC y SD. Este surplus de forraje en respuesta al N durante el período invernal debería ser especialmente considerado dentro de los sistemas de producción.

Con relación a las alturas del forraje a partir de los 4 cm del nivel de suelo se varió en O entre 15 y 20 cm, en I, la estación de menor crecimiento entre 11 y 18 cm y en P los valores se ubicaron entre 20 y 26 cm (cuadro 1). Obviamente que en términos de altura, puesto que todas las dosis de N se cortaban el mismo día, en la medida que incrementa el nivel de suministro de N, aumentan normalmente las alturas del forraje originadas por el efecto potenciador del N

sobre crecimiento vegetal, número y tamaño celular.

Las concentraciones de materia seca del forraje, media de todos los cortes realizados en cada estación, en general tienden a disminuir en la medida que aumenta la dosis de N, a consecuencia de una proporción más importante de tejidos jóvenes en crecimiento dentro de la planta, que histológicamente presentan tenores superiores de agua. Sin embargo avena, en general, para todas las estaciones del año superó las concentraciones de 20% de materia seca, exceptuando invierno en las dosis máximas de N aplicadas. En primavera, con el advenimiento de la etapa reproductiva, la oferta forrajera comienza a enriquecerse de estructuras caulinares a pesar del alto número de cortes por estación realizado y consecuentemente los tenores de materia seca se elevan, localizándose entre 24 y 29%.

Las mayores densidades del forraje ocurrieron en O y P (cuadro 1). En P normalmente con la ocurrencia del estado reproductivo y alargamiento de entrenudos, disminuye la densidad del forraje de las gramíneas. La realización de cortes frecuentes durante el ciclo del cultivo, origina restricciones frecuentes de energía que determinan que operen más intensamente los mecanismos internos de las plantas relacionados con la plasticidad morfológica en un

sentido adaptativo al esquema de cortes impuesto. Esto determina que la estructura de las plantas sea más compacta, menor longitud de entrenudos pese a la disponibilidad de N, menor dimensión de sus órganos, razón por la cual las densidades del forraje se conservaron altas (cuadro 1). Esto, en condiciones de producción se verifica frecuentemente en los sistemas que sobrepastorean las gramíneas y éstas responden a dicha situación con mayor número de macollos por planta, que en general son de menor tamaño y estos modifican su hábito de crecimiento en el sentido de ser menos verticales y más horizontales, es decir ubican las hojas más próximas al suelo, o sea, una estructura de plantas más postrada. Este es un mecanismo de plasticidad morfofisiológica, que las plantas bajo pastoreo frecuentemente adoptan, para tratar de conservar mayor cantidad de aparato foliar y así mantener el suministro de energía vía fotosíntesis para procesos vitales y proteger la supervivencia del individuo.

Con los rendimientos medios de forraje en cada estación de crecimiento se ajustaron ecuaciones de respuesta a la aplicación de las distintas dosis de nitrógeno en situaciones de LC y SD (cuadro 2).

A partir de la información presentada en el cuadro 2, referente a las regresiones cuantificadas para la secuencia de años estudiada, surge claramente a partir de los componentes lineales que la conversión del nitrógeno aplicado en materia seca fue muy su-

perior en condiciones de LC comparativamente con SD. Probablemente este hecho se explique por mejor desarrollo de las plantas, tanto su aparato radical como la parte aérea en situación de LC con respecto a SD. En este sentido los componentes lineales en LC fueron comparativamente con la opción de SD un: 71, 119 y 66 % superiores para O, I y P, respectivamente.

Con el objetivo de facilitar y dar mayor precisión a la presupuestación forrajera en sistemas de producción, se informan los rendimientos de materia seca dentro de cada estación, dividida en dos subperíodos de 45 días cada uno. Esta división es importante desde el punto de vista de la disponibilidad de forraje para el sistema, puesto que generalmente el primer período de otoño tiene muy condicionada su producción a los factores de ambiente que aceleran o enlentecen el crecimiento posterior pos-siembra, mientras que en primavera, el momento en que las especies alargan sus entrenudos puede determinar diferencias importantes entre los primeros y segundos 45 días, no solamente en rendimientos de forraje, sino también en la calidad del mismo.

Para los años estudiados se muestran los rendimientos de forraje mínimos, medios y máximos, así como las respuestas al N expresadas en kgMS/kgN (cuadro 3).

En general, la conversión de nitrógeno en materia seca fue superior en condiciones de LC comparativamente con SD (cuadro 3).

Cuadro 2. Avena 1095a. Ecuaciones de respuesta a la aplicación de nitrógeno en SD y con LC, en otoño (O), invierno (I) y primavera (P), valores de R² y nivel de nitrógeno correspondiente al rendimiento máximo.

		Avena E 1095a	R²	Max
LC	O	$y = 2940 + 13,7x - 0,04 x^2$	0,96	170
LC	I	$y = 1644 + 26,9x - 0,10 x^2$	1,00	131
LC	P	$y = 2343 + 30,3x - 0,13 x^2$	0,92	113
SD	O	$y = 1895 + 8,0x - 0,02 x^2$	0,99	161
SD	I	$y = 1769 + 12,3x - 0,03 x^2$	0,97	193
SD	P	$y = 2026 + 18,2x - 0,08 x^2$	0,94	108

Max=kgN/ha correspondiente al rendimiento máximo.

Cuadro 3. Avena E 1095 a. Producción de forraje (kg MS/ha) SD y LC, para cuatro dosis de N por estación en sus primeros 45 días (1) y segundos 45 días (2).

Avena Estanduzela 1095 a							
Siembra	Dosis (kgN/ha)	Rendimiento (kg MS/ha)					
		O 1	O 2	I 1	I 2	P 1	P 2
LC	0	850	1421	671	429	940	827
LC	0	1080	1806	990	632	1193	1050
LC	0	1452	2426	1216	777	1322	1163
LC	46	1207	1720	1364	1036	2114	1119
LC	46	1497	2134	1549	1178	2436	1289
LC	46	1898	2705	1829	1390	2639	1396
LC	92	1173	1809	1856	1189	2180	992
LC	92	1478	2279	1956	1253	2610	1188
LC	92	1897	2926	2121	1359	2908	1323
LC	184	1173	1992	1667	1082	1791	863
LC	184	1528	2596	1904	1235	2309	1113
LC	184	1905	3235	2108	1368	2744	1323
SD	0	691	1187	670	383	1247	728
SD	0	1002	1721	1095	626	1537	897
SD	0	1365	2343	1461	836	1702	993
SD	46	805	1454	1239	909	1764	1056
SD	46	1140	2059	1521	1116	2274	1362
SD	46	1463	2644	1963	1440	2820	1689
SD	92	975	1418	1456	1273	1902	983
SD	92	1393	2028	1591	1391	2602	1345
SD	92	1832	2666	1829	1599	3059	1581
SD	184	873	1663	1712	1235	1594	935
SD	184	1282	2444	1847	1332	2347	1377
SD	184	1754	3343	1916	1382	2990	1754

Valores medios en color negro, mínimos en rojo y máximos en verde.

Dentro de cada estación, a medida que aumenta la dosis de fertilización nitrogenada, la conversión de N en forraje disminuye, especialmente en la mayor dosis de fertilización aplicada.

Entre estaciones, la menor respuesta al N se registró en otoño, probablemente explicado por períodos de barbecho largos que posibilitan una mayor mineralización de la materia orgánica, sumado a que la extracción de nitrógeno del sistema vía cortes es aún baja. El experimento de respuesta al N en invierno, durante otoño es cortado tres a cuatro veces, sin evaluar y retirando todo el forraje. En invierno aumenta sustancialmente la conversión de N en forraje, probablen-

te porque los cortes de otoño extraen cantidades importantes de N del sistema y éste se torna más limitante del crecimiento a pesar de que es una estación que teóricamente las temperaturas bajas limitan la capacidad de crecimiento (figura 2) y la conversión de N en forraje continúa aumentando más en P (cuadro 3).

También se cuantificó el efecto residual de dos dosis de nitrógeno aplicadas en otoño, 46 y 184 kgN/ha sobre la producción de forraje en la siguiente estación, invierno, en que dichas parcelas se mantuvieron sin fertilizar con urea (cuadro 4). Otro de los aspectos a ponderar económicamente cuando se aplican fertilizantes nitrogenados en



Figura 2. Avena LE 1095 a, a fines de julio.

verdeos de invierno son sus efectos residuales en períodos siguientes que se mantienen sin fertilizar.

El nitrógeno por ser un nutriente muy móvil en el suelo, varía rápidamente su contenido, sobre todo en períodos donde ocurren precipitaciones frecuentes. Este aspecto se corrobora con los rendimientos de forraje medidos en los segundos 45 días del invierno (I 2), donde tanto en LC como en SD desaparecen los efectos residuales de la aplicación de otoño, puesto que los rendimientos registrados en los tratamientos donde se aplicaron 46 y 184 kgN/ha en otoño, no se diferencian ($P > 0.05$) del tratamiento testigo donde no se aplicó nitrógeno (cuadro 4). Sin embargo en los primeros 45 días del invierno, (I1) en LC se incrementaron ($P < 0.05$) los rendimientos de forraje con respecto al testigo sin N en 361 y 660 kg MS/ha, valores equivalentes a aumentos por-

centuales de 33 y 61%, respectivamente, para las dosis otoñales de 46 y 184 kgN/ha. En SD, un efecto residual importante, aumento del 45% con relación al testigo se verificó solamente en la mayor dosis de nitrógeno aplicado en otoño (cuadro 4).

La información muestra que por lo menos en los primeros 45 días de invierno y especialmente en la opción de LC se puede capitalizar con incrementos importantes de forraje en invierno, las aplicaciones de N del otoño previo.

10.3.2 Calidad y contenido mineral del forraje

Tanto la calidad como el contenido mineral del forraje se muestran en períodos de 45 días dentro de cada estación del año, acotándose además los valores medios de altura del forraje y rendimientos de materia seca para los cortes realizados en cada período, con el objetivo de brindar elementos para ubicarse mejor en el estado del verdeo en relación a su composición.

La figuras 3 (a-d) brindan una idea de la evolución estacional de las variables relacionadas con calidad del forraje y el impacto de las dosis de nitrógeno aplicadas.

En general a partir del segundo período de 45 días de otoño (O2) aumentos en la dosis de fertilización nitrogenada elevaron las concentraciones de DMO (figura 3) y dentro de una misma dosis de fertilización las DMO aumentaron hacia los primeros

Cuadro 4. Avena E 1095 a. Efecto residual de aplicar 46 y 184 kgN/ha en otoño, sobre los rendimientos de forraje en invierno. Medias de cuatro años.

	kgN/ha	O 1	O 2	I 1	I 2
LC	0	850	1421	1083	692
LC	46	1173	1758	1444	825
LC	184	1139	1874	1743	611
SD	0	691	1187	1155	661
SD	46	873	1400	1262	627
SD	184	884	1690	1682	648

Valores en rojo se diferencian ($P < 0.05$) del testigo correspondiente.

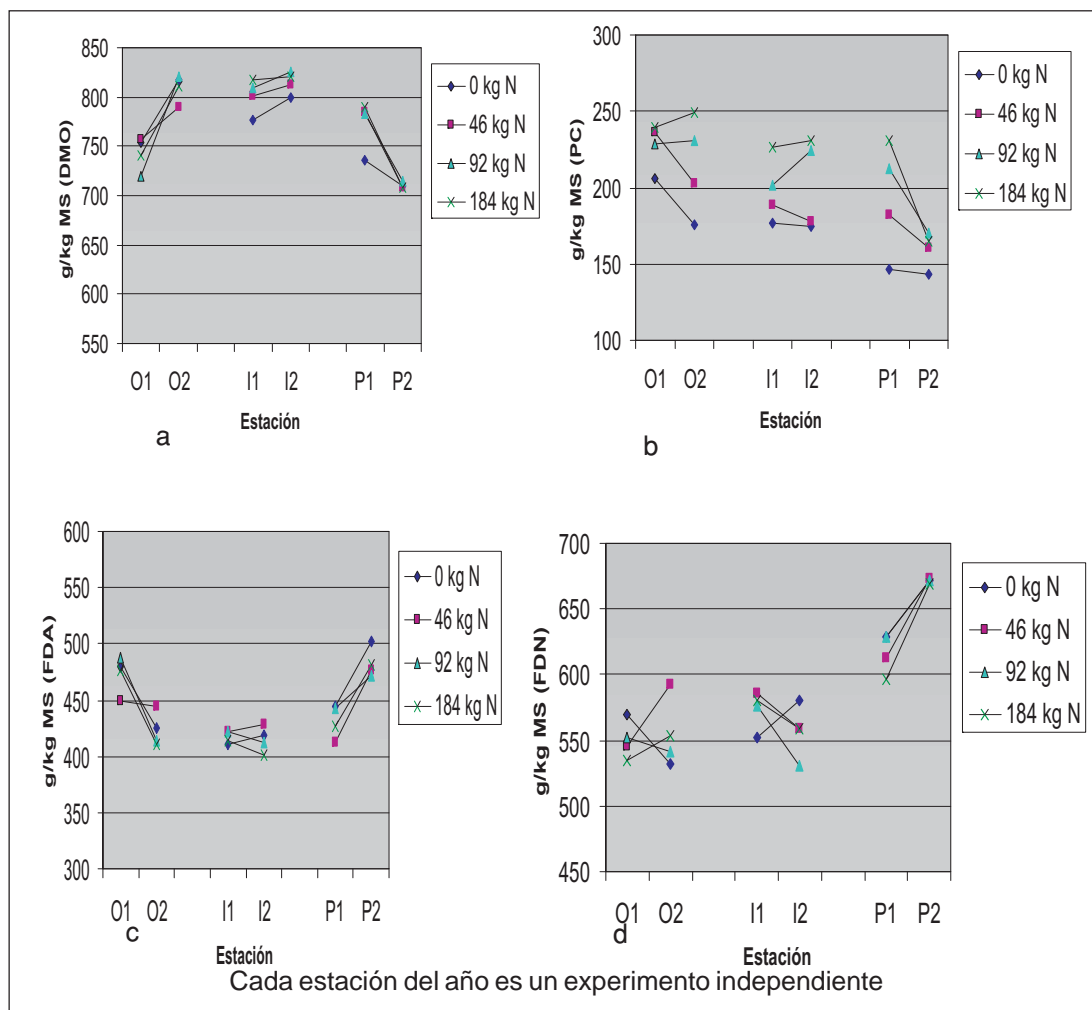


Figura 3. Avena 1095 a. Evolución temporal de la concentración de la digestibilidad de la materia orgánica (DMO); proteína cruda (PC); fibra insoluble en detergente ácido (FDA) y fibra insoluble en detergente neutro (FDN) en respuesta a cuatro niveles de nitrógeno aplicados en forma independiente en otoño, invierno y primavera.

45 días de primavera (P1), especialmente en los dos niveles superiores de aplicación de nitrógeno (figura 3a; cuadro 5). En los últimos 45 días de primavera (P2) comparativamente con (P1) en la medida que se aumentó la dosis de N de 46 a 184 kg/ha, las concentraciones de DMO disminuyeron con el aumento de la dosis de N. Esto se explica porque el forraje con aumentos de las dosis de N en P2 se enriqueció en estructuras caulinares, tallos, cuadro 5.

Las concentraciones de PC en general disminuyeron desde O2 a P2 dentro de cada

dosis de nitrógeno aplicada, (figura 1b, cuadro 5).

Dentro de cada estación del año en la medida que se elevaba el suministro de N, las concentraciones de PC aumentaban. En las tres estaciones, los aumentos de la PC ajustaron modelos cuadráticos, siendo para O, I y P los siguientes: $y=187+0,69x-0,0022x^2$ ($R^2=0,99$), $y=180+0,28x-0,0007x^2$ ($R^2=0,99$), $y=141+0,58x-0,0015x^2$ ($R^2=0,91$) respectivamente.

Las concentraciones de FDA en términos generales aumentan de otoño a primavera

Cuadro 5. Avena E 1095a. Variables relacionadas con calidad del forraje y contenido mineral, en siembra directa, en tres estaciones del año y cuatro dosis de nitrógeno.

Dosis (kgN/ha)	E	A (cm)	kg MS/ha	CALIDAD (g/kgMS)					MINERALES (g/kgMS)						
				DMO	PC	FDA	FDN	C	P	Ca	Mg	K	Na	S	Cl
0	O ₁	18	691	733	182	354	480	148	3,06	4,60	1,50	28,80	1,37	2,33	4,05
0	O ₂	13	1187	725	195	403	532	168	2,93	4,60	1,90	31,70	1,57	4,08	7,16
0	I ₁	14	1155	732	182	399	514	162	3,80	5,50	1,80	29,35	1,57	3,08	6,29
0	I ₂	11	661	723	179	434	540	236	3,00	6,95	2,20	28,05	1,52	3,62	4,91
0	P ₁	13	1247	711	154	433	593	210	3,16	5,80	1,85	19,90	1,27	3,65	4,10
0	P ₂	18	728	717	135	478	647	193	2,97	5,80	1,80	18,60	1,07	2,87	4,15
23	O ₁	18	805	684	202	374	491	120	3,14	4,70	1,60	30,80	1,27	2,39	4,23
23	O ₂	16	1454	763	225	411	506	163	3,20	4,40	1,80	37,40	1,47	3,62	7,45
23	I ₁	17	1239	747	192	383	495	148	3,37	5,30	1,70	31,65	1,62	2,37	5,96
23	I ₂	12	909	756	197	410	522	209	2,95	6,40	2,05	28,25	1,47	2,83	4,35
23	P ₁	16	1764	748	178	368	546	133	3,06	5,00	1,70	26,50	1,42	2,37	3,48
23	P ₂	18	1056	736	132	439	621	145	3,00	4,40	1,60	16,90	1,47	1,70	3,43
46	O ₁	18	975	686	214	415	513	179	3,11	4,70	1,60	31,70	1,47	2,31	4,10
46	O ₂	17	1418	768	254	372	524	144	3,40	4,30	1,70	39,20	1,66	3,29	5,68
46	I ₁	19	1456	739	197	380	504	142	3,34	5,10	1,65	34,60	1,76	2,36	5,27
46	I ₂	16	1273	739	202	412	540	185	3,02	6,25	1,95	31,95	1,62	2,63	3,75
46	P ₁	17	1902	766	213	376	546	123	3,17	4,50	1,60	25,95	1,42	1,95	2,95
46	P ₂	19	983	734	167	418	602	147	3,11	5,20	1,70	19,80	1,66	1,63	3,43
92	O ₁	19	873	698	216	413	478	173	3,31	4,80	1,70	32,90	1,47	3,37	4,48
92	O ₂	17	1663	767	264	364	503	159	3,42	4,10	1,70	41,90	1,66	3,17	5,97
92	I ₁	21	1712	728	238	412	504	201	2,90	6,15	2,00	40,60	1,66	2,72	5,16
92	I ₂	15	1235	747	185	333	464	116	2,58	5,90	1,60	26,20	1,86	1,95	2,16
92	P ₁	17	1594	792	229	369	518	120	3,03	4,30	1,60	27,90	1,62	1,79	3,13
92	P ₂	19	935	724	166	420	606	131	3,02	4,30	1,40	18,60	1,66	1,31	2,66

P₂: finaliza su producción el 3/11. A (cm)= altura del forraje en cm, la altura real a campo tiene 4 cm más. DMO= digestibilidad de la materia orgánica, PC= proteína cruda, FDA y FDN= fibra insoluble en detergente ácido y neutro, respectivamente, C= cenizas, P= fósforo, Ca= calcio, Mg= magnesio, K= potasio, Na= sodio, S= azufre, Cl= cloro.

(figura 3c) y salvo excepciones disminuyen con incrementos de la fertilización nitrogenada (cuadro 5), registrándose en general las mayores concentraciones en el tratamiento testigo, sin nitrógeno. Este al estar limitado por el suministro de nitrógeno, se enriquece en fibra puesto que los tejidos de activo crecimiento están limitados en multiplicarse e incrementar su tamaño precisamente por carencia de concentraciones adecuadas de nitrógeno.

La FDN presenta un esquema evolutivo similar a lo descrito en FDA. En general la FDN incrementa de otoño a primavera y disminuye con aumentos en la tasa de fertilización nitrogenada (figura 3d, cuadro 5).

Los contenidos de los minerales cuantificados se muestran en el cuadro 5 mostrándose las diferencias originadas en las concentraciones de los mismos en las distintas estaciones del año y dosis de fertilización nitrogenada.

10.3.3 Respuesta a aplicaciones de nitrógeno en Raigrás Estandzuela 284

En raigrás Estandzuela 284 para la secuencia de años estudiados se realizaron en media tres cortes en otoño y primavera y cuatro en invierno, la información recabada se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6. Raigrás Estanzuela 284. Respuesta a la aplicación de nitrógeno en situación de laboreo convencional del suelo (LC) y siembra directa (SD) en otoño (O), invierno (I) y primavera (P).

	Dosis (kgN/ha)	Rendimiento (kg MS/ha)				A (cm)			%MS			Densidad (kg MS/cm)		
		O	I	P	T	O	I	P	O	I	P	O	I	P
LC	0	2074	1581	1630	5284	10	10	16	28	21	26	69	47	34
LC	46	2375	3080	1897	7352	11	16	18	26	18	27	71	56	36
LC	92	2437	3139	1773	7348	12	17	16	23	17	27	67	55	34
LC	184	2739	3542	1769	8050	12	18	15	22	16	31	76	58	37
SD	0	1640	1837	1701	5179	9	10	15	24	22	34	63	54	40
SD	46	1675	2974	2072	6720	10	15	18	23	19	31	59	56	41
SD	92	2351	3373	1958	7682	12	17	16	21	17	32	65	58	41
SD	184	2391	3592	1797	7780	12	18	16	21	17	33	68	60	39
LC/SD		1,19	0,96	0,81	1,02									

Rendimiento de forraje: kgMS/ha; altura del forraje por encima de la altura de corte (A cm); concentración de materia seca (%MS); densidad del forraje (kgMS/cm); cociente entre los rendimientos de materia seca en LC y SD, LC/SD.

Contrastando la performance de raigrás sembrado con LC y en SD, surge que en otoño, estación donde se realiza la siembra en la primer semana, los rendimientos de forraje obtenidos en la opción de LC fueron un 19% superiores ($P < 0.05$) a los registrados con SD. Posteriormente, a medida que transcurre el tiempo (invierno) los rendimientos entre ambas opciones de siembra se equiparan. En primavera la producción en SD fue superior ($P < 0.05$) a la de LC, sin embargo dicha superioridad está explicada por el ciclo del raigrás. En LC raigrás adelantó su ciclo, su floración comparativamente con la SD y por ende finalizó antes su crecimiento, ya que se cortaron mayoritariamente tallos elongados. Las mejores condiciones que ofrece el LC comparativamente con la SD para un mayor desarrollo radical y aéreo, determinan que el ciclo de crecimiento se adelante.

Cuando se comparan las producciones totales de las 3 estaciones, los rendimientos de forraje fueron similares ($P > 0.05$) entre las dos opciones de siembra, LC y SD. Formoso (2007d) reporta para varias especies, anuales y perennes, que en general con siembras sobre suelo laboreado se aumenta la precocidad y crecimiento inicial de las forrajeras y a medida que transcurre el tiempo, los rendimientos en LC y SD se equiparan.

La estación donde raigrás 284 acumuló los mayores rendimientos de forraje fue in-

vierno, atributo que concuerda con su ciclo de crecimiento, puesto que este material de floración temprana y ciclo corto, tiene la capacidad de desarrollar altas tasas de crecimiento en el período frío. En la opción de LC sin fertilización nitrogenada se verifica que en otoño produjo más que en invierno. Este hecho se explica porque el LC luego de un largo período de barbecho posibilita mineralizar materia orgánica que al liberar nitrógeno potencia el crecimiento de raigrás. Una vez consumido este nitrógeno, en invierno disminuye la producción de forraje por menor disponibilidad de dicho nutriente. Se recuerda que el experimento de invierno es cortado sin evaluar durante otoño y se retira el forraje.

En términos del manejo de cortes, las alturas del forraje por arriba de los 4 cm que permanecen como césped residual luego de cada corte se ubicaron entre 9 y 18 cm, valores que brindan una idea del manejo de defoliación realizado (cuadro 6).

Las concentraciones de materia seca superiores se registraron en primavera, seguidas por las de otoño, siendo invierno la estación donde el forraje fue más succulento. Precisamente en invierno es donde los aumentos en la tasa de fertilización nitrogenada deprimen en mayor dimensión la concentración de materia seca, sin embargo los tenores menores se ubicaron en 16% (cuadro 6).

Las mayores densidades del tapiz se registraron en otoño, en un nivel inferior le sigue invierno, ubicándose las menores en primavera. Esto se debe a que en dicha estación, raigrás 284 se encuentra en fase reproductiva, estando el forraje enriquecido con tallos verdaderos que presentan entrenudos de mayor longitud, consecuentemente disminuye la densidad del forraje y este evento es de mayor intensidad en LC que en SD debido a que su ciclo se adelanta en dicha situación.

Las respuestas estacionales a la aplicación de N se reportan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Raigrás E 284, ecuaciones de respuesta a la aplicación de nitrógeno en SD y con LC en otoño (O), invierno (I) y primavera (P), valores de R^2 y nivel de nitrógeno correspondiente al rendimiento máximo.

		Raigrás E 284	R^2	Max
LC	O	$y = 2098 + 4,9x - 0,008 x^2$	0,97	297
LC	I	$y = 1706 + 26,8x - 0,092 x^2$	0,91	145
LC	P	$y = 1668 + 3,4x - 0,016 x^2$	0,69	107
SD	O	$y = 1551 + 8,8x - 0,022 x^2$	0,81	198
SD	I	$y = 1881 + 25,1x - 0,086 x^2$	0,99	145
SD	P	$y = 1742 + 6,2x - 0,032 x^2$	0,74	95

Max=kgN/ha correspondiente al rendimiento máximo.

Tanto en LC como en SD, todos los ajustes fueron cuadráticos, destacándose tres aspectos. El primero radica en las bajas conversiones de N en forraje durante otoño, especialmente en la opción de LC, probablemente explicado por la buena disponibilidad de este nutriente en dicha estación originado por el manejo realizado a las chacras, antecedente de pradera degradada y largo período de barbecho. Un segundo atributo a resaltar es la respuesta que este material presenta durante el período frío invernal con coeficientes lineales de 26,8 y 25,1 kgMS/kgN para las opciones de LC y SD respectivamente (figura 4).

Esta característica debería ser tenida en cuenta en los sistemas de producción puesto que mediante la utilización inteligente de la fertilización nitrogenada se puede aumentar la disponibilidad de forraje, en la estación normalmente más limitante del año, invierno. Finalmente la tercera característica resaltable son las bajas conversiones de nitrógeno en forraje durante primavera. Este hecho se explica porque este cultivar de raigrás es de ciclo corto, encaña a fines de invierno y por tanto en primavera los rebrotes son pobres, más en la situación de LC que en SD, por el adelantamiento de su ciclo. Este hecho se magnifica cuanto más tem-



Figura 4. Raigrás Estanzuela 284 en julio.

prano se realicen las siembras y la situación de estos experimentos corresponde a siembras realizadas en la primera semana de marzo. En la medida que las siembras se atrasan en otoño, los ciclos en primavera se extienden más sobre el final de la misma.

Un atributo que raigrás presenta es su crecimiento inicial pos siembra lento (cuadro 8) que en parte también explica la baja conversión de nitrógeno en forraje en este período, aspecto que se diferencia claramente de avena (cuadro 3). Las bajas tasas de crecimiento inicial de raigrás explican los rendimientos de forraje registrados en los primeros 45 días de otoño (O1) que en me-

dia para todos los experimentos realizados no superó los 500 kgMS/ha, ni con la aplicación de las dosis más altas de nitrógeno para los primeros 45 días de otoño, 92 kgN/ha. Esta característica posibilita definir que cuando se requiere entrega rápida de forraje para un sistema de producción en otoño, avena es la mejor opción y por tanto es donde habría que priorizar la fertilización nitrogenada temprana, mientras que en invierno, raigrás por su alto potencial productivo, debería ser la especie de mayor prioridad para aplicarle fertilizante nitrogenado, cuadro 8.

Cuadro 8. Raigrás E 284. Producción de forraje (kg MS/ha) en SD y LC, para cuatro dosis de N por estación en sus primeros 45 días (1) y segundos 45 días (2).

Raigrás Estanzuela 284							
Siembra	Dosis (kgN/ha)	Producción (kg MS/ha)					
		O 1	O 2	I 1	I 2	P 1	P 2
LC	0	402	1374	686	777	540	578
LC	0	469	1604	741	840	788	842
LC	0	537	1835	797	902	1035	1107
LC	46	386	1454	1213	1527	776	637
LC	46	498	1877	1364	1716	1042	856
LC	46	610	2300	1514	1906	1308	1074
LC	92	418	1676	1580	1539	523	410
LC	92	486	1951	1590	1549	993	779
LC	92	555	2225	1599	1559	1463	1148
LC	184	322	1745	1947	1286	489	530
LC	184	426	2313	2133	1409	848	920
LC	184	531	2881	2319	1531	1208	1310
SD	0	311	1169	635	747	582	621
SD	0	345	1295	844	993	823	878
SD	0	378	1422	1054	1239	1064	1135
SD	46	275	1215	1083	1327	868	668
SD	46	309	1366	1336	1637	1171	901
SD	46	343	1518	1589	1947	1473	1134
SD	92	429	1700	1523	1422	771	630
SD	92	474	1877	1744	1629	1078	880
SD	92	518	2055	1965	1835	1385	1131
SD	184	397	1798	1879	1600	636	544
SD	184	432	1959	1940	1652	968	828
SD	184	468	2120	2002	1704	1300	1112

Valores medios en color negro, mínimos en rojo y máximos en verde.

Los valores mínimos, medios y máximos de producción de forraje para la secuencia de años estudiada, en las opciones de LC y SD, en subperíodos de 45 días dentro de cada estación se informan en el cuadro 8.

En situación de siembra temprana, durante los primeros 45 días de otoño (O1), raigrás presenta bajo potencial de producción de forraje. Este se eleva considerablemente ya en el segundo período de otoño (O2), para seguir desarrollando altas tasas de crecimiento durante invierno, potenciándose las mismas especialmente en el segundo período invernal de 45 días. El alto potencial de crecimiento en I2, se explica porque morfofisiológicamente en este período se registra el inicio del alargamiento de entrenudos acompañado de un balance interno de sustancias promotoras de altas tasas de crecimiento que operan principalmente sobre los meristemos intercalares. Este hecho se registra en este período potenciado por la siembra temprana. Debe notarse que en la medida que se aumenta la dosis de fertilización nitrogenada, con 92 kg N/ha prácticamente se equilibran los rendimientos de forraje entre I1 e I2 para que en la mayor dosis de N aplicado, 184kg N, los rendimientos de I1 superen a los de I2. Este hecho muestra como el manejo de un nutriente en función de la dosis puede invertir la relación productiva entre I1 e I2, en la medida que se pueden invertir por manejo de un nutriente los rendimientos entre una mitad y la siguiente dentro de una estación de crecimiento problemática, como normalmente es el invierno.

Ya fue comentado que el momento de siembra y la forma de siembra, LC o SD, son variables manejables por el hombre, que pueden modificar los ciclos de crecimiento así como las capacidades de producción de forraje. Esto indica que cuando se varía algún factor del ambiente, las plantas responden activamente desarrollando respuestas adaptativas, modificando sus ciclos u otros atributos fisiológicos que finalmente se traducen en cambios morfológicos y productivos.

Las respuestas a la aplicación de N fueron máximas en los dos subperíodos invernales (cuadro 8), bajando la magnitud

de las mismas en la medida que se aumentaban las tasas de fertilización nitrogenada, fenómeno esperable en términos de respuesta vegetal. En general las respuestas al N fueron superiores en la opción de LC, comparativamente con SD (cuadro 8).

Los efectos residuales de la aplicación de N (46 y 184 kg) en otoño sobre los rendimientos de forraje en invierno se muestran en el cuadro 9.

Cuadro 9. Raigrás E 284. Efecto residual de aplicar 46 y 184 kg N/ha en otoño, sobre los rendimientos de forraje en invierno. Medias de cuatro años.

	kg N/ha	O 1	O 2	I 1	I 2
LC	0	402	1374	686	777
LC	46	402	1509	1071	926
LC	184	482	2151	1378	979
SD	0	311	1169	635	747
SD	46	311	1320	1106	896
SD	184	450	1813	1542	833

Valores en rojo se diferencian ($P < 0.05$) del testigo correspondiente.

De forma similar a avena, se verifican incrementos importantes en la producción de forraje invernal solamente en el primer período de 45 días. Para las dosis de 46 y 184 kg N/ha aplicadas en otoño, en LC los rendimientos en I1 aumentaron con relación al testigo en 56 y 100%, respectivamente, mientras que para SD los incrementos fueron de 74 y 142%.

Los efectos residuales de la fertilización nitrogenada de otoño en la primera parte del invierno, debería ser ponderada cuando se calculan los costos de la unidad de forraje producido consecuencia de aplicaciones de fertilizante nitrogenado, dichos aumentos evidentemente deprimen el costo directo del N sobre el forraje producido en la misma estación que se aplica. Este tipo de consideraciones, podría promover un mayor uso de este nutriente, simplemente por tener en cuenta además de los efectos directos, los indirectos o residuales. Esto a nivel de sistemas de producción promueve mayores rendimientos de forraje de los verdeos invernales, evitando o disminuyendo la frecuencia de sobre-pastoreos en praderas de

tres a cuatro años y consecuentemente éstas como resultado de un mejor manejo de defoliación, deberían producir más forraje.

10.3.4 Calidad y contenido mineral del forraje

Consecuencia del crecimiento inicial lento pos siembra que presenta raigrás, al primer período de otoño de 45 días le correspondió un solo corte al final del mismo, mientras que en los restantes se realizaron dos cortes. Estas diferencias en números de cortes entre O1 y los restantes períodos implican edades de rebrotes diferentes y esta variable opera en diferenciar la composición química de los forrajes, a pesar que en O1 la prioridad de las plantas está en desarrollar los órganos y funciones prioritarias para captar energía y nutrientes, predominando tejidos jóvenes.

La información obtenida se muestra en el cuadro 10 y las variables relacionadas con calidad del forraje se grafican en la figura 5 (a-d).

La DMO aumenta de los primeros a los segundos 45 días de otoño y a partir de O2 hasta I2 se mantienen relativamente estables con valores altos, para disminuir en primavera durante la etapa reproductiva, alargamiento de entrenudos, donde el forraje pese a la alta frecuencia de cortes se enriquece en la fracción tallos verdaderos.

Globalmente, aumentos en la tasa de fertilización nitrogenada promueven estructuras de crecimiento, e incrementa en general la DMO, sin embargo durante fase reproductiva, el N promociona la presencia de mayor número de estructuras caulinares, aspecto que se traduce en tasas diarias superiores de pérdida de DMO.

Cuadro 10. Raigrás E 284. Variables relacionadas con calidad del forraje y contenido mineral, en siembra directa, en tres estaciones del año y cuatro dosis de nitrógeno.

Dosis (kgN/ha)	E	A (cm)	Producción (kg MS/ha)	CALIDAD (g/kgMS)					MINERALES (g/kgMS)						
				DMO	PC	FDA	FDN	C	P	Ca	Mg	K	Na	S	Cl
0	O ₁	10	311	754	206	480	570	219	3,45	5,40	1,80	35,90	1,27	3,29	4,74
0	O ₂	8	1169	818	176	425	532	178	4,25	3,80	1,30	23,60	1,17	3,54	5,60
0	I ₁	8	635	777	177	410	552	157	4,38	5,15	2,00	32,50	1,12	3,83	6,02
0	I ₂	9	747	799	175	418	581	168	4,23	5,55	2,20	30,45	1,02	4,29	6,58
0	P ₁	13	1064	736	147	445	629	182	3,85	4,50	1,50	17,65	0,97	3,32	6,06
0	P ₂	11	1135	709	143	502	672	202	3,33	4,65	1,50	13,50	0,92	2,13	4,65
23	O ₁	10	343	757	236	449	545	187	3,53	6,10	2,10	40,00	1,27	3,24	4,69
23	O ₂	11	1518	789	203	444	593	183	4,31	3,20	1,30	26,50	1,27	3,06	5,72
23	I ₁	13	1083	801	189	422	586	160	4,38	4,95	2,05	40,55	1,12	3,08	5,61
23	I ₂	15	1327	812	178	428	559	159	4,06	4,60	1,90	31,55	1,02	3,12	5,23
23	P ₁	19	1473	784	182	412	612	139	3,67	4,45	1,75	27,10	1,17	2,58	5,90
23	P ₂	12	1134	708	161	476	673	173	3,48	5,20	1,75	16,30	1,02	2,31	4,49
46	O ₁	10	429	720	229	488	552	206	3,36	6,10	2,10	40,40	1,07	3,41	4,05
46	O ₂	14	1700	821	231	414	541	142	4,16	4,20	1,80	43,90	1,57	3,32	5,66
46	I ₁	16	1523	809	202	422	576	145	4,32	4,20	1,85	39,45	1,12	3,14	5,96
46	I ₂	19	1422	826	224	412	530	154	3,82	4,75	2,10	35,30	1,27	2,71	5,62
46	P ₁	17	1385	783	212	442	629	143	3,57	5,15	2,15	31,10	1,22	2,21	5,83
46	P ₂	13	1131	714	170	471	672	166	3,24	4,95	1,75	16,15	0,92	1,42	3,69
92	O ₁	11	397	740	240	477	535	184	3,75	6,50	2,10	42,90	1,17	3,32	3,90
92	O ₂	14	1798	811	249	411	554	146	4,33	5,50	2,30	51,30	1,47	3,36	6,12
92	I ₁	19	1879	818	226	414	580	148	4,19	4,35	1,95	40,80	1,22	2,86	5,29
92	I ₂	19	1600	820	231	401	559	162	3,90	5,45	2,30	41,05	1,32	2,14	5,74
92	P ₁	17	1300	789	231	426	596	141	3,42	5,30	2,30	30,50	1,17	2,01	4,90
92	P ₂	12	1112	708	165	482	669	188	3,22	5,65	1,75	15,20	0,87	1,48	3,02

A (cm)= altura del forraje en cm, la altura real a campo tiene 4 cm más. DMO= digestibilidad de la materia orgánica, PC= proteína cruda, FDA y FDN= fibra insoluble en detergente ácido y neutro respectivamente, C=cenizas, P= fósforo, Ca=calcio, Mg=magnesio, K=potasio, Na=sodio, S=azufre, Cl=cloro. La DMO aumenta de los primeros a los segundos 45 días.

Si bien al inicio de primavera (1/9), tal como se comentó, en general a más disponibilidad de nitrógeno, mayor DMO, con el avance de primavera el nitrógeno al determinar mayor cantidad de tallos en fase reproductiva origina disminuciones superiores en las tasas de DMO. Mientras que en primavera la DMO en el testigo disminuyó una unidad por día, con 46, 92 y 184 kgN/ha, las depresiones diarias fueron de 1,15, 1,24 y 1,24 respectivamente (cuadro 10; figura 5a).

Las concentraciones de PC en todas las estaciones del año aumentaron con las tasas de fertilización nitrogenada (cuadro 10; figura 5b). En otoño la PC ajustó el siguiente modelo, $y = 192 + 0,60x - 0,0018x^2$ ($R^2 = 0,98$), en invierno, $y = 172 + 0,43x - 0,0007x^2$ ($R^2 = 0,94$) y en primavera $y = 144 + 0,70x - 0,0022x^2$ ($R^2 = 0,99$).

En tanto, la evolución temporal de la PC en el transcurso de las estaciones disminuyó, tanto más cuanto menor fue el nivel de nitrógeno aplicado. Los cortes frecuentes a que fueron sometidos los verdeos, determinaron que los incrementos de producción en primavera se expresaran en menor dimensión comparativamente a que si los períodos de rebrote hubieran sido más prolongados. Frente a un período de rebrote más largo el crecimiento de todas las estructuras de las plantas en fase reproductiva se traduce en acumulaciones de materia seca superiores y se produce un efecto de dilución de la concentración de compuestos nitrogenados intra-planta. Cuando en estas etapas se hacen defoliaciones frecuentes, se limita la expresión del potencial de crecimiento en fase reproductiva y la concentración de nitrógeno intraplanta incrementa relativamente. Lo comentado previamente se visualiza en la segunda etapa de invierno y primera de primavera, donde los dos niveles inferiores de N aplicado, 0 y 46 kg N/ha, se distancian en los contenidos de PC comparativamente con 92 y 184 kg N/ha (cuadro 10; figura 5b).

Las concentraciones de FDA (cuadro 10; figura 2c), durante los segundos 45 días de otoño y todo el invierno se mantuvieron relativamente uniformes, para aumentar en primavera con la fase reproductiva, princi-

palmente en los segundos 45 días de primavera, P2 (figura 5d).

En esta etapa, en el forraje disponible predominan netamente los tallos. Este predominio fue superior en el tratamiento testigo a consecuencia de la limitación de nitrógeno. Esta se traduce en mayor largo de ciclo y menor porcentaje de tallos elongados en períodos previos. Con alto nitrógeno los ciclos se aceleran, alargan los entrenudos previamente originando mayor proporción de tallos, que al cortarse ya no rebrotan. Al presentar el tapiz menor cantidad de tallos, la FDA disminuye (figura 5c).

Las concentraciones de FDN variaron entre 530 y 590 g/kgMS durante la fase vegetativa, para aumentar sostenidamente en primavera como consecuencia del desarrollo de la etapa reproductiva hasta valores de 670 g/kgMS (cuadro 10, figura 5d).

Las concentraciones de minerales se informan en el cuadro 10.

10.3.5 Respuesta a aplicaciones de nitrógeno en raigrás INIA Titán

Raigrás INIA Titán representa el comportamiento de materiales tetraploides de ciclo largo, con floración tardía y de alto potencial de crecimiento en primavera. Con siembras tempranas de la primer semana de marzo, de forma similar al raigrás 284, este material también tiene crecimiento inicial pos siembra lento, razón por la cual en los primeros 45 días de otoño se realizó un solo corte al final del mismo y dos cortes durante los segundos 45 días de otoño. En las restantes estaciones, invierno y primavera se realizaron entre tres y cuatro cortes en cada una.

Cuando se comparan los rendimientos de forraje registrados entre las dos opciones de siembra, LC y SD, se verifica de forma similar a lo ocurrido con avena 1095 a y raigrás 284 que los rendimientos de otoño fueron superiores ($P < 0,05$) en un 32% cuando Titán se sembró con preparación convencional del suelo comparativamente a la SD (cuadro 11).

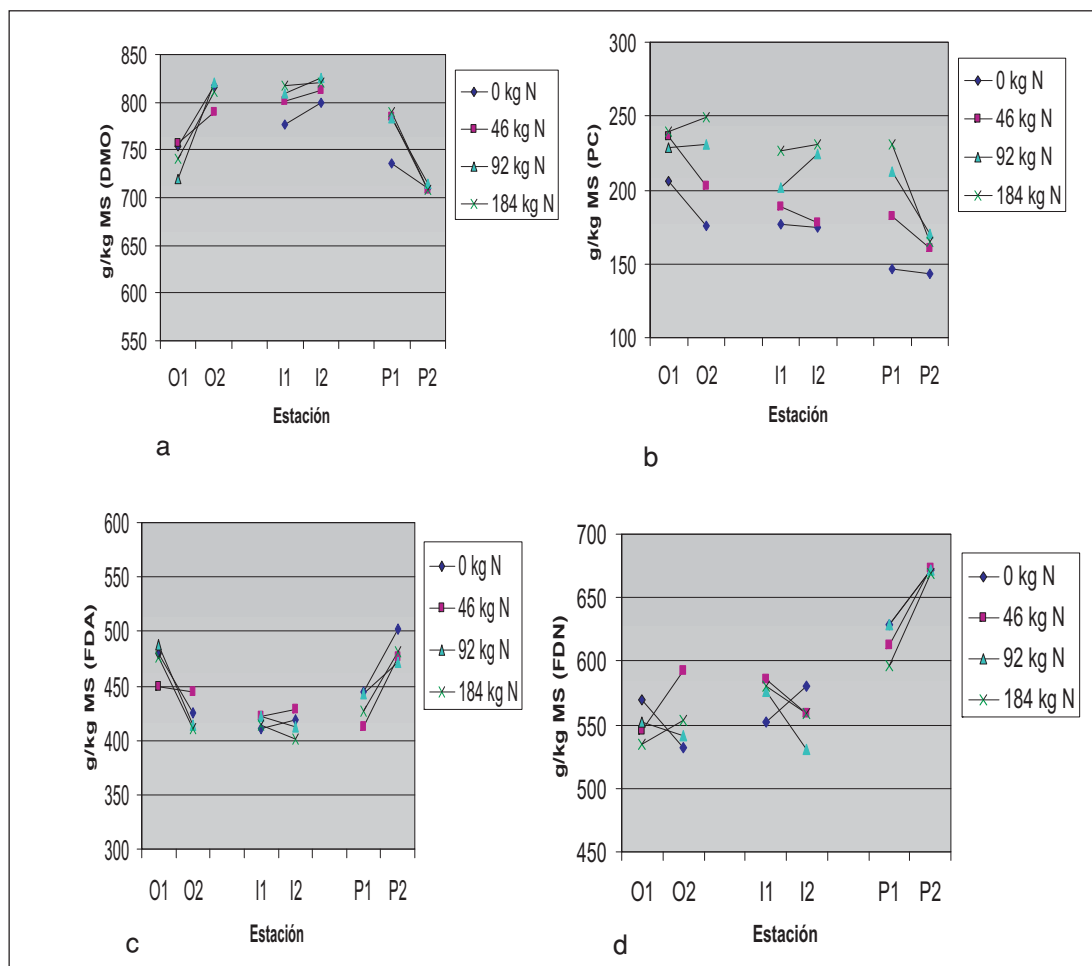


Figura 5. Raigrás E 284, evolución temporal de la concentración de la digestibilidad de la materia orgánica (DMO), proteína cruda (PC); fibra insoluble en detergente ácido (FDA) y fibra insoluble en detergente neutro (FDN) en respuesta a cuatro niveles de nitrógeno aplicados independientemente en otoño, invierno y primavera.

Cuadro 11. Raigrás INIA Titán. Respuesta a la aplicación de nitrógeno en situación de laboreo convencional del suelo (LC) y siembra directa (SD) en otoño (O), invierno (I) y primavera (P).

	Dosis (kgN/ha)	Rendimiento (kg MS/ha)				A (cm)			%MS			Densidad (kg MS/cm)		
		O	I	P	T	O	I	P	O	I	P	O	I	P
LC	0	1780	1643	2371	5794	9	9	16	20	19	24	72	55	40
LC	46	2034	3088	3317	8440	10	13	20	18	17	23	72	71	45
LC	92	2310	3453	3174	8938	11	16	20	20	15	25	71	65	42
LC	184	2415	3948	2763	9126	11	17	19	19	14	22	76	70	39
SD	0	1119	1687	2268	5074	8	8	15	22	21	29	50	59	41
SD	46	1598	2823	2893	7314	9	11	18	21	18	26	59	73	43
SD	92	1737	3184	3105	8027	10	14	19	23	16	27	59	67	43
SD	184	1983	3776	2606	8364	11	16	19	22	15	26	65	71	36
LC/SD		1,32	1,05	1,06	1,12									

Rendimiento de forraje: kgMS/ha; altura del forraje por encima de la altura de corte (A cm); concentración de materia seca (%MS); densidad del forraje (kgMS/cm); cociente entre los rendimientos de materia seca en LC y SD, LC/SD.

En invierno y primavera se mantiene una leve supremacía productiva del orden de 5 y 6% ($P > 0.05$) a favor del LC y cuando se acumulan los rendimientos de forraje de las tres estaciones nuevamente LC aventaja en un 12% ($P < 0.05$) a la opción de SD. Nuevamente la superioridad productiva del LC se expresa en mayor dimensión enseguida de la siembra, otoño, para posteriormente irse reduciendo las diferencias con el transcurrir del tiempo (cuadro 11).

Las alturas del forraje por arriba de los 4 cm de césped residual variaron entre 8 y 17 cm para otoño e invierno, elevándose las mismas entre 15 y 20 cm durante la etapa de mayor potencial de crecimiento, primavera. En esta estación pese a que este material tiene alta capacidad de producción durante la misma, no se expresan rendimientos superiores a los de invierno por el esquema de cortes impuesto. El hecho de cortar cuatro veces en primavera, no permite que se manifieste totalmente el potencial genético de la variedad, especialmente durante el alargamiento de entrenudos. De aplicarse un esquema de cortes más laxo en primavera, indudablemente esta sería la estación donde se acumularían los rendimientos máximos de forraje.

Las menores concentraciones de materia seca se ubicaron en invierno, disminuyendo éstas a medida que el forraje se enriquecía con tejidos de crecimiento de menor edad, resultado de la acción del nitrógeno en potenciar estos procesos (cuadro 11). Los mayores tenores de materia seca se registraron en primavera, período en que ocurre la fase reproductiva y en otoño las concentraciones fueron intermedias.

Las menores densidades del forraje se dan en primavera consecuencia de la aparición de tallos verdaderos y mayor separación de láminas por alargamiento de entrenudos, en tanto las mayores se registraron en otoño en la situación de LC, por el activo macollaje que se produce como resultado de una disponibilidad de nitrógeno superior, en tanto este hecho en SD ocurre en invierno, consecuencia de las mayores limitaciones de crecimiento temprano que normalmente presenta esta opción (cuadro 11).

Las respuestas a la aplicación de nitrógeno en LC y SD se informan en el cuadro 12.

Las respuestas de otoño fueron las menores como resultado que esta especie tiene bajo potencial de crecimiento en esta estación, especialmente en los primeros 45 días de otoño y se magnifican en invierno, disminuyendo algo en primavera (cuadro 12). Las disminuciones de primavera se explican por adelantamiento del ciclo de crecimiento y desarrollo, consecuencia de siembras tempranas, promoción de tallos al estado reproductivo por la fertilización nitrogenada y agotamiento fisiológico por la aplicación de alta frecuencia de cortes durante el ciclo de crecimiento. Este esquema de cortes, en parte no permite la expresión de la capacidad de crecimiento primaveral de esta especie debido a bajas edades de rebrote.

Cuadro 12. Raigrás INIA Titán. Ecuaciones de respuesta a la aplicación de nitrógeno en SD y con LC del suelo de, en otoño (O), invierno (I) y primavera (P), valores de R^2 y nivel de nitrógeno correspondiente al rendimiento máximo.

		Raigrás INIA Titán		R^2	Max
LC	O	$y = 1766 + 7,6x - 0,022 x^2$		0,99	171
LC	I	$y = 1724 + 29,1x - 0,093 x^2$		0,97	156
LC	P	$y = 2456 + 17,8x - 0,088 x^2$		0,84	101
SD	O	$y = 1146 + 9,5x - 0,027 x^2$		0,98	174
SD	I	$y = 1747 + 22,9x - 0,065 x^2$		0,98	176
SD	P	$y = 2276 + 16,6x - 0,080 x^2$		1,00	103

Max=kgN/ha correspondiente al rendimiento máximo.

Los valores mínimos, medios y máximos de producción de forraje para la secuencia de años estudiada, en las opciones de LC y SD, en subperíodos de 45 días dentro de cada estación, se informan en el cuadro 13.

Titán registró tendencias productivas similares al raigrás 284, con rendimientos bajos en los primeros 45 días de otoño (O1), aumentando los mismos, un 93 y 127% para las opciones de LC y SD respectivamente en el segundo período otoñal de 45 días (O2). Las conversiones de nitrógeno en forraje fueron muy bajas en O1, especialmente en la situación de LC por tener mayor disponibilidad de nitrógeno como consecuencia de la mineralización de la materia orgánica por laboreo, aumentando las mismas en O2 (cuadro 13).

Cuadro 13. Raigrás INIA Titán. Producción de forraje (kg MS/ha) en SD y LC, para cuatro dosis de N por estación en sus primeros 45 días (1) y segundos 45 días (2).

Raigrás INIA Titán							
Siembra	Dosis (kgN/ha)	Producción (kg MS/ha)					
		O 1	O 2	I 1	I 2	P 1	P 2
LC	0	586	916	689	738	812	1350
LC	0	694	1086	793	850	891	1480
LC	0	803	1255	898	961	969	1610
LC	46	711	1233	1224	1250	1489	1708
LC	46	744	1290	1528	1560	1545	1773
LC	46	777	1347	1831	1870	1601	1837
LC	92	628	1359	1391	1431	1671	1179
LC	92	730	1580	1702	1751	1861	1313
LC	92	832	1801	2013	2071	2051	1447
LC	184	670	1500	1663	1746	1392	1131
LC	184	746	1669	1926	2022	1524	1239
LC	184	822	1839	2189	2298	1657	1347
SD	0	335	714	620	509	748	1348
SD	0	357	762	927	761	809	1458
SD	0	380	809	1234	1013	871	1569
SD	46	502	1042	963	953	1428	1448
SD	46	520	1079	1419	1404	1436	1456
SD	46	537	1115	1874	1855	1445	1465
SD	92	432	1023	1092	1308	1504	1412
SD	92	516	1222	1449	1736	1601	1503
SD	92	600	1420	1806	2163	1699	1595
SD	184	516	1255	1570	1481	1267	1048
SD	184	578	1405	1943	1833	1426	1179
SD	184	640	1556	2316	2185	1585	1311

Valores medios en color negro, mínimos en rojo y máximos en verde.

En los dos períodos invernales de 45 días, I1 e I2, así como en el primer período de primavera, P₁, las conversiones de nitrógeno en forraje fueron las de mayor magnitud (figura 6).

En ellos, en la medida que las dosis de nitrógeno aplicadas se elevaban, las conversiones de nitrógeno en forraje disminuyen (cuadro 13). En P1 para la máxima dosis de fertilización aplicada (92 kgN/ha) apenas se produjeron 7 kg MS/kgN, este valor tan bajo se debe no solamente por la dosis tan alta aplicada que disminuye la eficiencia de uso del nitrógeno, sino también porque el raigrás presentó un alto número de macollas elongadas que al cortarse en forma frecuente mueren sin llegar a alcanzar alturas im-

portantes de los tallos. Este aspecto se visualiza claramente en P2 donde con las dosis superiores de nitrógeno aplicadas hay respuestas negativas al agregado de este nutriente.

El único tratamiento que respondió fue el de 23 kg N/ha en la opción de LC (cuadro 13). Estos resultados se explican por los rendimientos de forraje registrados en los tratamientos testigo, sin nitrógeno. Estos presentaron ciclos más extendidos en primavera, con rendimientos relativamente altos para no haber sido fertilizados con nitrógeno. Estos rendimientos se producen porque los procesos de alargamiento de entrenudos y floración se dilatan y enlentecen en situaciones de bajo suministro de nitrógeno. En



Figura 6. Raigrás INIA Titán en LC a fines de septiembre.

la medida que las gramíneas forrajeras internamente a nivel de meristemos disponen de mayores concentraciones de nitrógeno, mayor porcentaje de macollas pasan a estado reproductivo y aceleran la elongación, muriendo anticipadamente por defoliación (Formoso 2009).

Una respuesta similar a la descrita en raigrás 284 ocurrió con Titán, donde las dos dosis de nitrógeno aplicadas en otoño, 46 y 184 kgN/ha originaron efectos residuales positivos en los primeros 45 días de invierno de 57 y 125% respectivamente con relación al testigo en la opción de LC, en tanto en SD los aumentos fueron de 59 y 120% respectivamente (cuadro 14).

En los segundos 45 días de invierno (I2) desaparecieron los efectos del nitrógeno sobre los rendimientos de forraje.

Cuadro 14. Raigrás INIA Titán Efecto residual de aplicar 46 y 184 kg N/ha en otoño, sobre los rendimientos de forraje en invierno. Medias de cuatro años.

	kgN/ha	O 1	O 2	I 1	I 2
LC	0	586	916	689	738
LC	46	670	1200	1085	726
LC	184	607	1564	1551	781
SD	0	335	714	620	509
SD	46	516	1071	989	593
SD	184	432	1388	1367	712

Valores en rojo se diferencian ($P < 0.05$) del testigo correspondiente.

10.3.6 Calidad y contenido mineral del forraje

En los primeros 45 días de otoño (O1) se cortó solamente una vez al final del período, mientras que en las restantes estaciones se efectuaron tres cortes. El ciclo de Titán culminó en media el 12 de diciembre con una acumulación promedio de solamente 280 kg MS/ha. Titán evidentemente por ser un material de ciclo largo, presenta a pesar de la siembra temprana y la frecuencia de cortes aplicada, un ciclo más extendido en primavera.

La información referente a calidad del forraje y contenido de algunos minerales para la opción de SD en las tres estaciones del año y para los cuatro tratamientos de nitrógeno se muestran en el cuadro 15, en tanto las variables relacionadas con calidad del forraje se representan además en las figuras 9 a 12.

Las concentraciones de DMO en otoño fueron menores en el primer período de 45 días y aumentaron en forma importante hacia el segundo período de otoño (O2). La edad del rebrote del primer período fue superior a las del segundo donde se realizaron dos cortes, probablemente este hecho explique la diferencia entre ambos.

En I1 entre las distintas dosis de nitrógeno aplicadas las DMO variaron entre 713 y 723 g/kg, aumentando hacia el segundo período de 45 días de invierno, donde el forra-

Cuadro 15. Raigrás INIA Titán. Variables relacionadas con calidad del forraje y contenido mineral, en siembra directa, en tres estaciones del año y cuatro dosis de nitrógeno.

Dosis kgN/ha	Estación	Altura (cm)	Producción (kg MS/ha)	CALIDAD (g/kgMS)					MINERALES (g/kgMS)						
				DMO	PC	FDA	FDN	C	P	Ca	Mg	K	Na	S	Cl
0	O ₁	12	335	677	179	563	635	276	3,44	5,10	2,10	31,80	0,87	2,38	3,48
0	O ₂	8	714	805	192	459	514	178	3,62	3,90	1,60	39,40	0,67	3,52	6,23
0	I ₁	6	620	720	190	464	562	154	3,16	4,15	2,05	40,40	0,85	3,03	6,50
0	I ₂	6	509	761	180	464	553	156	3,28	4,20	2,20	30,95	0,83	3,50	7,10
0	P ₁	9	748	751	150	444	593	149	2,98	4,00	1,95	30,00	0,72	3,50	7,11
0	P ₂	14	1348	702	159	472	666	183	3,35	4,35	2,10	24,95	0,64	3,19	7,80
23	O ₁	12	502	651	196	552	619	230	3,17	5,10	2,00	33,40	0,67	2,33	3,25
23	O ₂	9	1042	813	225	445	544	171	3,63	3,60	1,80	41,10	0,89	3,13	5,48
23	I ₁	8	963	723	208	465	568	145	3,11	4,10	2,05	42,70	0,90	2,73	5,14
23	I ₂	9	953	786	197	453	535	157	3,36	4,00	2,20	39,70	0,85	2,91	5,23
23	P ₁	12	1445	756	180	447	591	128	3,12	3,95	1,90	36,10	0,69	2,02	5,29
23	P ₂	15	1465	687	161	456	644	153	3,18	4,40	2,05	24,50	0,62	1,97	6,93
46	O ₁	12	432	594	183	579	620	289	3,15	5,50	2,20	25,90	0,67	1,69	2,88
46	O ₂	13	1023	767	256	423	550	153	3,38	3,80	1,90	41,00	0,89	3,09	5,63
46	I ₁	11	1092	737	214	458	553	143	3,18	3,85	2,05	47,50	0,86	2,64	5,01
46	I ₂	13	1308	787	215	414	517	142	3,41	4,05	2,25	39,80	0,85	2,44	4,50
46	P ₁	16	1699	764	224	449	602	120	2,97	3,50	2,05	30,60	0,70	1,58	5,23
46	P ₂	15	1595	696	197	472	667	153	3,30	4,55	2,35	23,75	0,64	1,67	5,40
92	O ₁	12	516	599	189	592	618	268	3,05	6,40	2,30	29,90	0,67	1,94	2,75
92	O ₂	12	1255	772	268	435	527	157	3,16	3,70	1,90	40,00	0,96	2,83	5,63
92	I ₁	16	1570	713	236	478	546	154	3,91	3,90	2,10	45,50	0,92	2,56	5,10
92	I ₂	14	1481	795	237	422	515	141	3,10	4,10	2,30	41,35	0,86	2,21	4,42
92	P ₁	15	1585	762	254	442	566	122	3,10	3,60	2,35	33,35	0,80	1,55	4,46
92	P ₂	16	1311	695	205	495	659	166	3,01	4,70	2,40	23,85	0,64	1,49	6,17

A (cm)= altura del forraje en cm, la altura real a campo tiene 4 cm más; DMO= digestibilidad de la materia orgánica; PC= proteína cruda; FDA y FDN= fibra insoluble en detergente ácido y neutro respectivamente; C= cenizas; P= fósforo; Ca= calcio; Mg= magnesio; K= potasio; Na= sodio; S= azufre; Cl= cloro.

je en los tratamientos que se aplicó N presentaron valores similares entre ellos pero superiores al testigo sin N (cuadro 15, figura 7a). Posteriormente durante toda la primavera, la DMO disminuye progresivamente consecuencia del enriquecimiento en vainas y tallos verdaderos originados durante la etapa reproductiva.

Las concentraciones de PC aumentaron con las dosis de fertilizante nitrogenado, registrándose los mayores aumentos en primavera (cuadro 15, figura 7b). La PC ajustó ecuaciones cuadráticas, siendo para otoño: $y=186+0,53x-0,0017x^2$ ($R^2=0,98$), invierno $y=185+0,36x-0,0005x^2$ ($R^2=0,99$) y primavera $y=150+0,7x-0,0014x^2$ ($R^2=0,95$).

Mientras que en el testigo y el nivel de fertilización de 46 kgN/ha a partir de los segundos 45 días de otoño, la PC disminuye paulatinamente con el transcurso del tiempo, en los dos niveles superiores de fertilización las concentraciones de PC tienden

a mantenerse hasta P1 para disminuir rápidamente en los segundos 45 días de primavera (cuadro 10).

Las concentraciones de FDA se mantuvieron relativamente estables dentro de cada nivel de nitrógeno aplicado entre los segundos 45 días de otoño y los primeros de primavera, para que sobre el último período de primavera las concentraciones de FDA aumenten, especialmente en los dos niveles superiores de nitrógeno (cuadro 10, figura 7c).

Las concentraciones de FDN, aunque con variaciones permanecieron relativamente estables desde O2 a I2, para posteriormente en primavera aumentar consecuencia del desarrollo de la fase reproductiva donde las estructuras caulinares tienen tasas de crecimiento superiores a las restantes (cuadro 10, figura 7d).

La evolución de las concentraciones de los distintos minerales evaluados se muestran en el cuadro 15.

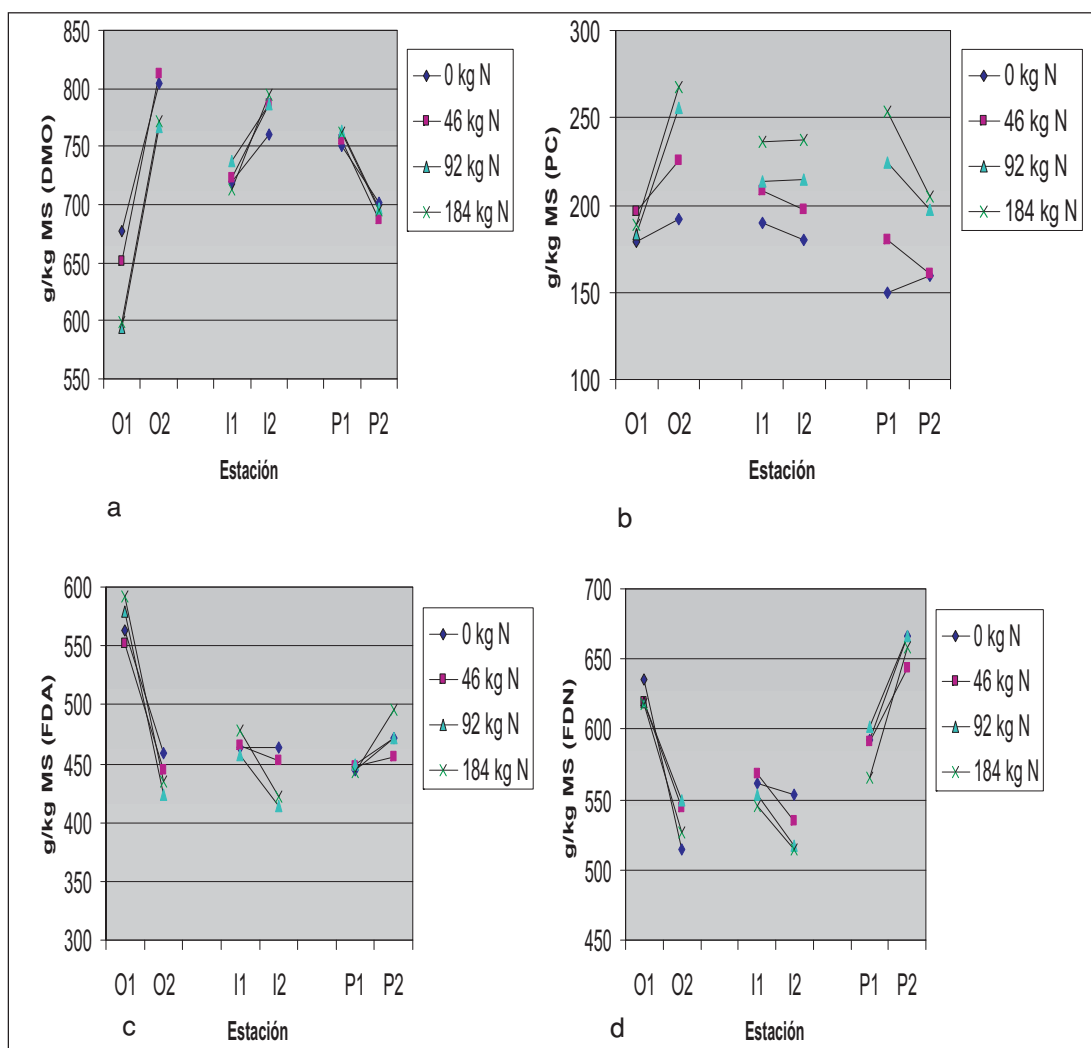


Figura 7. Raigrás INIA Titán. Evolución temporal de la concentración de la digestibilidad de la materia orgánica (DMO), proteína cruda (PC); fibra insoluble en detergente ácido (FDA) y fibra insoluble en detergente neutro (FDN) en respuesta a cuatro niveles de nitrógeno aplicados independientemente en otoño, invierno y primavera.

10.3.7 Respuesta a aplicaciones de nitrógeno en una mezcla de Avena Estanzuela 1095a + raigrás INIA Titán

Las mezclas de avena como componente de la asociación con alto potencial de producción temprana en otoño más un raigrás de ciclo largo que además de producir elevados rendimientos de forraje en invierno, tiene la capacidad por su ciclo de crecimiento de ofrecer rendimientos importantes en primavera, posibilita períodos de pastoreo pro-

longados. El principal inconveniente de esta mezcla radica en la diferencia importante entre ambas especies en la capacidad de crecimiento inicial. Así, mientras avena alcanza en otoño altura de pastoreo, el raigrás aún se encuentra con plantas jóvenes, de tamaño menor y muy susceptibles a sufrir daños por pisoteo cuando se pastorea la avena. El pastoreo en estas etapas con piso húmedo, puede implicar perder gran parte de la población de raigrás. En estas situaciones o con alto riesgo de ocurrencia de las mismas sobre todo con ganado pesado, se obtiene más forraje por unidad de superfi-

cie, separando los verdeos en áreas distintas.

Esta mezcla integrada con componentes que posibilitan buenas tasas de crecimiento en las tres estaciones donde además la avena provee de precocidad a la misma, determinó que se realizaran cuatro cortes en cada una de las estaciones. Los rendimientos de forraje estacionales y algunas características de la mezcla se muestran en el cuadro 16.

La asociación en la medida que se fertiliza con nitrógeno, inclusive a partir de la dosis inferior aplicada presenta rendimientos relativamente uniformes entre las tres estaciones, donde en otoño avena es la especie que realiza los aportes superiores, en invierno se mezclan ambos componentes en contribuciones relativamente similares entre los mismos y en primavera, sobre todo de la mitad en adelante, predominan los aportes del raigrás Titán.

Entre los métodos de siembra, en LC se produce en otoño un 14% más de forraje ($P < 0.05$) comparativamente con la SD, en invierno y en el total de las tres estaciones bajo LC los rendimientos fueron un 11% superiores (cuadro 16).

El manejo de defoliación se ubicó con alturas del forraje por arriba de los 4 cm de rastrojo residual entre 11 y 20 cm, regis-

trándose las menores alturas del forraje en invierno. En general dentro de una misma estación y dosis de nitrógeno, en SD las alturas alcanzadas por el forraje fueron levemente inferiores a la opción de LC.

Las concentraciones menores de materia seca alcanzaron 17%, localizándose en invierno, estación donde los aumentos en la tasa de fertilización nitrogenada determinaron las disminuciones superiores en los contenidos de materia seca en el forraje, con depresiones entre 4 y 5% entre el testigo y la mayor dosis de nitrógeno aplicada (cuadro 16).

Otro de los atributos que presenta la mezcla de avena + raigrás consiste en la obtención de una mayor uniformidad en la densidad del forraje dentro del tapiz, comparativamente con los verdeos de avena o raigrás puros.

La mezcla en términos de respuesta estacional a las dosis de nitrógeno aplicadas siguió el patrón general descrito para los anteriores verdeos, las respuestas fueron cuadráticas, con bajos incrementos en otoño, menores en la opción de LC comparativamente con SD, en invierno se registran las respuestas máximas al nitrógeno y en primavera se verifica una pequeña disminución (cuadro 17).

Cuadro 16. Avena 1095 a + raigrás Titán. Respuesta a la aplicación de nitrógeno en situación de laboreo convencional del suelo (LC) y siembra directa (SD) en otoño (O), invierno (I) y primavera (P).

	Dosis (kgN/ha)	Rendimiento (kg MS/ha)				Altura (cm)			% MS			Densidad (kg MS/cm)		
		O	I	P	T	O	I	P	O	I	P	O	I	P
LC	0	2802	1610	2473	6885	14	12	15	24	22	25	58	40	49
LC	46	3087	3047	3518	9652	15	15	18	21	20	23	59	60	56
LC	92	3163	3514	3778	10455	15	16	20	21	18	24	60	64	57
LC	184	3566	3727	3666	10959	15	17	19	21	17	25	67	66	56
SD	0	2391	1602	2326	6319	13	11	13	23	22	30	54	42	51
SD	46	2759	2607	3215	8580	14	14	17	22	20	28	59	56	56
SD	92	2877	3104	3506	9487	14	16	17	21	18	28	59	60	59
SD	184	3031	3367	3395	9793	14	16	18	22	18	29	61	64	56
LC/SD		1,14	1,11	1,08	1,11									

Rendimiento de forraje: kgMS/ha; altura del forraje por encima de la altura de corte (A cm); concentración de materia seca (%MS); densidad del forraje (kgMS/cm); cociente entre los rendimientos de materia seca en LC y SD, LC/SD.

Cuadro 17. Avena 1095 a + raigrás Titán. Ecuaciones de respuesta a la aplicación de nitrógeno en SD y con LC en otoño (O), invierno (I) y primavera (P), valores de R² y nivel de nitrógeno correspondiente al rendimiento máximo.

		Avena + Titán	R ²	Max
LC	O	$y = 2826 + 4,3x - 0,002 x^2$	0,98	1075
LC	I	$y = 1670 + 31,6x - 0,111 x^2$	0,98	142
LC	P	$y = 2519 + 23,2x - 0,093 x^2$	0,98	125
SD	O	$y = 2409 + 7,6x - 0,023 x^2$	0,98	165
SD	I	$y = 1623 + 23,6x - 0,077 x^2$	1,00	153
SD	P	$y = 2355 + 20,7x - 0,082 x^2$	0,99	126

Max= kg N/ha correspondiente al rendimiento máximo.

La distribución del forraje en subperíodos de 45 días en las tres estaciones del año evaluadas, en las opciones de LC y SD y en los cuatro niveles de nitrógeno estudiados se muestra en el cuadro 18.

La integración de la mezcla con avena, determina que los rendimientos de forraje en los primeros 45 días de otoño aumenten comparativamente con los verdeos de raigrás siendo la precocidad superior. Sin embargo, el hecho de utilizar una densidad de siembra en avena menor que el cultivo puro de la misma origina que los rendimientos en O1 y la precocidad sean menores.

Cuadro 18. Avena 1095 a + raigrás Titán. Producción de forraje (kg MS/ha) en SD y LC, para cuatro dosis de N por estación en sus primeros 45 días (1) y segundos 45 días (2).

Avena Estanzuela 1095a + Raigrás INIA Titán							
Siembra	Dosis (kgN/ha)	Rendimiento (kg MS/ha)					
		O 1	O 2	I 1	I 2	P 1	P 2
LC	0	778	1502	657	616	811	1566
LC	0	956	1846	831	779	844	1629
LC	0	1134	2190	1006	942	877	1692
LC	46	732	1572	1320	1232	1467	1786
LC	46	981	2106	1576	1471	1587	1931
LC	46	1230	2641	1832	1710	1706	2076
LC	92	778	1793	1326	1472	1773	1793
LC	92	957	2206	1665	1849	1879	1900
LC	92	1136	2619	2004	2226	1984	2006
LC	184	869	2130	1437	1835	1817	1555
LC	184	1034	2532	1637	2090	1975	1690
LC	184	1198	2935	1837	2345	2133	1825
SD	0	641	1119	604	485	783	1468
SD	0	870	1521	889	713	809	1517
SD	0	1100	1922	1173	941	835	1565
SD	46	824	1418	1091	797	1341	1713
SD	46	1014	1745	1506	1101	1412	1803
SD	46	1204	2072	1921	1405	1482	1893
SD	92	712	1495	1308	1115	1599	1689
SD	92	928	1949	1676	1428	1706	1801
SD	92	1144	2403	2044	1741	1812	1913
SD	184	702	1705	1542	1361	1544	1615
SD	184	884	2148	1788	1579	1659	1736
SD	184	1066	2590	2035	1796	1774	1856

Valores medios en color negro, mínimos en rojo y máximos en verde.

Los tratamientos sin aplicación de fertilizante nitrogenado presentaron rendimientos de forraje aceptables en otoño probablemente por uso del nitrógeno suministrado por el suelo consecuencia del período de barbecho largo (cuadro 18). A partir del invierno (I1) los rendimientos caen en forma importante hasta que nuevamente se reponen en P2 En P2 Titán alarga sus entrenudos, siendo el componente de mayor aporte en la mezcla.

Los rendimientos de forraje acumulados por los tratamientos testigo reflejan lo que frecuentemente ocurre a nivel de estos verdeos en sistemas que no utilizan o aplican dosis muy bajas de fertilizantes nitrogenados. Básicamente hay un pico de otoño, cuya ocurrencia esta condicionada a que el suelo tenga vegetales con buenos contenidos de nitrógeno, praderas viejas y manejo para tener un largo de barbecho adecuado, mientras que en el período que se requiere más forraje, invierno, los rendimientos son bajos, así como en los primeros 45 días de primavera. Este periodo a nivel comercial, especialmente setiembre, es considerado un mes problemático para el ganado y se produce el segundo pico de producción de forraje en la segunda mitad de la primavera, cuando teóricamente la oferta de forraje a nivel de predio debería ser aceptable.

Como fue comentado previamente, los rendimientos de forraje fueron superiores en la opción de LC con respecto a SD, y la fertilización nitrogenada posibilitó tener disponibilidades de forraje relativamente uniformes desde O2 al final del ciclo.

Las respuestas al N fueron mayores en la opción de LC comparativamente con SD, fueron bajas, nulas o negativas en O1, aumentan en O2, ubicándose las mayores en los dos períodos de 45 días de invierno y el primero de primavera (cuadro 18). En P2 las respuestas disminuyen probablemente por: a) mayor suministro del nutriente por parte del suelo, b) porque el verdeo está en la etapa final de su ciclo, con muchas macollas muertas por cortes anteriores estando elongadas y porque c) fisiológicamente presenta menor vigor por la frecuencia alta de cortes impuesta.

Con relación a los efectos residuales del N aplicado en otoño sobre invierno se verifica el mismo fenómeno que el descrito para los verdeos anteriores, existe un efecto residual importante en los primeros 45 días de invierno, desapareciendo posteriormente (cuadro 19).

Cuadro 19. Avena 1095 a + raigrás Titán. Efecto residual de aplicar 46 y 184 kg N/ha en otoño, sobre los rendimientos de forraje en invierno. Medias de cuatro años.

	kgN/ha	O 1	O 2	I 1	I 2
LC	0	778	1502	657	616
LC	46	930	1670	1466	557
LC	184	991	2014	1681	782
SD	0	641	1119	604	485
SD	46	803	1384	834	425
SD	184	722	1667	1377	629

Valores en rojo se diferencian (P<0.05) del testigo correspondiente.

10.3.8 Calidad y contenido mineral del forraje

Las variables relacionadas con calidad de forraje y contenido de algunos minerales para la mezcla se informan en el cuadro 20, en tanto para calidad del forraje además se representa la evolución en el tiempo en las figuras 13 a 16.

En general las concentraciones de DMO aumentaron con la adición de nitrógeno, presentaron dentro de cada nivel de fertilización un leve incremento desde otoño hasta fines de invierno, para declinar levemente en el primer período de primavera y disminuir rápidamente durante el segundo (figura 8a).

Las disminuciones de la DMO en P2 fueron superiores en la medida que aumentó la dosis de fertilización nitrogenada, consecuencia del efecto promotor del nitrógeno en aumentar el número de tallos elongados.

Las concentraciones de PC en el forraje aumentaron en todas las estaciones con las dosis de N aplicadas, en tanto que la tendencia en el tiempo fue a disminuir a medida que transcurren las estaciones, tanto más

Cuadro 20. Avena 1095 a + raigrás Titán. Variables relacionadas con calidad del forraje y contenido mineral, en siembra directa, en tres estaciones del año y cuatro dosis de nitrógeno.

Estación	Altura (cm)	Producción (kg MS/ha)	CALIDAD (g/kgMS)					MINERALES (g/kgMS)						
			DMO	PC	FDA	FDN	C	P	Ca	Mg	K	Na	S	Cl
O ₁	14	641	727	200	393	519	149	3,15	3,70	1,80	34,20	1,57	2,31	5,34
O ₂	12	1119	751	188	434	559	174	3,42	4,00	2,00	32,10	1,86	3,65	5,37
I ₁	11	604	745	190	409	516	157	3,36	4,85	2,10	35,35	1,62	3,20	5,48
I ₂	7	485	768	164	444	530	213	3,60	5,70	2,40	27,40	1,27	3,33	4,94
P ₁	9	783	748	144	407	573	170	3,35	4,60	1,95	24,20	1,32	3,44	5,64
P ₂	11	1468	683	144	453	635	169	3,33	5,05	1,90	21,15	0,97	2,71	6,33
O ₁	14	824	723	204	449	538	219	3,15	3,90	1,70	28,80	1,76	2,37	3,85
O ₂	14	1418	760	208	472	588	211	3,54	4,10	2,10	34,00	1,27	3,40	5,12
I ₁	13	1091	757	203	411	533	146	3,24	4,60	2,05	36,80	1,47	2,72	5,15
I ₂	9	797	791	192	398	531	168	3,56	4,70	2,05	31,80	1,12	2,77	3,48
P ₁	12	1482	775	182	387	559	127	3,33	4,40	1,90	34,55	0,92	2,11	4,28
P ₂	12	1893	691	165	433	630	145	3,19	5,35	1,95	22,40	0,92	1,95	5,54
O ₁	13	712	699	219	407	527	142	2,85	4,30	1,90	33,90	1,57	2,62	5,58
O ₂	14	1495	754	235	430	587	165	3,11	4,20	1,90	36,40	1,66	2,94	5,05
I ₁	16	1308	768	211	421	536	141	3,36	4,20	1,85	36,85	1,57	2,59	3,77
I ₂	13	1115	788	211	379	479	156	3,38	4,95	2,20	37,95	1,17	2,64	4,20
P ₁	14	1812	764	214	405	556	125	3,31	4,10	2,10	33,05	1,07	1,76	4,04
P ₂	11	1913	669	170	446	632	145	3,18	4,90	2,05	22,10	0,82	1,69	5,43
O ₁	15	702	714	198	485	503	210	3,28	3,80	1,70	33,30	1,86	2,84	3,42
O ₂	15	1705	768	250	432	516	192	3,36	3,80	1,90	38,80	1,66	3,14	6,32
I ₁	18	1542	765	230	417	514	148	4,02	4,45	1,90	37,00	1,76	2,08	5,95
I ₂	12	1361	795	237	382	510	153	3,30	5,10	2,15	38,25	1,17	2,27	3,55
P ₁	14	1774	783	235	408	552	133	3,32	3,50	1,90	27,65	1,32	1,56	3,20
P ₂	12	1856	670	192	447	637	146	3,18	4,90	2,00	17,35	1,02	1,42	3,45

A (cm)= altura del forraje en cm, la altura real a campo tiene 4 cm más. DMO= digestibilidad de la materia orgánica, PC= proteína cruda, FDA y FDN= fibra insoluble en detergente ácido y neutro respectivamente, C= cenizas, P= fósforo, Ca= calcio, Mg= magnesio, K= potasio, Na= sodio, S= azufre, Cl= cloro.

cuanto menor sea la dosis de N aplicada, teniendo los tratamientos donde se aplicaron 92 y 184 kg N/ha una mayor uniformidad de la concentración de PC durante invierno y los primeros 45 días de primavera (cuadro 20, figura 8b). En el último período de primavera, P2 las concentraciones de PC disminuyen, tanto más cuanto mayor fue la dosis de fertilización nitrogenada aplicada, por las mismas razones expuestas en los comentarios referentes a DMO.

En términos estacionales las concentraciones de PC ajustaron los siguientes modelos: otoño, $y=192+0,49x-0,0017x^2$ ($R^2=0,93$), invierno, $y=177+0,44x-0,0008x^2$ ($R^2=0,99$) y primavera $y=144+0,67x-0,0017x^2$ ($R^2=0,99$).

Las concentraciones de FDA en la mezcla en general tendieron a disminuir hacia

invierno, para aumentar especialmente en el segundo período de 45 días de primavera, P2, con el desarrollo de tallos reproductivos (cuadro 20, figura 8c).

En tanto las concentraciones de FDN a partir del segundo período de 45 días de invierno, aumenta en todas las dosis de nitrógeno aplicadas en forma importante hasta el final del período de evaluación, segunda mitad de primavera (figura 8d).

10.3.9 Relaciones estacionales entre las concentraciones de nitrógeno en el forraje y los rendimientos

Las concentraciones de nitrógeno en el forraje corresponden a la opción de siembra

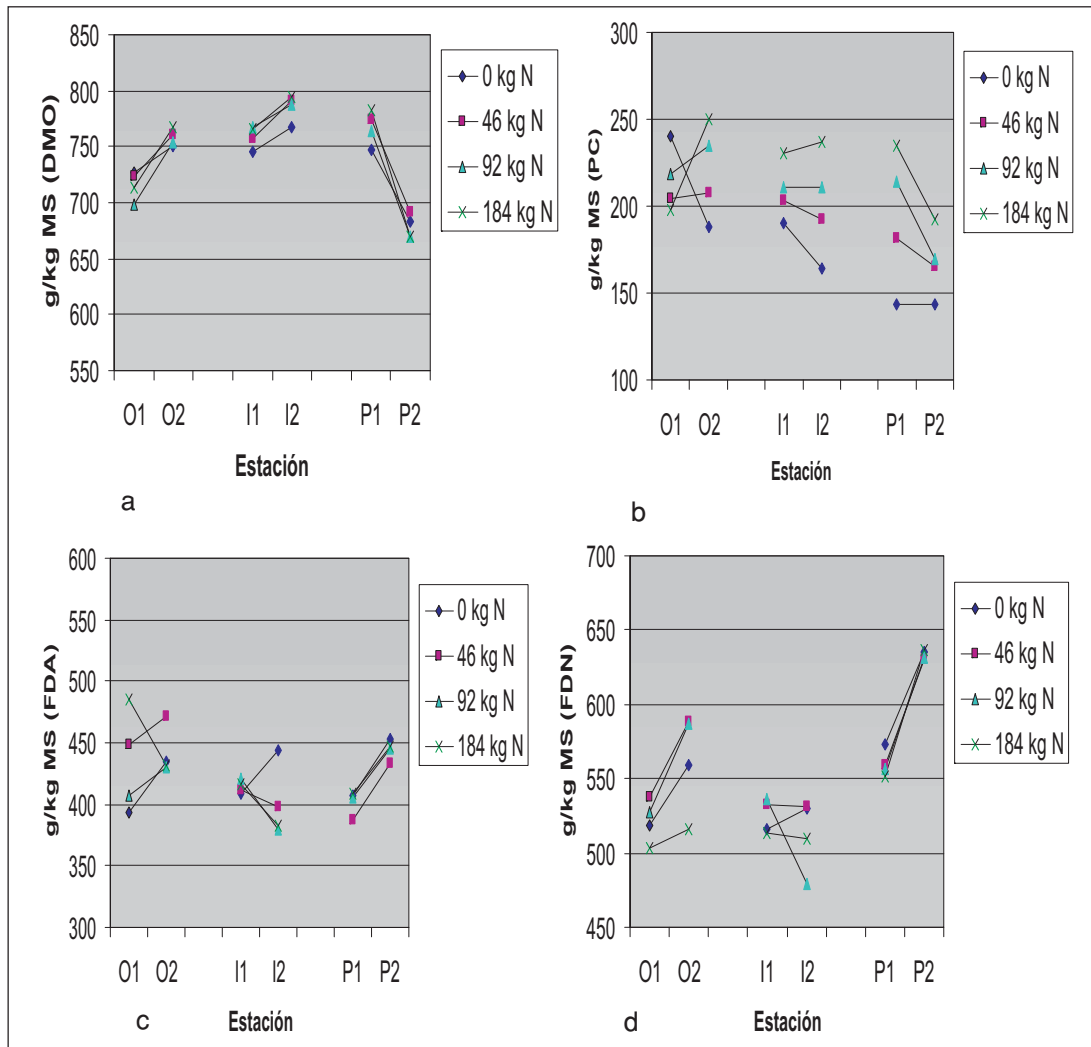


Figura 8 (a-d). Avena 1095 a + raigrás Titán. Evolución temporal de la concentración de la digestibilidad de la materia orgánica (DMO); proteína cruda (PC); fibra insoluble en detergente ácido (FDA) y fibra insoluble en detergente neutro (FDN) en respuesta a cuatro niveles de nitrógeno aplicados independientemente en otoño, invierno y primavera.

directa y es la fracción de materia seca ubicada por arriba de los 4 cm desde el nivel de suelo, es decir, corresponde teóricamente a la fracción de forraje denominada fácilmente utilizable. Debido a que se realizan varios cortes por estación la concentración de nitrógeno surge a partir del promedio ponderado de los rendimientos y concentraciones de nitrógeno obtenidos entre los distintos cortes.

Durante otoño, la fertilización nitrogenada con dosis de hasta 184 kgN/ha, en Avena 1095a, Raigrás 284 y Titán (figura 9), ajus-

taron regresiones lineales entre el contenido de nitrógeno en el forraje y los rendimientos producidos en otoño. Esto indica para el rango de dosis estudiado la inexistencia de un valor máximo de nitrógeno en planta a partir del cual comienzan a disminuir las producciones. Por tanto se puede concluir que en otoño en la medida que se incrementa la tasa de fertilización nitrogenada, aumentan linealmente los rendimientos y las concentraciones de nitrógeno en el forraje dentro del rango de dosis evaluado. Se resalta que el nivel máximo de fertilización, 184 kg N/ha

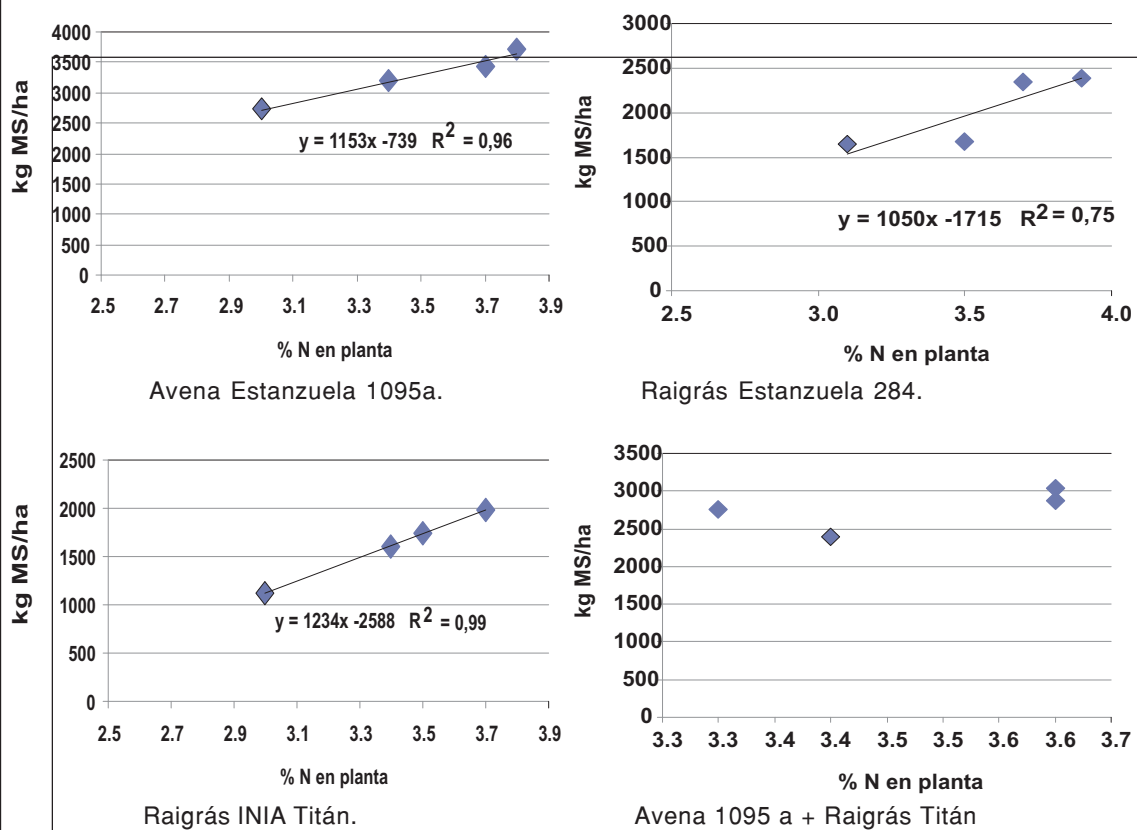


Figura 9. Otoño, relación entre el porcentaje de nitrógeno en el forraje y los rendimientos de cuatro verdes de invierno.

96

difícilmente se aplique a nivel comercial en los 90 días que corresponde a una estación de crecimiento, por tal, para las tasas de fertilización utilizadas normalmente en sistemas de producción, 46; y menos frecuentemente 92 kg N/ha se puede asumir que las respuestas son lineales. Debe tenerse presente que niveles tan altos de N como 184 kg/ha podrían originar problemas de intoxicación por nitritos.

La mezcla de avena + Titán en otoño presentó como tendencia que los aumentos en las concentraciones de nitrógeno en planta entre 3,3 a 3,6 originaron variaciones mínimas en los rendimientos de forraje, figura 8.

Durante invierno, en las cuatro opciones de verdes la concentración de nitrógeno en el forraje y los rendimientos de materia seca ajustaron ecuaciones cuadráticas, figura 10.

En invierno con avena el rendimiento máximo se ubicó en 3188 kg MS/ha con una

concentración de nitrógeno en el forraje de 3,39%; en raigrás 284 los parámetros fueron de 3616 kg MS/ha y 3,51%; en Titán los valores se ubicaron en 3489 kg MS/ha y 3,96% de nitrógeno; en tanto que en la mezcla de avena + Titán fueron de 3770 kg MS/ha y 3,76% de nitrógeno. Los únicos valores que se registraron fuera del rango de la línea de tendencia correspondieron a raigrás INIA Titán.

En primavera (figura 11) todos los verdes ajustaron también ecuaciones cuadráticas, correspondiéndole a avena un valor de rendimiento máximo ubicado en 4192 kg MS/ha con un tenor de nitrógeno en el forraje de 2,87%; para raigrás E 284 los valores fueron de 2095 kg MS/ha y 2,79% de N; con Titán los parámetros fueron de 3308 kg MS/ha y 3,14% de N, y para la mezcla avena + Titán el rendimiento máximo correspondió a 3473 kg MS/ha y una concentración de nitrógeno en el forraje de 3,19%.

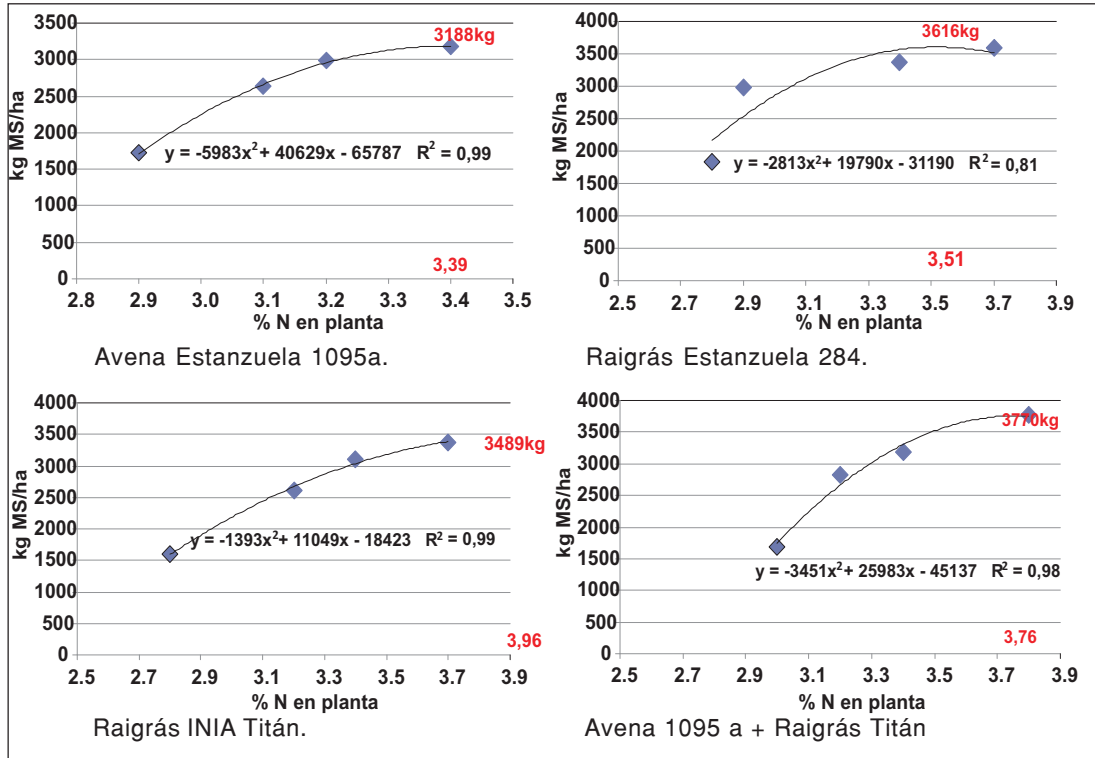


Figura 10. Invierno, relación entre el porcentaje de nitrógeno en el forraje y los rendimientos de cuatro verdeos de invierno.

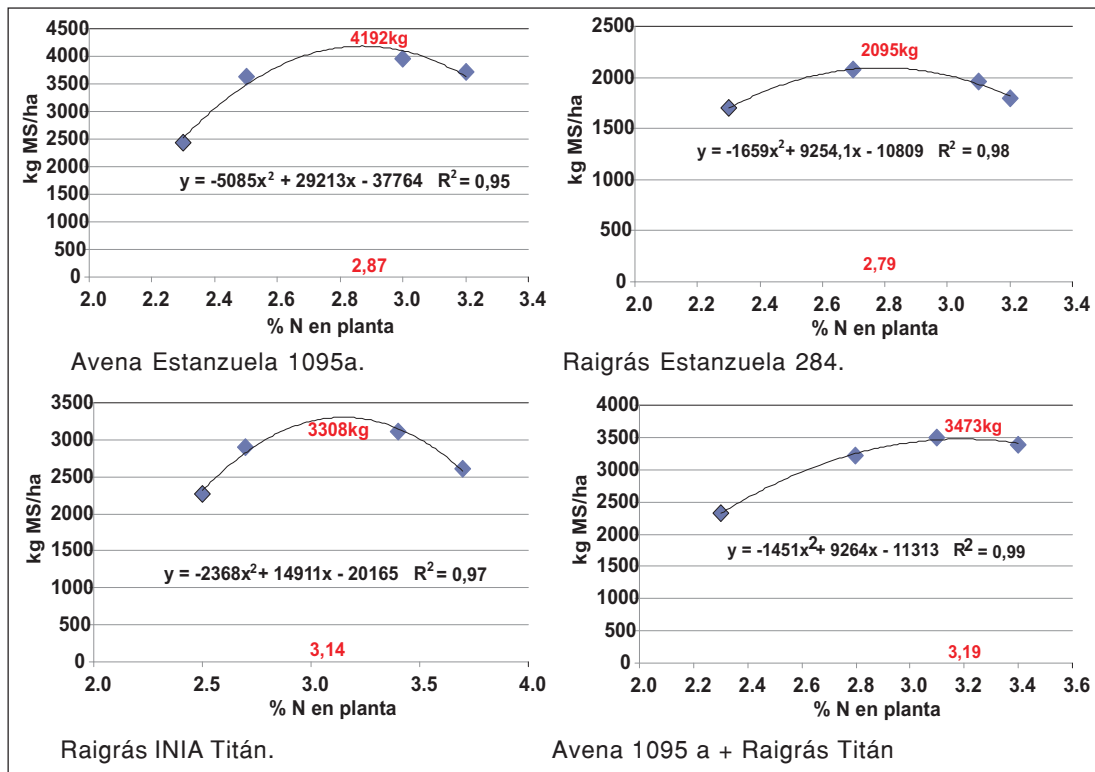


Figura 11. Primavera, relación entre el porcentaje de nitrógeno en el forraje y los rendimientos de cuatro verdeos de invierno.

10.3. 10 Ecuaciones de respuesta al nitrógeno y rendimientos de forraje en períodos de 45 días para cuatro opciones de verdeos de invierno

Se resumen las respuestas al N de los cuatro verdeos y los rendimientos de forraje acumulados dentro de cada estación en subperíodos de 45 días.

Es importante tener en cuenta que a medida que el momento de siembra se atrasa, las respuestas y curvas de crecimiento pueden variar en magnitudes importantes. Otro hecho a considerar radica en que se priorizó aplicar un sistema de cortes con edades de rebrote relativamente bajas, estrategia que implica someter a los verdeos a un estrés energético frecuente que se traduce a nivel de planta en un desgaste fisiológico importante. La siembra temprana más la alta frecuencia de cortes aplicada, más los incrementos en las dosis de fertilizante N, aumentan el potencial de producción de forraje pero también el desgaste interno de las plantas, aspectos que se traducen en menores rendimientos a final de ciclo, primavera, especialmente los segundos 45 días. El aumento en las dosis de N estimula a que una mayor proporción de macollas pasen a estado reproductivo, que en situaciones de cortes frecuentes y edades de re-

brote bajas, no permiten que se exprese en todo su potencial la capacidad de producir forraje durante la fase reproductiva, disminuyendo esto también los rendimientos de forraje en primavera y principalmente en el segundo subperíodo.

Un resumen de las ecuaciones de respuesta al N para las opciones estudiadas se muestran en el cuadro 21. En dos situaciones la dosis de N para registrar el rendimiento máximo de forraje se ubicó distante del intervalo de dosis estudiado, raigrás E 284 y avena + Titán en otoño, ambas situaciones caracterizadas por presentar un coeficiente de x^2 muy bajo (cuadro 21).

Como ya se comentó las respuestas superiores se ubicaron en invierno y primavera dependiendo del ciclo de los verdeos. Raigrás 284, cultivar de ciclo corto, presentó bajas respuestas al N en primavera, diferenciándose de Titán que es un raigrás de ciclo largo. Avena fue el verdeo donde la respuesta de primavera al N fue más alta que la de invierno.

Avena fue el verdeo con mayor respuesta al N en otoño, estación donde la mayoría de las conversiones de N en materia seca fueron las menores.

En general las respuestas al N fueron mayores en la opción de LC que en SD.

Los rendimientos de forraje de las cuatro opciones de verdeos estudiados, en SD y con LC, para el testigo sin adición de ferti-

Cuadro 21. Ecuaciones de respuesta a la fertilización nitrogenada en otoño (O), invierno (I) y primavera (P) de cuatro verdeos de invierno sembrados en directa (SD) y con preparación convencional del suelo (LC).

		Avena LE 1095a	R ²	Max	Raigrás INIA Titán	R ²	Max
LC	O	$y = 2940 + 13,7x - 0,04x^2$	0,96	170	$y = 1766 + 7,6x - 0,022x^2$	0,99	171
LC	I	$y = 1644 + 26,9x - 0,10x^2$	1,00	131	$y = 1724 + 29,1x - 0,093x^2$	0,97	156
LC	P	$y = 2343 + 30,3x - 0,13x^2$	0,92	113	$y = 2456 + 17,8x - 0,088x^2$	0,84	101
SD	O	$y = 1895 + 8,0x - 0,02x^2$	0,99	161	$y = 1146 + 9,5x - 0,027x^2$	0,98	174
SD	I	$y = 1769 + 12,3x - 0,03x^2$	0,97	193	$y = 1747 + 22,9x - 0,065x^2$	0,98	176
SD	P	$y = 2026 + 18,2x - 0,08x^2$	0,94	108	$y = 2276 + 16,6x - 0,080x^2$	1,00	103
		Raigrás E 284			Avena + Titán		
LC	O	$y = 2098 + 4,9x - 0,008x^2$	0,97	297	$y = 2826 + 4,3x - 0,002x^2$	0,98	997
LC	I	$y = 1706 + 26,8x - 0,092x^2$	0,91	145	$y = 1670 + 31,6x - 0,111x^2$	0,98	142
LC	P	$y = 1668 + 3,4x - 0,016x^2$	0,69	107	$y = 2519 + 23,2x - 0,093x^2$	0,98	125
SD	O	$y = 1551 + 8,8x - 0,022x^2$	0,81	198	$y = 2409 + 7,6x - 0,023x^2$	0,98	165
SD	I	$y = 1881 + 25,1x - 0,086x^2$	0,99	145	$y = 1623 + 23,6x - 0,077x^2$	1,00	153
SD	P	$y = 1742 + 6,2x - 0,032x^2$	0,74	95	$y = 2355 + 20,7x - 0,082x^2$	0,99	126

Max=dosis de N para rendimiento máximo de forraje.

lizante nitrogenado y las dos dosis menores de aplicación, seleccionadas por ser las más utilizadas a nivel comercial se informan en el cuadro 22. En el mismo para la situación de SD, se indican los rendimientos máximos

de forraje y la concentración de nitrógeno correspondiente en el forraje. En otoño todas las relaciones fueron lineales razón por la cual para el intervalo de dosis de fertilización estudiado no hay máximos.

Cuadro 22. Rendimientos de forraje de verdeos de invierno sembrados en directa (SD) y con laboreo convencional de suelo (LC) en tres niveles de suministro de nitrógeno.

Siembra	Dosis (kgN/ha)	Rendimiento (kgMS/ha)					
		O 1	O 2	I 1	I 2	P 1	P 2
LC-Avena	0	1080	1806	990	632	1193	1050
LC	46	1497	2134	1549	1178	2436	1289
LC	92	1478	2279	1956	1253	2610	1188
LC media		1351	2073	1498	1021	2079	1176
SD	0	1002	1721	1095	626	1537	897
SD	46	1140	2059	1521	1116	2274	1362
SD	92	1393	2028	1591	1391	2602	1345
SD media		1178	1936	1402	1044	2137	1201
Rend. Máximo y %N		lineal		3188-3,39		4192-2,87	
LC-284	0	469	1604	741	840	788	842
LC	46	498	1877	1364	1716	1042	856
LC	92	486	1951	1590	1549	993	779
LC media		484	1810	1231	1368	941	825
SD	0	345	1295	844	993	823	878
SD	46	309	1366	1336	1637	1171	901
SD	92	474	1877	1744	1629	1078	880
SD media		376	1512	1589	1419	1024	886
Rend. Máximo y %N		lineal		3616-3,51		2095-2,79	
LC-Titán	0	694	1086	793	850	891	1480
LC	46	744	1290	1528	1560	1545	1773
LC	92	730	1580	1702	1751	1861	1313
LC media		722	1318	1341	1387	1432	1522
SD	0	357	762	927	761	809	1458
SD	46	520	1079	1419	1404	1436	1456
SD	92	516	1222	1449	1736	1601	1503
SD media		464	1021	1265	1300	1282	1472
Rend. Máximo y %N		lineal		3489-3,96		3308-3,14	
LC-A+T	0	956	1846	831	779	844	1629
LC	46	981	2106	1576	1471	1587	1931
LC	92	957	2206	1665	1849	1879	1900
LC media		964	2052	1357	1366	1436	1820
SD	0	870	1521	889	713	809	1517
SD	46	1014	1745	1506	1101	1412	1803
SD	92	928	1949	1676	1428	1706	1801
SD media		937	1738	1357	1080	1309	1707
Rend. Máximo y %N		lineal		3770-3,76		3473-3,19	

A= avena 1095 a, 284= raigrás E284, T= raigrás INIA Titán y A+T= avena + Titán. Rend.máximo-%N= rendimiento máximo de forraje y concentración de nitrógeno en el forraje.

Avena fue la especie más precoz y que aporta los mayores rendimientos en otoño. En el segundo subperíodo de otoño, avena y la mezcla de avena+Titán producen los mayores rendimientos, seguidos por raigrás E 284 y la menor producción en esta etapa correspondió a Titán (cuadro 22).

En los primeros 45 días de invierno los rendimientos de forraje entre las cuatro opciones son relativamente similares, mientras que en el segundo subperíodo invernal, avena disminuye su producción en tanto ambos materiales de raigrás y la mezcla siguen con producciones relativamente similares.

En los primeros 45 días de primavera, avena produce los mayores rendimientos explicados por el desarrollo de la floración, seguida por Titán y la mezcla de avena+Titán, siendo raigrás 284 el material de menor rendimiento en esta etapa. En la fase final de primavera, raigrás Titán en siembra pura o en mezcla con avena produce los mayores aportes.

En la figura 12 se muestran gráficamente los rendimientos de forraje en períodos de 45 días, en siembra directa y con laboreo convencional de suelo en las tres estaciones del año.

La superioridad y seguridad productiva de avena en otoño, especialmente en los primeros 45 días, permite dentro de los sistemas de pasturas si las superficies de avena dentro de los mismos son adecuadas, minimizar los riesgos de sobre-pastoreo de pasturas perennes desde el otoño, hecho que perjudica la producción de forraje de toda la rotación. A nivel de empresas es frecuente la reticencia a sembrar *Avena byzantina* por los costos superiores a verdes de raigrás, sin embargo, su resistencia a golpes de calor, su precocidad, nivel de respuesta al nitrógeno y capacidad de producción otoño-invernal justifican plenamente su uso, especialmente dentro de sistemas con cargas animales medias a altas. Al sembrar exclusivamente raigrás, las siembras tempranas corren riesgos de muerte del verdeo por excesos térmicos en marzo-abril, siendo su precocidad y crecimiento inicial lento. Consecuentemente se recurre a otras opciones de pastoreo, generalmente praderas de segundo año integradas por especies perennes que se defolían muy frecuentemente, donde generalmente predomina *Lotus corniculatus* especie frecuentemente usada por no producir meteorismo, originando a raíz del manejo incorrecto de defoliación mermas

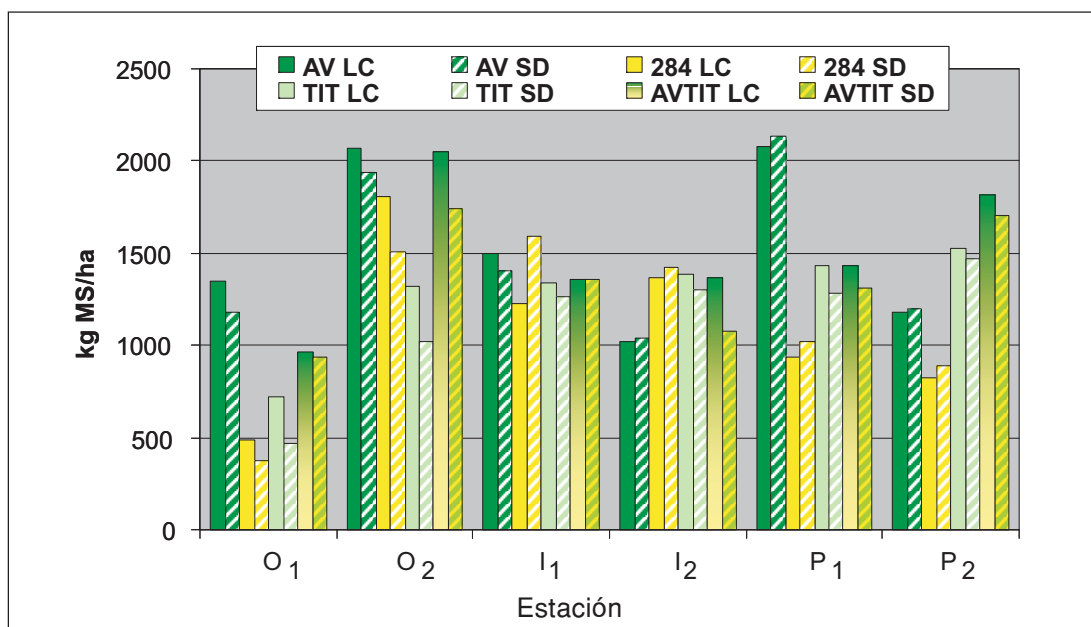


Figura 12. Rendimientos de materia seca de verdes de invierno, media de dosis de nitrógeno para Otoño (O), Invierno (I) y Primavera (P) separando cada estación en dos períodos de 45 días.

productivas de las mismas en otoño, invierno y gran parte de primavera, tanto superiores, cuanto mayores sean los porcentajes de lotus en las mezclas. Esta es la especie que más deprime su potencial productivo frente a manejos incorrectos de defoliación (Formoso, 2011). Económicamente los ahorros de dinero originados como consecuencia de sustituir avena por raigrás, se traducen en menor disponibilidad de forraje temprano en el otoño para el ganado, uso de suplementos de mayor costo por kilo de materia seca y mal manejo de praderas por pastoreos muy frecuentes de mezclas forrajeras con muy poca disponibilidad, traduciéndose en disminuciones importantes en la capacidad de producción de las mismas y frecuentemente perjudicando además la persistencia de las especies. En términos monetarios los ahorros iniciales de sustituir totalmente avena por raigrás terminan siendo muy caros.

10.4 CONSIDERACIONES FINALES

Avena E 1095a

- La conversión de nitrógeno en forraje fue superior en LC comparativamente con SD.
- En O, I y P las respuestas al N fueron cuadráticas, siendo los componentes lineales en LC de 13,7, 26,9 y 30,3 kg MS/kg N y en SD de 8,0, 12,3 y 18,2 para las tres estaciones respectivamente.
- Dentro de cada estación, aumentos en la dosis de fertilización nitrogenada disminuyen la conversión de N en forraje, especialmente en la mayor dosis de N aplicado.
- Los efectos residuales del N aplicado en O se registraron solamente durante los primeros 45 días de invierno, con valores superiores en LC comparativamente con SD.
- En general a partir de O2 aumentos en la dosis de N elevaron la DMO y dentro de un mismo nivel de N las DMO aumentaron hacia P1 especialmente en las dos dosis superiores de N.

- En P2 comparativamente con P1 los aumentos de N de 46 a 184 kg/ha disminuyen la DMO consecuencia del efecto positivo del N en promover estructuras caulinares en esta etapa.
- La PC en general disminuyó desde O2 a P2 dentro de cada dosis de nitrógeno aplicada. Dentro de cada estación del año aumentos en el suministro de N elevaron las concentraciones de PC.
- Las concentraciones de FDA y FDN en general aumentaron de O a P y, salvo excepciones, disminuyeron con incrementos del suministro de nitrógeno, ubicándose las mayores concentraciones en el tratamiento testigo, sin N.

Raigrás Estanzuela 284

- En general las respuestas al N fueron superiores en la opción de LC, comparativamente con SD.
- En O, I y P las respuestas al nitrógeno en rendimientos de forraje fueron cuadráticas, siendo los componentes lineales en LC de 4,9, 26,8 y 3,4 y en SD de 8,8, 12,1 y 6,2 kg MS/kg N respectivamente.
- Las DMO aumentaron de O1 a O2 manteniéndose relativamente estables con valores altos hasta I2, para disminuir en P durante la etapa reproductiva.
- Globalmente, aumentos en la tasa de fertilización con N promueven estructuras de crecimiento que incrementan en general la DMO en fase vegetativa, sin embargo durante la etapa reproductiva, el N promueve la presencia de mayor número de tallos verdaderos disminuyendo la DMO, tanto más cuanto mayor sea la dosis de N.
- La evolución de la PC en el transcurso de las estaciones disminuyó, tanto más cuanto menor fue el nivel de nitrógeno aplicado.
- Las concentraciones de FDA y FDN aumentaron en P con la fase reproductiva, principalmente en P2.

Raigrás INIA Titán

- Los rendimientos de O fueron 32% superiores en LC comparativamente a la SD.
 - Titán registró tendencias productivas similares al raigrás 284, con rendimientos bajos en O1, aumentando en O2.
 - Las conversiones de nitrógeno en forraje fueron muy bajas en O1 aumentando las mismas en O2 mientras que en I y en P₁ se registraron las de mayor magnitud y en la medida que el N aplicado aumenta, las conversiones de nitrógeno en forraje disminuyen.
 - En I1 entre las distintas dosis de N aplicadas, las DMO variaron entre 713 y 723 g/kg, aumentando hacia I2. Posteriormente, durante toda la P, la DMO disminuye progresivamente consecuencia del enriquecimiento en vainas y tallos verdaderos originados durante la etapa reproductiva.
 - Las concentraciones de PC aumentaron con las dosis de N aplicadas registrándose los mayores aumentos en P.
 - En el testigo y el nivel de fertilización de 46 kg N/ha a partir de O2, la PC disminuye paulatinamente con el transcurso del tiempo. En los dos niveles superiores de fertilización las concentraciones de PC tienden a mantenerse hasta P1 para decrecer rápidamente en P2.
 - Las concentraciones de FDA se mantuvieron relativamente estables dentro de cada nivel de nitrógeno aplicado entre O2 y P1, para que en P2 las concentraciones de FDA aumenten, especialmente en los dos niveles superiores de N.
 - Las concentraciones de FDN, aunque con variaciones, permanecieron relativamente estables desde O2 a I2, para posteriormente en P aumentar consecuencia del desarrollo de la fase reproductiva donde las estructuras caulinares tienen tasas de crecimiento superiores a las restantes.
- neales en LC de 4,3, 31,6 y 23,2 y en SD de 7,6, 23,6 y 20,7 kgs MS/kg N, para las tres estaciones respectivamente.
- En cuanto al efecto residual del N aplicado en O sobre I se verifica el mismo fenómeno que el descrito para los verdeos anteriores, existe un efecto residual importante en I1, desapareciendo posteriormente
 - En general la DMO aumentó con la adición de N, presentando dentro de cada nivel de fertilización un leve aumento desde O hasta fines de I, para declinar en P, tanto más cuanto mayor fue el nivel de N aplicado, consecuencia del efecto promotor del N en aumentar el número de tallos elongados.
 - La PC en el forraje aumentó en todas las estaciones con las dosis de N aplicadas, en tanto que la tendencia en el tiempo fue a disminuir a medida que transcurren las estaciones, tanto más cuanto menor sea la dosis de N aplicada.
 - Las concentraciones de FDA en la mezcla en general tendieron a disminuir hacia I, para aumentar especialmente en P2 por el desarrollo de tallos reproductivos.
 - La FDN a partir de I2 aumenta en todas las dosis de N en forma importante hasta el final de P2.

Relaciones entre rendimiento y concentración de nitrógeno en el forraje

- En O, para avena, raigrás 284 y Titán, el contenido de N en el forraje y los rendimientos de materia seca aumentaron linealmente con el N aplicado dentro del rango de dosis evaluado.
- En I, con avena, el rendimiento máximo se ubicó en 3188 kg MS/ha con una concentración de nitrógeno en el forraje de 3,39%, en raigrás 284 los parámetros fueron de 3.616 kg MS/ha y 3,51%, en Titán los valores se ubicaron en 3.489 kg MS/ha y 3,96% de nitrógeno, en tanto que para la mezcla de avena + Titán fueron de 3.770 kg MS/ha y 3,76% de nitrógeno.

Avena + raigrás Titán

- Durante O, I y P las respuestas al nitrógeno en rendimientos de forraje fueron cuadráticas, siendo los componentes li-

- En P todos los verdeos ajustaron también ecuaciones cuadráticas, correspondiéndole a avena un valor de rendimiento máximo ubicado en 4192 kg MS/ha con un tenor de nitrógeno en el forraje de 2,87%, para raigrás 284 los valores fueron de 2095 kg MS/ha y 2,79% de N, con Titán los parámetros fueron de 3.308 kgMS/ha y 3,14% de N y para la mezcla avena + Titán el rendimiento máximo correspondió a 3.473 kg MS/ha y una concentración de nitrógeno en el forraje de 3,19%.

10.5 COMENTARIOS GENERALES

Se sugiere a nivel de sistemas de producción intensivos priorizar la opción de incluir áreas adecuadas de verdeos de *Avena byzantina*, sembrados entre fines de enero y febrero, con el objetivo de disponer desde el otoño temprano de cantidades importantes de forraje. Esta alternativa, muy utilizada en sistemas lecheros de alta producción, permite disponer en forma muy segura, con bajo riesgo económico de forraje temprano en otoño, con la peculiaridad de ser la alternativa de mayor respuesta a la fertilización nitrogenada en dicha época. La mayor disponibilidad de forraje en otoño a partir de este verdeo, debería posibilitar un mejor manejo del pastoreo en las praderas permanentes, evitando sobre-pastoreos de las mismas, manejo muy frecuente a nivel comercial desde otoño temprano hasta fines de setiembre. Consecuentemente, en respuesta a esta mejoría en el manejo de defoliación, las pasturas permanentes deberían incrementar su capacidad de producción de forraje en estos períodos, disminuyendo la gravedad de las crisis forrajeras que se producen en los mismos, debiéndose traducir en mayor cantidad de producto animal. Cuando se encara este tema en forma global, frecuentemente el mayor costo inicial del verdeo de avena comparativo con el de raigrás a la siembra, termina invirtiendo la ecuación económica debido al efecto directo de la alta producción de avena en otoño, más los indirectos de mejor manejo de otras pasturas,

donde finalmente el costo global del kilo de materia seca del sistema con avena termina siendo inferior al de raigrás.

Obviamente que la opción de utilizar raigrás presenta como atributos resaltables su menor costo de establecimiento, su nivel de producción invernal, menores riesgos de daños por pulgones, proveedor de pasturas con buen piso sobre todo en períodos húmedos y altas respuestas al nitrógeno durante el período invernal. Los materiales de ciclo largo son una alternativa cuando se define priorizar aún más las buenas disponibilidades de forraje de primavera. En general, el problema de primavera radica en una buena utilización del forraje producido y no en incrementar excesivamente su disponibilidad.

Los comentarios precedentes simplemente sugieren utilizar los verdeos usando sus mejores atributos, priorización del uso de avena y nitrógeno para potenciar especialmente la disponibilidad dentro del sistema en otoño donde generalmente las áreas efectivamente pastoreables decaen en alta proporción y materiales de raigrás para invierno o primavera si se seleccionan ciclos largos. El tema radica en armonizar técnicamente en forma correcta las áreas de avena y raigrás, acordes con la carga animal del predio y los objetivos productivos definidos, priorizando evitar sobre-pastoreos de praderas permanentes de mayor duración, que son el componente principal de la rotación para disminuir los costos del kilo de materia seca producido a nivel de todo el sistema de producción.

En el trabajo también se realizaron comentarios referentes a las mezclas de avena + raigrás. Éstas teóricamente combinan atributos altamente deseables de ambas especies, pero se advirtió que en períodos húmedos en sistemas intensivos, los pastoreos tempranos que posibilitan las avenas dentro de la mezcla, pueden deteriorar y hasta eliminar las plantas pequeñas de raigrás en las primeras etapas, consecuencia de su precocidad menor, hecho que representa un problema. Para la solución del mismo se sugirió sembrar las especies puras, diagramando correctamente las áreas de cada una de acuerdo a las necesidades

de forraje en otoño e invierno de cada sistema de producción.

Avena fue el verdeo con mayor respuesta al N en otoño, estación donde la mayoría de las conversiones de N en materia seca fueron las menores. Fue la especie más precoz y que aportó los mayores rendimientos en otoño. En el segundo subperíodo de otoño, avena y la mezcla de avena+Titán producen los mayores rendimientos, seguidos por raigrás E 284 y la menor producción en esta etapa correspondió a Titán (cuadro 22). En los primeros 45 días de invierno los rendimientos de forraje entre las cuatro opciones fueron relativamente similares, mientras que en el segundo subperíodo invernal, ave-

na disminuye su producción en tanto ambos materiales de raigrás y la mezcla siguen con producciones relativamente similares.

Cuando en un sistema de producción en otoño se requiere de entrega rápida de forraje, avena es la mejor opción y por tanto es donde habría que priorizar la fertilización nitrogenada temprana, mientras que en invierno, raigrás por su alto potencial productivo, debería ser la especie prioritaria para aplicarle fertilizante nitrogenado. Actualmente, la mayor susceptibilidad de avena respecto a raigrás 284 al pulgón, especialmente en siembras tempranas se soluciona mediante el uso de insecticidas aplicados a la semilla.