
PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y CALIDAD DE VERDEOS DE INVIERNO Y OTRAS ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN OTOÑO-INVERNALES

Autor: Francisco Formoso*

*Ing. Agr. M.Sc., Programa Nacional de Pasturas y Forrajes (INIA La Estanzuela hasta Junio 2010).

Título: PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y CALIDAD DE VERDEOS DE INVIERNO Y OTRAS ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN OTOÑO-INVERNALES

Autor: Francisco Formoso

Serie Técnica N° 184

©2010, INIA

ISBN: 978-9974-38-303-6

Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología de INIA
Andes 1365, Piso 12. Montevideo - Uruguay
<http://www.inia.org.uy>

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Esta publicación no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

Integración de la Junta Directiva

Ing. Agr., MSc. Enzo Benech - Presidente

Ing. Agr., Dr. Mario García - Vicepresidente



Ing. Agr. José Bonica

Dr. Alvaro Bentancur



Ing. Agr., MSc. Rodolfo M. Irigoyen

Ing. Agr. Mario Costa



CONTENIDO

Página

1.	Producción de forraje de cultivares de avena y raigrás	1
2.	Producción de especies anuales invernales sembradas en siembra directa sobre diferentes rastrojos	11
3.	Producción de especies anuales invernales sembradas sobre rastrojos altos y bajos de sorgo granífero, en siembra directa y con preparación convencional del suelo	19
4.	Efectos de la modificación de la arquitectura de los rastrojos de sorgo sobre la siembra de especies anuales invernales	31
5.	Incidencia del grado de compactación y contenido de humedad del suelo en la implantación de especies anuales invernales	33
6.	Siembra de especies anuales invernales sobre rastrojos con gramilla (<i>Cynodon dactylon</i>) provenientes de cultivos de verano	37
7.	Incidencia del método de siembra sobre la precocidad y rendimiento de forraje en verdeos de invierno	43
8.	Efectos de la época, métodos de siembra y el estrés calórico sobre los rendimientos de forraje en verdeos de invierno	51
9.	Impacto de la frecuencia de defoliación en la capacidad de producción de forraje de diferentes verdeos de invierno	59
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	69
11.	Rendimientos estacionales de forraje de verdeos de invierno y otras opciones forrajeras	105
12.	Herbicidas sugeridos para controlar malezas en avena y raigrás	119
13.	Bibliografía	120



PRÓLOGO

Esta publicación resume y compila una secuencia de trabajos realizados entre 1999 y 2009 y además integra resultados de evaluación de cultivares.

El primer trabajo resume los resultados publicados de evaluación de cultivares de avena y raigrás desde 1993 a la fecha, donde se priorizó especialmente la producción de forraje en otoño e invierno. Debe tenerse presente que en las condiciones ambientales del país, los dos años de evaluación requeridos oficialmente con avena y raigrás para poder ser comercializados, apenas dan una idea muy general y primaria del comportamiento de los mismos. En la secuencia de años mostrada se visualiza claramente el buen comportamiento de los cultivares testigos utilizados, avena Estanzuela 1095 a y raigrás Estanzuela 284. Ambos cultivares más el raigrás INIA Titán de ciclo largo fueron utilizados en la mayoría de los trabajos reportados en esta publicación y tomados como referentes del comportamiento de verdeos de invierno.

El segundo trabajo ilustra sobre los rendimientos que se registraron durante varios años con especies anuales, avena, raigrás, trigo y trébol alejandrino sembrados luego de la cosecha de cultivos de verano. En este contexto se cuantificaron rendimientos de materia seca sobre rastrojos de moha, maíz, sorgo, girasol, soja, raigrás de pastoreo y *Digitaria* sp. (pasto de verano).

En el tercer trabajo se profundiza la producción de verdeos sembrados sobre rastrojos altos y bajos de sorgo granífero, generados respectivamente por la cosecha para silo de grano húmedo de sorgo o de silo de planta entera. Este cultivo por considerarse clave para el desarrollo ganadero del país, como especie de menor inversión y más segura frente a períodos de sequía, fácilmente cosechable con la maquinaria disponible en zonas extensivas, requiere de información científica a los efectos de ubicar los rendimientos que se obtienen sobre dichos rastrojos, los cuales en general son considerados como rastrojos complicados, principalmente los altos. Sobre rastrojos altos y bajos de sorgo también se compararon dos opciones de siembra de los verdeos, siembra directa y con laboreo convencional. En el mismo se resaltan defectos y virtudes de cada una de las situaciones consideradas.

El cuarto trabajo profundiza aspectos relacionados con los rastrojos altos de sorgo, a consecuencia de realizar silo de grano húmedo, y bajos, resultado de optar por el silo de planta entera. Se hace referencia a las ventajas y desventajas de sembrar sobre rastrojos altos y bajos, se evalúan los efectos de la modificación de la arquitectura de los rastrojos de sorgo, especialmente los altos por quema del rastrojo, picado con rotativa, etc. y se discuten las repercusiones productivas de estas estrategias. Paralelamente se muestran atributos positivos y negativos de la altura de los rastrojos referente a los grados de control de malezas logrados con aplicaciones de glifosato, así como el impacto de la altura de rastrojo en cubrir el suelo y protegerlo de eventos climáticos como precipitaciones abundantes e intensas, de alto poder erosivo.

Por tratarse de siembras tardías, pos cultivos de verano, realizadas generalmente en el período húmedo de fines de otoño-invierno, en el quinto trabajo se relatan resultados sobre rendimientos de los verdeos en situaciones de suelo compactado y sin compactar interaccionando con el contenido de humedad del mismo. La compactación de suelo afecta el establecimiento y crecimiento de avena, trigo y trébol alejandrino, en tanto, raigrás Estanzuela 284 se manifestó como un cultivar poco sensible a la compactación.

El sexto trabajo resume resultados de chacras ubicadas en varias zonas del país, del impacto que tiene la siembra de gramíneas anuales estivales sobre chacras infestadas con diferentes contenidos pre-siembra de gramilla (*Cynodon dactylon*). Se alerta sobre los impactos negativos de aplicar esta estrategia productiva debido a que mayoritariamente se potencia el nivel de infestación de la chacra con esta maleza. Paralelamente se muestra el impacto de la gramilla en deprimir los rendimientos de los verdeos que se siembran sobre chacras infestadas con la misma.

El trabajo séptimo hace referencia concreta al impacto que tiene la elección del método de siembra, suelo preparado en forma convencional o siembra directa, sobre los rendimientos iniciales que se obtienen y la precocidad de los verdeos. Además se muestran rendimientos de forraje para avena y raigrás de varios experimentos donde se comparan las siembras al voleo con la de líneas. Cuando se determinan las diferencias de rendimiento de forraje entre la siembra en líneas versus voleo y la demora en la primera entrega de forraje, como consecuencia de las dificultades de establecimiento que intrínsecamente tiene la siembra al voleo, se verifica que las siembras al voleo con frecuencia se traducen en mayores costos de la unidad de materia seca producida, comparativamente con la de líneas.

El octavo trabajo muestra información relevante referente al impacto de distintas épocas de siembra de especies anuales invernales sobre los rendimientos de forraje y precocidad de los mismos, principalmente en otoño temprano. Paralelamente alerta especialmente con siembras tempranas sobre la incidencia de períodos de altas temperaturas y baja humedad disponible, originando muerte de plantas por desecación, en muchas especies forrajeras, pero con énfasis en raigrás. Se resalta que hasta el presente, avena se ha implantado sin problemas en períodos de altas temperaturas y bajas disponibilidades de agua en el suelo.

El impacto productivo de diferentes frecuencias de defoliación aplicadas en estas especies anuales se trata en el capítulo noveno. En general dentro de las frecuencias de corte seleccionadas se optó por esquemas relativamente agresivos, consecuencia de priorizar que uno de los roles de estos verdeos radica en evitar el sobrepastoreo de praderas de mayor duración. Estas dependiendo de las especies que las integran pueden ser de alta relevancia por los aportes forrajeros que hacen en los períodos de crisis forrajeras. Adicionalmente se muestran aspectos relacionados con la calidad y composición de algunos minerales del forraje cosechado.

Un aspecto clave en determinar los niveles de rendimiento de las gramíneas anuales invernales es la disponibilidad de nitrógeno, tema abordado en el capítulo décimo. Este reviste alta importancia a nivel país, puesto que mayoritariamente los empresarios optan por sembrar áreas de mucha extensión pero muy limitadas en sus rendimientos por el nitrógeno. Se informan respuestas a dosis de nitrógeno aplicadas estacionalmente, de forma que asesores y productores prioricen la estación más importante en cada situación empresarial y seleccionen la información. Frecuentemente las respuestas al nitrógeno mostradas en verdeos es anual, razón por la cual, las respuestas superiores que se registran comúnmente en primavera, enmascaran las más importantes productivamente, que son las de otoño e invierno. Las respuestas al nitrógeno por estación están determinadas en dos opciones de siembra, con movimiento de suelo y en siembra directa. Estas generan diferencias productivas importantes, principalmente en otoño en lo referente a cantidad y precocidad del forraje ofrecido. La información se discriminó dentro de cada estación en períodos de 45 días con el objetivo de facilitar la presupuestación forrajera que se realiza en los predios. Con relación al nitrógeno, se muestran índices de concentración de nitrógeno en planta como medida para ubicarse en que nivel productivo se encuentra el verdeo según la estación del año.

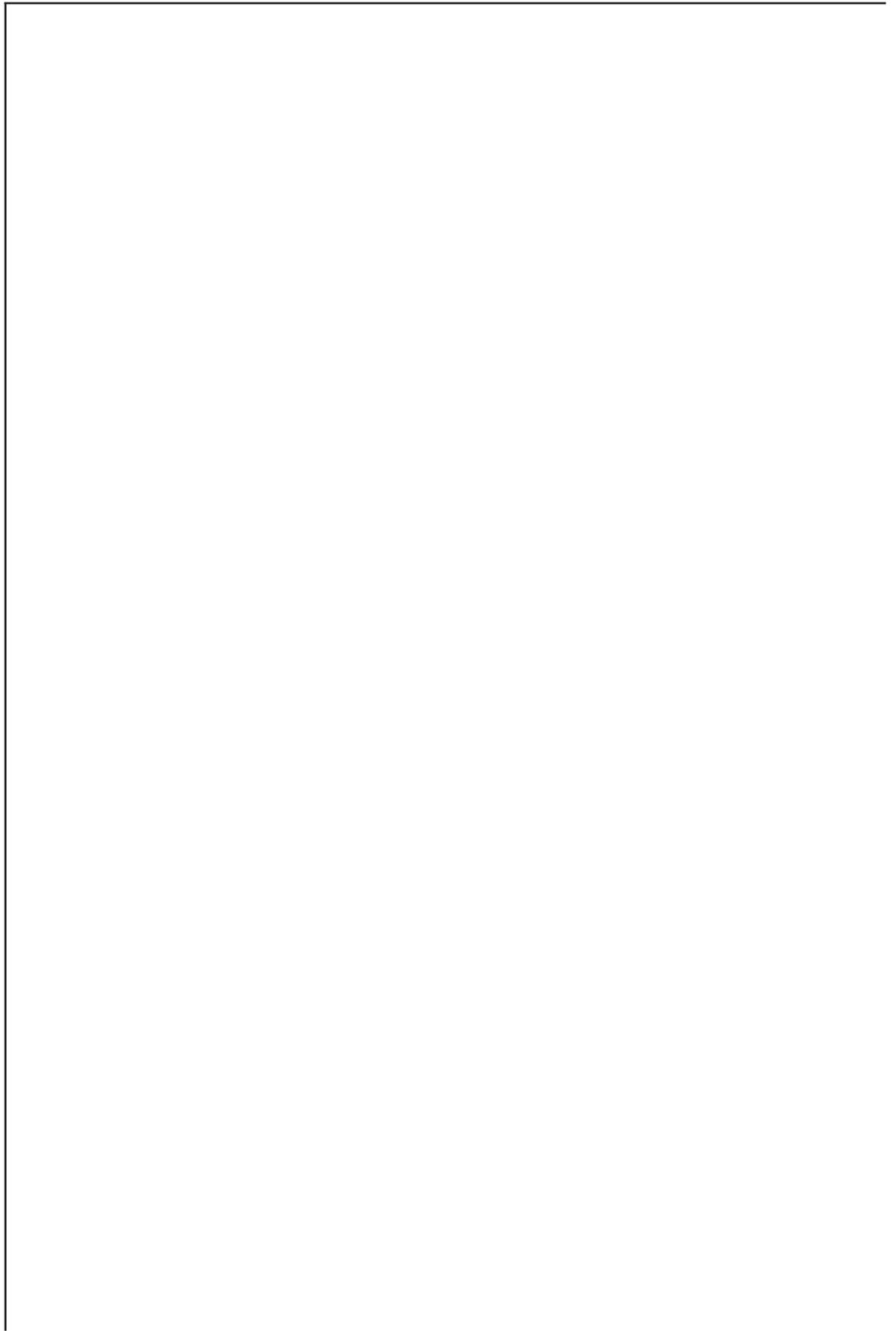
En este trabajo también se informan para las distintas dosis de nitrógeno, datos referentes a la calidad del forraje y contenido de los principales minerales del mismo, discriminados por períodos. Esta información va ligada a datos de rendimientos de forraje, momentos del año, altura del forraje, etc., con el objetivo que los usuarios de la misma se posicionen mejor con relación al estado del verdeo.

El capítulo décimo primero hace referencia a un enfoque de rotación predial en base a los rendimientos de forraje que se obtienen con distintas opciones forrajeras sembradas sistemáticamente durante tres años. Se incluyeron *Avena byzantina* y *Lolium multiflorum*, algunas opciones de leguminosas puras y mezclas entre ellas y dos mezclas de gramíneas perennes más leguminosas. Esta estrategia permite comparar en períodos de 45 días a lo largo del año, los crecimientos generados por las diferentes alternativas en edades desde uno a tres años bajo condiciones de ambiente similares generadas por las repeticiones en el tiempo. Se anexan coeficientes de variación de las distintas opciones como forma de evaluar riesgos productivos y de inversión.

Bajo una modalidad de comunicación corta, en el capítulo décimo segundo se reproducen las sugerencias de uso de algunos herbicidas generadas en INIA La Estanzuela para el control de malezas en verdeos de invierno.

Como comentario final, tanto a nivel empresarial como de país, sin descartar otras opciones forrajeras que sin duda existen, se priorizó la producción precoz de forraje en otoño, la cual requiere de siembras tempranas, por ejemplo a partir de inicios de febrero, donde se destaca netamente *Avena byzantina* del tipo 1095a o similar por sus atributos, que además presenta buena producción invernal a la que se suma en este período *Lolium multiflorum* cv Estanzuela 284. Estas especies para desarrollar altos potenciales de producción en estos períodos no deben tener carencias de fósforo y especialmente de nitrógeno.

También fue sugerido iniciar las rotaciones a partir de praderas normalmente de baja producción y engramilladas, con verdeos de invierno y no de verano, puesto que estos potencian el engramillamiento. Se resaltó el rol protagónico que tienen algunas opciones bianuales y perennes en producir forraje en los períodos críticos. Estos históricamente comprenden otoño más invierno, aunque en esta publicación se modificó este criterio definiéndose que en general las crisis forrajeras se inician en verano, razón por la cual el período crítico debe considerar a verano más otoño más invierno. En rotaciones cortas se priorizaron mezclas con base a *Trifolium pratense* cv Estanzuela 116 más *Trifolium repens* cv Estanzuela Zapicán por ser las de mayor producción, aunque esta priorización no implica descartar a *Lotus corniculatus*. Con rotaciones de mayor duración, tres a seis años, se considera imprescindible, si se pretenden alcanzar los mayores registros productivos y minimizar riesgos climáticos, la inclusión de cultivares altamente probados en el país de *Medicago sativa* y sus mezclas. La inclusión de *Medicago sativa* sola o en mezclas determina producciones de forraje altas y muy seguras a pesar de que ocurran sequías en verano y otoño, desarrollando además buenos niveles de producción en invierno.



1. PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE CULTIVARES DE *Avena sativa*, *Avena byzantina*, *Avena strigosa* y *Lolium multiflorum*

A partir de la información generada por INASE-INIA desde 1993 a 2008, en el marco del convenio de Evaluación Nacional de Cultivares de Especies Forrajeras, se muestran los resultados para avena y raigrás generados en experimentos llevados a cabo en INIA La Estanzuela sobre brunosoles pertenecientes a la serie Ecilda Paullier-Las Brujas, preparados con laboreo convencional del suelo. Los experimentos se sembraron entre marzo y abril, indicándose en los cuadros las fechas de siembra para cada año. Los rendimientos de forraje se evaluaron simulando un pastoreo rotativo, mediante una rotativa recolectora de forraje. En general se deja un césped residual de 4 a 5 cm y se procede a cortar con alturas de forraje entre 15 y 20 cm. Los niveles de fósforo en el suelo se ubicaron entre 10 y 15 ppm (Bray 1) mientras que la fertilización nitrogenada con variaciones entre años fue en promedio de 170 kg/ha/año. Los meses de marzo-abril y mayo corresponden a otoño, junio-julio y agosto a invierno y setiembre-octubre y noviembre a primavera. En los cuadros se marcaron con rojo los materiales con rendimientos superiores a los testigos en 10% o más.

Por tratarse de verdes invernales se priorizó la producción de forraje de otoño e invierno, presentándose los rendimientos de forraje de ambas estaciones por separado y además la producción total. En avena los rendimientos se reportan relativos al cultivar testigo, *Avena Estanzuela 1095a* tomado como base 100%, mientras que en raigrás el testigo fue el material *Estanzuela 284*.

En sistemas de producción animal deben priorizarse los rendimientos de los períodos deficitarios en oferta de forraje, otoño e invierno. Es frecuente observar información en el país donde se comunican los

rendimientos de toda la estación de crecimiento sin aclarar los estacionales. Los rendimientos totales (otoño más invierno más primavera y eventualmente parte de verano en situaciones de siembras tardías o materiales de ciclo muy largo) generalmente están explicados por la producción de primavera, razón por la cual pueden inducir a errores en el armado de cadenas forrajeras que necesitan los mayores aportes en otoño e invierno.

En las condiciones ambientales del país y en empresas que disponen de cadenas forrajeras definidas, lo común es que en otoño e invierno se produzcan carencias en la cantidad de forraje disponible, debiendo frecuentemente recurrirse a la suplementación para mantener la carga animal. En primavera, lo esperable es que se generen dificultades dentro de los sistemas productivos para utilizar y convertir eficientemente los excesos de producción, que normalmente ocurren, en producto animal.

Los argumentos previos determinaron que en los cuadros se presentara la producción relativa de otoño, invierno y total. Los interesados en los rendimientos de primavera pueden calcularlos a partir del total, sustrayendo los de otoño e invierno.

La información que se muestra permite posicionar productivamente a los cultivares seleccionados como testigos y además posibilita ver las grandes diferencias que se pueden generar dentro de una misma especie entre cultivares.

Con relación a avena, en los cuadros hay materiales de tres especies: *byzantina* (avena amarilla), *sativa* (avena blanca) y *strigosa* (avena negra). Dentro de cada uno de estas se corrobora que existe amplitud en lo que tiene que ver con potenciales productivos.

En términos generales las avenas constituyen el verdeo con mayor potencial de producción de forraje en otoño, siendo además muy bueno el de invierno, conforme a la información mostrada en varios trabajos de esta publicación. El alto potencial de otoño se explica por ser una especie cuya semilla germina bien con bajos tenores de humedad en el suelo y sus plántulas son altamente resistentes a altas temperaturas, 35 a 44 °C, (Formoso, 2004, 2005, 2007). Ambos atributos posibilitan que este verdeo se pueda sembrar a partir de enero, precisamente, el hecho de tolerar siembras muy tempranas, posibilita la disponibilidad de mayores volúmenes de forraje desde el otoño temprano. Debe advertirse que la realización de siembras tempranas, especialmente con materiales de *Avena sativa* que además presentan buen potencial de producción de grano y *Avena strigosa*, generalmente originan el encañado temprano en otoño de los mismos. El atributo positivo de este suceso radica en que al alargar sus entrenudos temprano incrementa el potencial de producción en dicho período, el aspecto negativo consiste en que el pastoreo pos encañado, deprime en forma importante el rebrote, razón por la cual los rendimientos invernales pueden ser muy bajos a nulos, dependiendo del cultivar. En este sentido los materiales más seguros pertenecen a las *Avenas byzantinas*, debiéndose tener la precaución de no acumular excesos de forraje temprano en el otoño. Las acumulaciones importantes de forraje en esta etapa, determinan un sombreado excesivo en la zona basal del tapiz, la cual se enriquece en radiación rojo lejano y esto puede determinar también alargamiento temprano de entrenudos en fase vegetativa y luego de una defoliación morir las macollas elongadas. En estos eventos existe importante variabilidad entre cultivares.

Con *Avena sativa* se sugieren las siembras de mediados a fines de marzo con el objetivo de evitar con mayor seguridad el encañado temprano de las mismas, sin embargo la siembra en este período, determina menores rendimientos de forraje en otoño.

Con *Lolium multiflorum* agrónomicamente la mejor división entre el germoplasma con destino a producción de forraje en términos

prácticos resulta en clasificar los cultivares en ciclo corto y largo, en sustitución de diploides y tetraploides u otras clasificaciones existentes.

Los de ciclo corto son más frecuentemente utilizados en rotaciones que priorizan producción otoño-invernal, principalmente ésta última y que posteriormente al raigrás siguen verdeos o cultivos de verano, sobre todo en situaciones que se enfatizan las siembras tempranas de éstos. Los raigrases de ciclo largo, normalmente con altos potenciales de producción en primavera, son utilizados en rotaciones que enfatizan períodos de utilización más prolongados, hasta fin de primavera.

Los cultivares mejor adaptados a nuestros ambientes presentan los mayores potenciales de rendimiento durante el período frío invernal, siendo además, de las forrajeras más resistentes al pisoteo. Como atributos adicionales importantes, se resalta que generalmente los materiales mejor adaptados no presentan problemas graves frente a royas y pulgón, eventos que ocurren con cierta frecuencia con avenas. El inconveniente del raigrás radica en que si bien se pueden sembrar temprano en otoño, sus plántulas tienen baja tolerancia al estrés térmico, razón por la cual siembras excesivamente tempranas, presentan alto riesgo de marchitarse frente a temperaturas muy elevadas y bajas disponibilidades de agua en el suelo.

El objetivo del presente trabajo es dar a conocer en forma concisa la información generada a los efectos de posicionarse sobre el comportamiento productivo general de los materiales evaluados, priorizando producción de otoño e invierno.

AVENA

En los cuadros 1 y 2 se muestra información referente a 85 materiales de avena evaluados, que comprenden cultivares y líneas experimentales, resaltándose con color rojo, aquellos que superan al testigo con rendimientos de 10% o más. La información posibilita posicionarse relativamente con relación a las capacidades de producción espe-

Cuadro 1. Producción otoño-invernal y total expresada en términos relativos (%) al cultivar Estanduela 1095 a entre 1993 y 1998. INASE-INIA, 1993 a 1998.

Años Cultivares	1993			1994	1995			1996			1997			1998			
	O	I	T	T	O	I	T	O	I	T	O	I	T	O	I	T	
AGUILA DE ORO								130	104	112							
CA 066 (AS)								90	102	98	163	84	106	130	69	90	
CA 15					61	153	122	99	65	76							
CA 271															131	106	114
CA 308														94	147	129	
CA 5	99	115	111	114													
CA 5-10	99	127	119	94													
CA 515														97	78	85	
CA 86					58	89	78	83	101	95	77	102	95	84	133	116	
CA 87 AP (AS)								93	82	85	106	86	92	113	74	88	
CA 89					99	143	128										
CA 90					81	125	110	127	95	105	158	57	85				
CA 90H4								130	91	104	142	45	72	118	73	89	
Calprose AMAZONA					79	107	98	104	97	99	123	68	84	91	89	90	
Calprose SOBERANA					78	130	112	92	112	106	106	79	86	101	118	112	
Calprose REINA														106	77	87	
CHARISMA											136	61	82				
COOLABAH														124	97	106	
CRISTAL INTA				99	88	119	109							80	135	116	
IAPAR 61					75	107	96	99	94	95							
INIA TUCANA	123	125	124	112	92	104	100	108	102	104	121	98	105	60	121	100	
INIA POLARIS								90	114	106	105	116	113	104	121	115	
IRIS														92	53	67	
LE 87-118	117	91	98	106													
LE 87-119	124	100	106	104													
LE 87-203				110	103	115	111										
LE 87-208				109													
LE 87-211	125	104	110	108													
MAXIMA INTA								112	91	98	127	60	79	115	83	94	
PALLINUP														88	63	72	
PERLA INTA														90	116	107	
PROTINA 1														71	119	103	
PROTINA 34								117	111	113	87	130	118	102	113	109	
RLE 115	112	112	112	118	105	97	100	105	109	108	100	126	119	83	110	100	
SAIA 4	105	108	107		131	121	124										
SAIA 6	107	104	105														
SAMG														90	72	78	
SINEA 2088					99	108	105										
STRIGOSA (Preta)				91	73	109	97										
SUPER MAGNA								110	85	93							
VITAL														98	82	87	
Siembra:	2/04/1993			14/04/1994	5/04/1995			1/04/1996			9/04/1997			4/05/1998			
kg MS/ha	724	1977	2701	3204	1145	2203	3348	1089	2335	3424	714	1828	2542	1279	2426	3705	

(AS)=avena strigosa. Producción (kgMS/ha) = Avena 1095a.

cialmente durante otoño e invierno. Los resultados presentados en los cuadros sirven solamente como una guía de comportamiento productivo, ya que de acuerdo a las exigencias, los materiales son evaluados durante dos años y en un número limitado de ambientes.

De la información mostrada surge que existen muchos materiales que superan a avena 1095a en otoño o invierno en valores de 10% o más; sin embargo, ninguna avena superó al testigo sistemáticamente durante dos años en 10% o más de producción en otoño e invierno.

4

Cuadro 2. Producción otoño-invernal y total expresada en términos relativos (%) al cultivar Estanzuela 1095a entre 2000 y 2008. INASE-INIA, 2000 a 2008.

Años Cultivares	2000			2001			2002			2003			2004			2005			2006			2007			2008						
	O	I	T	O	I	T	O	I	T	O	I	T	O	I	T	O	I	T	O	I	T	O	I	T	O	I	T				
493	107	65	91	102	80	93																									
994	91	60	87	92	84	91																									
8 LHO	89	84	91																												
8 MDO	87	76	89																												
8 WHHP	104	96	101																												
AS 1687				88	74	85	81	89	89																						
AS 1688				86	83	87	85	83	87																						
C622-013										104	115	103													114	64	81				
CA 152																															
Caliprose																															
AZABACHE																															
CH79B				82	84	85																									
EST 2062																															
EST 2065																															
EST AB 0206																															
EST AS 0106																															
ESTERINA																															
ESTERO 1791										101	81	92																			
ESTEROSA																															
EXP N° 1																															
EXP N° 2																															
EXP N° 3																															
EXP AV 001	97	77	88																												
FAC 2112							84	75	71																						
GVE EXP 03																															
INIA LE																															
TUCANA	101	84	104	97	94	95	103	97	103																						
INIA POLARIS	105	87	98	104	93	100	102	83	85																						
IZAR																															
L 27				94	113	106																									
L 3				90	100	96																									
LA MOROCHA																															
LE 93-96										91	99	96																			
LE 093-179																															
LE 093-241										90	87	85	96	73	88																
LE 093-241 a																															
MAXIMA INTA	78	70	86																												
MULATA																															
OS01-16.32																															
PILAR INTA	112	105	111																												
PROTINA 34				94	110	102	95	101	103																						
RLE 115	105	97	100	100	111	106	101	107	108	101	106	103	100	105	107	98	96	97	96	128	105	97	112	107	107	96	101				
S - 1	87	93	91																												
S - 3	93	86	86																												
WP1B052																															
Siembra:	24/03/2000	24/03/2001	24/03/2002	25/03/2003	25/03/2004	19/03/2005	12/03/2006	12/03/2007	12/03/2008	14/03/2009	14/03/2010	14/03/2011	14/03/2012	14/03/2013	14/03/2014	14/03/2015	14/03/2016	14/03/2017	14/03/2018	14/03/2019	14/03/2020	14/03/2021	14/03/2022	14/03/2023	14/03/2024	14/03/2025	14/03/2026	14/03/2027	14/03/2028	14/03/2029	14/03/2030
kg MS/ha	1835	1873	6296	3502	2902	18071	2226	3203	7774	3068	3103	9475	3524	4180	10796	3029	3459	9577	2966	2660	8570	1126	2744	7032	2675	2918	8759				

Producción (kgMS/ha) = Avena 1095a.

RAIGRÁS

Con raigrás se aplicaron los mismos criterios que los seguidos con avena, comprendiendo 171 materiales entre variedades y líneas experimentales.

De forma similar a avena, materiales que hayan superado al testigo (Estanzuela 284) en 10% o más de producción en otoño e invierno, consistentemente durante dos años, son escasos.

Muchos materiales se destacan produciendo un 10% o más de forraje en otoño o invierno durante un año, sin embargo cuando se repiten los resultados en otro año, muy pocos presentan alta estabilidad y consistencia.

Con materiales anuales es esperable que cuando de un mismo material genético se siembran semillas con mayor peso de mil semillas, que es una medida del tamaño de las mismas, este atributo mejora el crecimiento inicial y precocidad del mismo. Esta ventaja inicial muchas veces puede traducirse en una mayor producción en toda la primer estación de crecimiento, otoño. Este aspecto es importante a tener en cuenta ya que no hay disposiciones que lo regulen desde el punto de vista de la evaluación.

Se reitera que los resultados presentados sirven solamente como una guía de comportamiento productivo, en función del número de años de la evaluación y de un número limitado de ambientes en la que se realiza.

Cuadro 3. Producción otoño-invernal y total expresada en términos relativos (%) al cultivar Estanzuela 284 entre 1993 y 1996. INASE-INIA, 1993 a 1996.

Años Cultivares	1993			1994			1995			1996		
	O	I	T	O	I	T	O	I	T	O	I	T
ADRINA							92	98	103			
AS 1031	99	99	110									
CONCORD							98	100	101			
CONQUEST										106	107	115
CORDURA										86	90	115
FADISOL 9681										70	87	109
HERCULES										95	92	108
INIA CETUS										88	89	101
INIA TITAN										93	99	126
KEMAL										75	86	113
LE 19-37	110	110	122	90	90	119						
LE 19-41							90	99	107			
LE 19-43							100	105	110			
LEMTAL							82	86	90	79	84	99
E. MATADOR	97	97	106	98	98	116						
PREB.MATADOR	105	105	121	88	88	119	104	108	112			
RIMBO				91	91	110	93	99	105			
Siembra:	2/04/1993			15/04/1994			15/04/1995			1/04/1996		
kg MS/ha	1558	2894	9238	1121	2496	6760	719	1197	6226	1364	3810	9615

PREB= pre-básica. Producción (kg MS/ha)=raigrás Estanzuela 284.

Cuadro 4. Producción otoño-invernal y total expresada en términos relativos (%) al cultivar Estanzuela 284 entre 1997 y 1998. INASE-INIA, 1997 y 1998.

Años Cultivares	1997			1998		
	O	I	T	O	I	T
ABERCOMO	112	76	97	91	92	105
AJAX	166	90	117	101	101	113
ANDY	208	102	115			
AVANCE	191	107	115	127	117	117
BALTIMORE	54	74	94	83	90	110
BOFUR	101	82	106	119	111	122
CLIPPER	190	94	109	134	116	119
CONCORD	48	89	108	103	100	114
CONKER	118	92	107	107	104	114
CONQUEST	43	57	90	95	101	111
CORDURA	56	66	95	95	100	113
CRA 1	149	99	117			
DANERGO	65	67	90	83	88	103
DOMINO	198	92	125	130	113	132
ELUNARIA				117	114	118
EXP. LMC98				135	118	113
EXP. LMM98				128	115	121
FAD 9721	61	87	104	80	92	110
FAD 9722	85	81	105	104	102	111
FAD 9723	123	96	107	103	99	112
FAD 9724	107	82	101	85	95	113
FAD 9829				77	92	109
FAD 9830				88	102	126
FENIL	113	62	104	110	108	122
FLORIDA	96	93	98			
HERCULES	173	100	117	129	117	112
INIA CETUS	53	74	100	94	106	107
INIA TITAN	143	95	121	116	116	124
JEANNE	176	88	121	118	110	122
KEMAL	38	61	93	63	68	109
LE 19-45 a	98	80	104	97	98	119
MAVERICK				80	94	104
ROBERTA	85	83	119	100	106	125
SCO 6832	77	90	97	81	91	109
SHOOT	94	82	95			
SIKEM	84	70	92	78	91	110
TEANNA	135	89	114	107	104	119
TETRAGOLD	200	104	115	132	120	112
TONIC	103	73	105			
TRAJAN				85	90	108
ZORRO	114	84	119	109	108	128
Siembra:	23/04/1997			6/O5/1998		
kg MS/ha	255	5232	9690	525	3977	9286

Producción (kg MS/ha)=raigrás Estanzuela 284.

Cuadro 6. Producción otoño-invernal y total expresada en términos relativos (%) al cultivar Estanzuela 284 entre 2000 y 2008. INASE-INIA, 2000 a 2008.

Años Cultivares	2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008	
	O	T	O	T	O	T	O	T	O	T	O	T	O	T	O	T	O	T
FAD 1016													85	98	96	53	89	94
FAD 1026													70	99	106			
FAD 1027																	86	89
FAD 1038																	103	94
FAD 2001	67	102	105	99	103	106												
FAD 2002	61	101	109															
FAD 2003	69	88	103	111	95	101												
FAD 2004	59	85	99	114	86	98												
FAD 2005	91	97	111	126	93	102												
FAD 2114			126	105	113	121	98											
FAD 2115			111	103	115													
FAD 2118			118	100	108	137	106	99										
FAD 2119			96	101	106	98	91											
FAD 2501											85	86	97					
FAD 9829	66	94	107															
FAD 9830	73	100	110	106	88	108												
FAD 9932	62	91	104	109	91	103	97											
FAD 9946	84	96	115	119	98	112			167	103	141							
FEAST II																		
FORMULA																		
FPICK 1							76	108										
FPICK 2							80	104	113									
FREDRIK																		
FST 1	81	96	116	113	110	121	102	104	97	62	100	100	162	112	139	76	98	99
GE																		
EXP2n01																		
GE																		
EXP4n01																		
GIPSYL	67	96	102															
GRANDESA	82	101	110															
GU 200501																		
GU 200512													70	92	98	70	89	95
GU 200513													86	98	100	61	104	94
GU 200802													83	102	102	94	104	92
GU 200803																		
IMPERIO																		
INIA																		
BAKARAT																		
INIA																		
CAMARO																		
INIA CETUS	67	103	101	101	99	105	92	97	87									
INIA																		
ESCORPIO																		
INIA TITAN	57	96	114	103	99	114	99	91	95									
KLM 966 G	63	110	114															
KWRA 001																		
KWRA 002																		
LE 16-31																		
LE 19-45 a	73	98	108	105	97	105	103	92	94									
LE 19-55																		
LE 19-61																		
LE 19-63																		
LE 19-64																		

Producción (kg MS/ha)=raigrás Estanzuela 284. 19-45 a= INIA Camaro, 19-55 = INIA Bakarat, 19-63= INIA Escorpio

Cuadro 7. Producción otoño-invernal y total expresada en términos relativos (%) al cultivar Estanzuela 284 entre 2000 y 2008. INASE-INIA, 2000 a 2008.

Años Cultivares	2000			2001			2002			2003			2004			2005			2006			2007			2008					
	O	I	T	O	I	T	O	I	T	O	I	T	O	I	T	O	I	T	O	I	T	O	I	T	O	I	T			
LIVICTORY																														
LIVICTORY 2																									30	64	98			
LM 28	74	85	116	108	97	111																								
LM 46																														
LM 71	70	94	120	103	98	105													95	92	93									
LUCIANO	67	94	116	108	95	110																								
MAGNIFICO																														
MAVERICK																														
GOLD													110	97	132															
MOLISTO	46	85	111																											
NABUCCO																			78	89	98	82	93	104	22	68	100			
PELETON	63	101	116																											
PG 218				118	95	107	103	106	94																					
PG 233																														
POTRO																						86	108	109	79	94	114			
PROGROW																			74	95	102	103	112	115	39	82	102			
PROMENADE	76	102	112																											
SANCHO																														
ST-TET																														
SUXYL																														
TAMPA 8				123	99	107	115	102	91																					
TETRALIANO																														
TETRAWEST																														
WARRIOR																														
WINTER STAR																														
WINTER STAR II																														
Wp2A041																														
WP2A061																														
Siembra:	29/03/2000			30/03/2001			25/03/2002			27/03/2003			26/03/2004			17/03/2005				24/03/2006			11/04/2007				14/03/2008			
kg MS/ha	1545	3233	7648	1517	3298	6022	1106	3211	8374	1585	4726	8650	836	4480	7322	3104	4795	9823	620	5103	9612	1262	3776	10102	1847	4301	9598			

Producción (kgMS/ha) = raigrás Estanzuela 284

2. PRODUCCIÓN DE ESPECIES ANUALES INVERNALES SEMBRADAS EN SIEMBRA DIRECTA SOBRE DIFERENTES RASTROJOS

2.1 INTRODUCCIÓN

Posteriormente a la siembra de cultivos de verano frecuentemente se intercalan verdeos anuales de invierno. Esta opción en esquemas netamente agrícolas, especialmente luego de soja, se utiliza con el objetivo de cubrir el suelo y utilizar el barbecho de estos verdeos previo a la siembra de nuevos cultivos de verano. A pesar que estas siembras se realizan tardíamente a fines de otoño, desde el punto de vista forrajero en esquemas agrícola-ganaderos, el objetivo principal radica en aumentar la disponibilidad de forraje especialmente en invierno si posteriormente al verdeo invernal sigue un nuevo cultivo de verano, o invierno y primavera, si la decisión es proseguir con praderas sembradas temprano en otoño del año siguiente. En esta última situación los verdeos son utilizados principalmente para limpiar de malezas, especialmente gramilla, si hay infestación con la misma en los rastrojos. En este aspecto, a pesar de que los cultivares de soja utilizados son RR (resistentes a glifosato), estos rastrojos frecuentemente presentan manchones con gramilla originados por aplicación de sub-dosis de herbicidas o problemas de aplicación.

El objetivo del presente trabajo fue cuantificar el potencial de producción de forraje de verdeos anuales invernales sembrados luego de la cosecha de cultivos de verano. Las opciones de producción de grano de trigo, o trigo más pradera para silo, o grano, sembrados sobre rastrojos de cultivos de verano ya fue publicada por Formoso, 2007c.

2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

A partir de un verdeo de raigrás Estanzuela 284 o raigrás INIA Titán sembrado en siembra directa a 15 ó 20 kg/ha, respectivamente, en líneas a 19 cm, fertilizado en la línea de la semilla a la siembra con 100 kg/ha de 18-46-0 y posterior aplicación de 100 kg urea/ha cuando el raigrás alcanzaba 10 cm de altura. El verdeo se pastoreaba con novillos en forma rotativa. A fines de agosto, con el raigrás entre 15 y 25 cm de altura según los años, se aplicaba glifosato, iniciándose un período de barbecho hasta la siembra de los cultivos de verano normalmente realizada en la segunda quincena de octubre. Luego de la cosecha de los cultivos de verano se aplicaban a los rastrojos 5 litros/ha de glifosato y luego de tres a siete días se sembraban el mismo día las especies forrajeras. Se utilizó una máquina de directa John Deere modelo 750, de 16 líneas espaciadas a 0,19 m. Las semillas siempre fueron sembradas en la línea, a profundidades de siembra que variaron según el estado de los suelos entre 5 y 9 mm para las semillas chicas y entre 27 y 36 mm para trigo y avena.

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 correspondían 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 16 ppm). Las chacras con cuatro o cinco años de historia previa de siembra directa, pertenecían al sistema agrícola ganadero intensivo de producción de carne de La Estanzuela.

Los cultivos de verano predecesores a las forrajeras se sembraron en directa utilizando los herbicidas e insecticidas usados comúnmente a escala comercial. Los cultivares utilizados en los experimentos fueron: girasol (DK 4040) sembrado a 7 plantas por metro en líneas a 76 cm; sorgo granífero (83G66 o DK 69T) sembrados a 14 kg/ha en líneas a 57cm; soja (A 6401 RG) sembrada a 70 kg/ha en líneas a 38 cm; moha (A3-22 o Yaguané) sembrada a 30 kg/ha en líneas a 19 cm y maíz (DK 682) sembrado a 70000 plantas/ha en líneas a 76 cm. En algunas situaciones se incluyó además como tratamientos adicionales: rastrojo de pasto blanco (*Digitaria sanguinalis*), compacto y de alta densidad de forraje y rastrojo de raigrás de ciclo largo proveniente de la zafra previa.

Los cultivos fueron fertilizados uniformemente a la siembra con 150 kg/ha de 25-33-0 y posteriormente cuando alcanzaron aproxi-

madamente 20 cm de altura se fertilizaron con 150 kg/ha de urea, excepto soja.

Los sorgos fueron destinados a silo de planta entera al estado de grano masa y los de moha fueron enfardados, por tanto, persistieron en ambos casos, rastrojos bajos de unos 20 cm de altura, correspondientes a los tallos. Maíz, soja y girasol siempre fueron cosechados para grano con cosechadora provista de picador-esparcidor de paja. Los cultivos de moha fueron cosechados en la primera década de marzo, los de girasol a fines de marzo, los de maíz, sorgo y soja entre mediados y fines de abril. A fines de abril se aplicaban 5 l/ha de glifosato y en la primer quincena de mayo se sembraban las forrajeras. Estos trabajos se repitieron durante cuatro años, manteniendo la misma metodología.

Un aspecto global de los rastrojos, para un año específico se muestra en las figuras 1 a 6.



Figura 1. Rastrojo de sorgo.



Figura 2. Rastrojo de maíz.



Figura 3. Rastrojo de moha.



Figura 4. Rastrojo de *Digitaria sanguinalis*.



Figura 5. Rastrojo de girasol.



Figura 6. Rastrojo de soja.

Las densidades de siembra teóricas y pesos de 1.000 semillas se indican en el cuadro 1, en tanto las densidades de siembra reales presentaron desvíos menores a 4.4 % de la teórica.

Se utilizaron anchos de parcela de 16 líneas. La longitud de las parcelas varió entre 10 y 20 m, utilizándose entre 4 y 6 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. La frecuencia de cortes aplicada entre la siembra y el 30 de noviembre, período que se definió como primer año, varió entre tres y cuatro, según los años.

La uniformización del tapiz luego de cada corte de evaluación se realizó con pastera rotativa y luego de ésta las gramíneas se fertilizaron con 40 kg/ha de urea. El diseño

experimental utilizado fue de parcelas divididas, ubicando en las parcelas mayores los tipos de rastrojos y en las menores las especies. Para los análisis estadísticos se utilizó el programa SAS y la separación de medias se hizo por mínima diferencia significativa al nivel de probabilidad de 5%.

2.3 RENDIMIENTOS DE FORRAJERAS ANUALES ENTRE RASTROJOS

Los rendimientos de forraje (kg MS/ha) producidos entre la siembra y fines de noviembre en cuatro años se muestran en el cuadro 2 y los mismos expresados en términos relativos tomando el rendimiento sobre el rastrojo de sorgo como base 100 se indican en el cuadro 3. Dentro de cada año (1, 2, 3 y 4) los rendimientos entre especies son estrictamente comparativos.

Cuadro 1. Especies forrajeras sembradas, densidades de siembra (kg/ha), pesos de 1000 semillas (g) y número de semillas por metro de surco.

Especies	Densidades (kg/ha)	Peso de 1000 semillas (g)	Nº semillas/metro de surco
Avena Estanzuela 1095 a	120	32.8	69
Trigo INIA Tijereta	120	37.1	61
Raigrás Estanzuela 284	15	2.1	135
Raigrás INIA Titán	20	3.4	112
Trébol alejandrino INIA Calipso	15	2.3	124

Cuadro 2. Rendimientos de forraje (kg MS/ha) en cuatro años diferentes, indicados de 1 a 4, de forrajeras anuales sembradas sobre diferentes rastrojos. Datos de cuatro experimentos.

	Raigrás	Digitaria	Moha	Maíz	Sorgo	Girasol	Soja	MDS						
Avena 1	4029				3501			NS						
Avena 2			3793	b	3504	b	4505	a	4175	ab	679			
Avena 3		3525	b	3592	b	4208	a	3590	b	3398	b	3327	b	578
Avena 4		3563		3703		3404		3461		3731		3626		NS
Media	4029	3544		3697		3806		3514		3878		3709		
Trigo 1	2606	a				1672	b							425
Trigo 2				2956	ab			2388	b	2987	ab	3398	a	617
Trigo 3		3009	c	3404	bc	4093	ab	3358	bc	4295	a	4061	ab	784
Trigo 4		4063	ab	4428	ab	3983	ab	3801	b	4738	a	3908	b	769
Media	2606	3536		3596		4038		2804		4006		3789		
Rg 284 1	5239					5172								NS
Rg 284 2				5053	ab			4641	b	5715	a	5604	a	682
Rg 284 3		4403	bc	4975	ab	5215	a	3805	c	4358	bc	4792	ab	668
Rg 284 4		4820	ab	5926	a	5161	a	3856	b	5960	a	5783	a	1150
Media	5239	4611		5318		5188		4368		5344		5393		
Rg Titán 1	5161					4961								NS
Rg Titán 2				5040	b			4639	b	5972	a	5383	ab	784
Rg Titán 3		4379		4562		4473		4203		5023		4560		NS
Rg Titán 4		4442	cd	5646	ab	4976	bc	3708	d	6006	a	5614	a	876
Media	5161	4410		5082		4724		4377		5667		5186		
Calipso 1	8091	a				5520	b							848
Calipso 2				4910	a			4285	ab	4536	ab	3999	b	794
Calipso 3		4033	c	5251	a	4309	bc	4313	bc	4389	abc	5123	ab	919
Calipso 4		2568	c	4543	b	5020	ab	5152	ab	4976	ab	5227	a	605
Media	8091	3300		4901		4664		4817		4633		4783		

Medias con la misma letra en la fila no difieren significativamente al nivel de $P < 0.05$.

Avena Estanzuela 1095 a, Trigo INIA Tijereta, Rg 284: Raigrás Estanzuela 284, Rg Titán: Raigrás INIA Titán, Calipso: Trébol alejandrino.

En las cuatro gramíneas ninguna situación presentó rendimientos significativamente inferiores ($P < 0.05$) a los obtenidos sobre rastrojos de sorgo, en todos los casos fueron similares, o superiores. Con trébol alejandrino mayoritariamente en tres años se registraron resultados similares a los mostrados para gramíneas anuales. La excepción fue la situación 4 en Calipso, donde el rastrojo de *Digitaria sanguinalis* deprimió significativamente ($P < 0.05$) el rendimiento de la leguminosa comparativamente con el rastrojo de sorgo, (cuadros 2 y 3).

Para una misma especie, entre años pueden ocurrir situaciones donde el ordenamiento productivo entre los rastrojos puede variar, por ejemplo en trigo, el rastrojo de girasol determinó rendimientos superiores ($P < 0.05$) al de *Digitaria sanguinalis*, situación 3, o similares ($P > 0.05$), situación 4.

En raigrás Titán, mientras que en el tercer experimento el rastrojo de sorgo no se diferenció de los restantes, en el cuarto de-

primió drásticamente el rendimiento del raigrás, (cuadros 2 y 3). Este hecho pone de manifiesto que eventualmente pueden ocurrir alteraciones productivas para un mismo tipo de rastrojo entre ambientes.

Sin embargo, a pesar de estas diferencias, agrónomicamente para todas estas especies las tendencias generales se mantienen y son consistentes.

Los rendimientos de forraje en el primer año de las gramíneas anuales fueron superiores ($P < 0.05$) a los registrados sobre rastrojo de sorgo: en avena solamente en dos situaciones, (14% de los casos) correspondientes a los rastrojos de girasol y maíz; en trigo en el 29% de las situaciones, rastrojos de raigrás, soja y en dos años girasol; en raigrás 284, en el 64% de los casos, rastrojos de moha, maíz, y girasol en dos oportunidades cada uno y de soja en las tres situaciones estudiadas; con raigrás INIA Titán en el 36% de los casos, rastrojos de girasol en dos oportunidades, y una sobre

Cuadro 3. Rendimientos relativos de forraje en el primer año de especies forrajeras anuales sembradas sobre diferentes rastrojos, tomando como base 100% el rendimiento sobre rastrojo de sorgo granífero. Datos de cuatro experimentos.

	Raigrás	Digitaria	Moha	Maíz	Girasol	Soja
Avena 1	115					
Avena 2			108		128	119
Avena 3		98	94	117	95	93
Avena 4		103	107	98	108	105
Media	115	100	103	108	110	106
Trigo 1	156					
Trigo 2			124		125	142
Trigo 3		90	101	122	128	121
Trigo 4		107	116	105	125	103
Media	156	98	114	113	126	122
Rg 284 1	101					
Rg 284 2			109		123	121
Rg 284 3		116	131	137	114	126
Rg 284 4		125	154	134	154	149
Media	101	120	131	135	130	132
Rg Titán 1	104					
Rg Titán 2			109		129	116
Rg Titán 3		104	108	106	119	108
Rg Titán 4		120	152	134	162	151
Media	104	112	123	120	137	125
Calipso 1	146					
Calipso 2			114		106	93
Calipso 3		93	122	100	102	119
Calipso 4		50	88	97	96	101
Media	146	71	108	98	101	104

Porcentajes en rojo indican diferencias significativas ($P < 0.05$) con relación al sorgo, en negro, no difieren. Avena Estanzuela 1095 a, Trigo INIA Tijereta, Rg 284: Raigrás Estanzuela 284, Rg Titán: Raigrás INIA Titán, Calipso: Trébol alejandrino.

rastrojo de soja, moha y maíz. Con trébol alejandrino INIA Calipso, en una situación el rastrojo de moha determinó rendimientos superiores ($P < 0.05$) y el de *Digitaria sanguinalis* deprimió un 50% la capacidad de crecimiento de la leguminosa con relación al rastrojo de sorgo.

En las cinco especies anuales predominan situaciones donde los rendimientos de forraje en el primer año obtenidos sobre los distintos rastrojos fueron similares a los de sorgo, 86, 71 y 64% de los casos para avena, trigo y raigrás Titán, respectivamente. Raigrás 284 presentó comportamiento diferente, solamente un 36% de los casos produjo en otros rastrojos rendimientos similares al de sorgo. En trébol alejandrino INIA

Calipso, el 14% de las situaciones rindió significativamente más que siembras sobre rastrojo de sorgo (rastrojos de raigrás y moha) y un 7% de las situaciones, menos (rastrojo de *Digitaria sanguinalis*).

En trigo y ambos cultivares de raigrás, los rastrojos de girasol y soja consistentemente promovieron la concreción de una supremacía productiva en relación a los rastrojos de sorgo.

Las mayores depresiones productivas de los rastrojos de sorgo en relación a los restantes se verificaron con raigrás, especialmente con el 284.

Avena fue la gramínea de comportamiento productivo más indiferente a los tipos de

rastrojos, más plástica en este aspecto, donde el rastrojo de sorgo determinó las menores depresiones productivas.

El rastrojo de *Digitaria sanguinalis* en general determinó para las cuatro gramíneas, la obtención de rendimientos similares a los registrados sobre rastrojos de sorgo, con Calipso los rendimientos fueron deprimidos en una situación.

La siembra sobre rastrojo de raigrás permitió la obtención de rendimientos de: raigrás similares ($P>0.05$) a los obtenidos sobre rastrojos de sorgo, de trigo un 56% superiores ($P<0.05$) y de avena un 15% mayores ($P<0.10$) a los registrados sobre rastrojo de sorgo.

A pesar de las restricciones que determinan las interacciones, en el cuadro 4 se muestra información general con el objetivo de posicionar globalmente la productividad registrada de las gramíneas sobre los distintos rastrojos en forma simplificada.

Las medias de rendimientos en los cuatro años de las cuatro gramíneas obtenidas sobre cada tipo de rastrojo, en términos absolutos (kg MS/ha) y relativas (%) referidas al rastrojo de sorgo base 100 y la frecuencia de casos en que se obtienen rendimientos significativamente ($P<0.05$) superiores, o similares ($P>0.05$) de forraje con respecto al rastrojo de sorgo se indican en el cuadro 4.

Los rendimientos promedios obtenidos sobre los diferentes rastrojos se diferenciaron productivamente ($P<0.01$), registrándose diferencias en rendimiento de forraje en

el primer año de hasta 25% entre el rastrojo que permitió las mayores producciones, girasol, con las menores, sorgo.

Con gramíneas, los rastrojos de girasol, soja y maíz permitieron en frecuencias de 58, 41 y 50% respectivamente, obtener rendimientos significativamente superiores a los registrados con sorgo.

Los rastrojos de *Digitaria sanguinalis* no se diferenciaron de los de sorgo, siendo ambos los que determinaron los menores rendimientos de forraje, (cuadro 4).

Los rastrojos de maíz, moha y raigrás permitieron expresar una productividad intermedia de las gramíneas anuales.

De mayor a menor productividad los rastrojos se ordenan en la secuencia siguiente: girasol, soja, maíz, moha, raigrás, *Digitaria* y sorgo (cuadro 4).

Para el promedio de los rastrojos, raigrás 284, trébol alejandrino INIA Calipso y raigrás INIA Titán fueron las especies que en media registraron los mayores rendimientos de forraje, en un estrato inferior se ubicó avena y trigo fue la especie de menor rendimiento, (cuadro 5).

Exceptuando raigrás 284, que en nueve situaciones mejoró significativamente su producción cuando fue sembrado sobre rastrojos diferentes al de sorgo, con las restantes especies predomina la situación en que los rendimientos logrados sobre los rastrojos de sorgo fueron similares a los otros, (cuadro 5).

Cuadro 4. Rendimientos de forraje promedio de cuatro gramíneas anuales (kg MS/ha) en cuatro experimentos, incrementos de rendimiento (%) referidos al rastrojo de sorgo base 100 y frecuencia de casos (%) en que los rendimientos son significativamente superiores o similares a los de rastrojo de sorgo.

kg/MS/ha	Raigrás	Digitaria	Moha	Maíz	Sorgo	Girasol	Soja
Rendimiento	4259 ab	4025 cb	4423 ab	4439 ab	3770 c	4723 a	4519 a
%	113	107	117	118	100	125	120
Superiores	25	0	25	50	-	58	41
Similares	75	100	75	50	-	42	59

Medias con misma letra no difieren significativamente al nivel $P<0.05$.

Cuadro 5. Rendimientos de materia seca (kg MS/ha) de verdeos invernales anuales promedio de siembras sobre seis rastrojos. Número de casos donde los rendimientos fueron similares, menores o mayores a los registrados sobre rastrojo de sorgo.

Especies	kg MS/ha	Similar	Menor	Mayor
Avena	3739	12	0	2
Trigo	2968	10	0	4
Rg 284	5065	5	0	9
Rg Titán	4943	9	0	5
Calipso	5027	11	1	2

Avena Estanzuela 1095 a, Trigo INIA Tijereta, Raigrás Estanzuela 284, Raigrás INIA Titán, Trébol alejandrino INIA Calipso.

2.4 CONSIDERACIONES FINALES

Operativamente los rastrojos de sorgo y *Digitaria sp* fueron los que determinaron mayores complicaciones de siembra, los de soja y moha, las menores.

En las gramíneas ninguna situación presentó rendimientos significativamente inferiores ($P < 0.05$) a los obtenidos sobre rastrojos de sorgo, en todos los casos fueron similares, o superiores.

Con trébol alejandrino la excepción fue el rastrojo de *Digitaria sp* que en un caso deprimió significativamente ($P < 0.05$) el rendimiento de la leguminosa comparativamente con el rastrojo de sorgo.

En las cinco especies predominan situaciones donde los rendimientos de forraje en el primer año obtenidos sobre los distintos rastrojos fueron similares a los de sorgo, 86, 78, 71 y 64% de los casos para avena, trébol alejandrino, trigo y raigrás Titán, respectivamente, con raigrás 284 el comportamiento fue diferente, donde solamente un 36% de los casos produjo en otros rastrojos rendimientos similares al de sorgo.

Trigo y raigrás, sobre los rastrojos de girasol y soja, tuvieron una mayor producción que sobre los rastrojos de sorgo.

Los rastrojos de *Digitaria sp.*, no se diferenciaron de los de sorgo, siendo ambos los que determinaron los menores rendimientos de forraje.

De mayor a menor productividad los rastrojos se ordenan en la secuencia siguiente: girasol, soja, maíz, moha, raigrás, *Digitaria sp* y sorgo.

Para todos los rastrojos, raigrás 284, trébol alejandrino INIA Calipso y raigrás INIA Titán fueron las especies que en media registraron los mayores rendimientos de forraje, en un estrato inferior se ubicó avena y trigo fue la especie de menor rendimiento.

2.5 COMENTARIOS GENERALES

Se resalta que sobre cualquiera de los rastrojos evaluados, incluyendo los de sorgo, se logran implantar pasturas con muy buenas producciones de forraje.

En general se considera al rastrojo de sorgo como muy depresor de la productividad de las forrajeras; sin embargo, en los sistemas de producción generalmente se detectan limitantes productivas como: nivel de engramillamiento, bajas tasas de fertilización o refertilización, manejo incorrecto de pasturas, bajas eficiencias de utilización, que tienen impactos económicos negativos en dimensiones muy superiores a las mermas productivas que determinan los rastrojos de sorgo.

En los datos mostrados queda de manifiesto que un mal control de *Digitaria sp*, además de deprimir la producción del cultivo de verano, también disminuye, por la interferencia que ejerce, los rendimientos de la pastura sembrada posteriormente.

3. PRODUCCIÓN DE ESPECIES ANUALES INVERNALES SEMBRADAS SOBRE RASTROJOS ALTOS Y BAJOS DE SORGO GRANÍFERO, EN SIEMBRA DIRECTA Y CON PREPARACIÓN CONVENCIONAL DEL SUELO

3.1 INTRODUCCIÓN

En sistemas de producción animal, tanto intensivos como extensivos, la heterogeneidad del crecimiento de pasturas cultivadas y naturales entre las estaciones del año, donde las especies invernales presentan picos de producción en otoño y primavera, en tanto las estivales en verano, determina que la oferta de forraje durante el ciclo anual tenga variaciones de gran amplitud. Uno de los mecanismos para armonizar los requerimientos de la carga animal con la disponibilidad de forraje pasa por el uso de la suplementación. En este tema, la variabilidad de precipitaciones que se registra en el país y la ocurrencia frecuente de limitaciones de agua disponible para el crecimiento de especies estivales en situaciones de secano, determina que los sorgos, tanto para grano seco como húmedo constituyan una de las opciones técnicas de relativamente menores requerimientos de inversión comparativamente con el producto que generan. Son de bajo riesgo, especialmente cuando se compara con maíz y es relativamente sencillo suplementar energía vía grano, o fibra si se utiliza el rastrojo, para paliar las crisis forrajeras que normalmente se registran en nuestros ambientes. La mayor disponibilidad de maquinaria en el país, posibilita que las empresas incluyan en la rotación de su predio este cultivo, brindando mayor seguridad al empresario y eliminando el costo de fletes de larga distancia.

Los comentarios precedentes determinaron que se realizaran trabajos referentes a la performance de diferentes especies anua-

les sembradas en siembra directa y convencional sobre rastrojos altos de sorgo, consecuencia de utilizar la opción de hacer silo de sorgo de grano húmedo o cosechar el grano seco, o rastrojos bajos que quedan cuando se hace silo de planta entera, o se cosecha el grano y posteriormente se enfarda el rastrojo.

El comportamiento global de 13 especies forrajeras en estas situaciones fue publicado por Formoso, 2007b, resumiéndose en el presente trabajo lo relacionado con especies anuales utilizadas como verdeos de invierno en siembras tardías.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

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 de La Estanzuela.

Las situaciones de partida de las chacras para sorgo fueron rastrojos de raigrás sembrados en directa, utilizados como verdeos de invierno, o praderas de tres y medio años compuestas por festuca + alfalfa + trébol blanco, degradada, con infestación media y alta de gramilla según sectores.

Los períodos de barbecho, presiembra de los sorgos, comenzaron entre fines de setiembre-inicio de octubre con la aplicación de glifosato en dosis de 3, 4 ó 5 litros/ha según contenidos de malezas, especialmente gramilla.

Los cultivos de sorgo granífero fueron sembrados en directa a 0,38 m de distancia entre líneas, con sembradora John Deere modelo 750, con densidades que variaron con los experimentos entre 10 y 12 kg/ha. En la siembra se fertilizó en la misma línea que cae la semilla, 100 kg/ha de 25-33-0 y posteriormente cuando los sorgos alcanzaban aproximadamente 0,20 m de altura, se aplicaba 150 kg/ha de urea. Los cultivares utilizados fueron: Relámpago, 83G66, Dekalb 39T y Limay. Para el control de malezas en los cultivos de sorgo se utilizó la mezcla de 1,8 kg ia/ha de atrazina + 0,96 kg ia/ha de metolaclor.

Los sorgos fueron cosechados en la primera quincena de abril en dos años y en otros dos en la segunda de mayo. Se ensilaban de dos formas según destinos: cosecha de grano húmedo y de planta entera. En la primera situación quedaba en la chacra un rastrojo alto de sorgo (RA) cuyas cantidades variaron entre 11.080 a 5.400 kg MS/ha, mientras que en la segunda era bajo (RB), con volúmenes de rastrojo comprendidos entre 690 a 2530 kg MS/ha.

Tres días posteriores a cada cosecha se aplicaron 3 l/ha de glifosato, momento donde estrictamente comenzaba el período de barbecho, presiembra de las forrajeras. Las fechas de siembra se ubicaron dos a mediados de mayo y dos a mediados de junio.

La preparación convencional del suelo se realizó con rastra excéntrica y disquera. En media el RA requirió aproximadamente el doble de pasadas de excéntrica + disquera que el RB a los efectos de dejar una cama de siembra relativamente buena para las semillas de forrajeras.

En las figuras 1 a 4 se da una idea del estado del suelo al momento de siembra.

Las siembras de las especies forrajeras tanto con preparación convencional de suelo como en directa se realizaron con una sembradora de directa, John Deere modelo 750, de 16 líneas espaciadas a 0,19 m. Las semillas siempre fueron sembradas en la línea, a profundidades de siembra que variaron según el estado de los suelos entre 5 y 9 mm para las semillas de raigrás y trébol alejandrino y entre 27 y 36 mm para trigo y

avena. En la siembra se fertilizó con 18-46-0, el fertilizante se aplicó en la misma línea de siembra a gramíneas y leguminosas con dosis en torno a 50 kg/ha. Las densidades de siembra fueron de 120 kg/ha para Avena Estanzuela 1095 a y Trigo INIA Tijereta; de 15 kg/ha para raigrás Estanzuela 284; de 20 kg/ha en raigrás INIA Titán y de 15 kg/ha para trébol alejandrino INIA Calipso. 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 20 m. Se utilizaron según los experimentos cuatro a seis repeticiones. Se realizaron cuatro experimentos en años diferentes, identificándose como situaciones 1, 2, 3 y 4.

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 de 4 cm. El primer corte se realizó con tijera eléctrica dejando un rastrojo de 4 cm de altura, en ocho cuadros de 50 por 50 cm por parcela. Esta metodología se aplicó para realizar la composición botánica, separar el rastrojo de sorgo y malezas de la especie forrajera sembrada. La frecuencia y las fechas de corte en cada experimento se indican en los cuadros. Las limpiezas de uniformización pos cortes de evaluación, se realizaron indistintamente con pasteras rotativas retirando el forraje, o con pastoreo de ovinos, o novillos livianos. Cuando se pastoreaba, posteriormente se uniformizaba con pastera el rastrojo. Después de cada corte las gramíneas se fertilizaban con 70 kg/ha de urea.

3.3 RENDIMIENTOS DE FORRAJERAS ANUALES SOBRE RASTROJOS ALTOS (RA) Y BAJOS (RB)

La información obtenida para los cuatro años estudiados se muestra en el cuadro 1. Los períodos de crecimiento de las especies una vez sembradas en mayo o junio, según las situaciones sobre los rastrojos de sorgo, abarcaron un mínimo de 179 días y un máxi-



Figura 1. Rastrojo alto de sorgo.



Figura 2. Rastrojo bajo de sorgo



Figura 3. Cama de siembra con preparación convencional de suelo sobre rastrojo alto.



Figura 4. Cama de siembra con preparación convencional de suelo sobre rastrojo bajo.

mo de 212. Cuando se evalúan especies en distintos años, distintas chacras, significa que los ambientes varían, no solamente desde el punto de vista climático (precipitaciones, temperaturas), sino también de las condiciones de chacra en lo que se refiere a calidad de camas de siembra, volúmenes de rastrojo, presencia de malezas. Esta variabilidad de ambientes posibilita conocer mejor la performance productiva de las forrajeras en función de la capacidad de adaptación a los cambios que se producen. Con relación a éstos se observa que hay situaciones donde una misma especie produce significativamente ($P < 0.05$) más forraje en un ambiente, por ejemplo raigrás Titán en SDRB en la situación 1, mientras que en la 2 y 3 el comportamiento se invierte, siendo más productivas las SDRA. Cuando se estudian distintas especies en ambientes diferentes como es el caso, lo esperable es que

se registren interacciones con cambios de magnitud o dirección de respuesta. En condiciones de SD, en la situación 1 se verificaron buenas condiciones para crecimiento, en general la mayoría de las especies tendieron o produjeron más forraje ($P < 0.05$) sobre RB comparativamente con el RA. En la situación 2, con SD, en general las especies en RA presentaron mayor producción en esta situación comparativamente con RB. Esta inversión de comportamiento con relación a la situación 1 se explica porque posiblemente, consecuencia de fuertes y abundantes precipitaciones el suelo se encostró. En SD el RA protegió más del impacto de las gotas de lluvia al suelo que el RB, este último se encostró en la zona superficial y consecuentemente las especies en general disminuyeron su capacidad de crecimiento consecuencia del encostramiento. En condiciones de preparación convencional del

suelo, los RA requirieron prácticamente el doble de pasadas de excéntrica y disquera para alcanzar la condición de cama de siembra aceptable, comparativamente con LCRB, consecuentemente con precipitaciones abundantes e intensas, el LCRA se encostró más que el LCRB. Esto se visualiza claramente con el comportamiento productivo de trigo y avena que produjeron 600 kg más de forraje en LCRB comparativamente con LCRA, cuadro 1. En la situación 3 donde se verificaron buenas condiciones climáticas, la mayoría de las especies sembradas tanto en SD como en LC sobre RA produjeron mayor cantidad de forraje, hecho que demuestra que el temor que se le tiene generalmente a los RA de sorgo, básicamente por el aspecto visual que presentan tiene bases muy subjetivas, (cuadro 1).

Los aspectos comentados en la situación 3 aparentemente se invierten en la situación 4 donde predominan producciones superiores sobre RB comparativamente con los RA

tanto en SD como en LC. La explicación de esta inversión de comportamiento se origina en las condiciones de chacra. Esta situación tiene como atributo destacable tener alta infestación de gramilla. Cuando se realizó la aplicación de glifosato, el RA intercepto mayor cantidad de herbicida que el RB, consecuentemente el RB a la siembra presentaba menor cantidad de gramilla viva que el RA. El LC mató por fraccionamiento y desecación gramilla, hecho que no ocurrió en SD, que tenía tenores muy superiores de esta maleza. El trébol alejandrino INIA Calipso es una especie altamente sensible a gramilla, aspecto que se verifica en los rendimientos en SDRA con alto contenido de gramilla y SDRB con menor infestación (cuadro 1).

Los efectos de las alturas de rastrojo, RA cuando se realiza silo de grano húmedo, o RB cuando se hace silo de planta entera, sobre la producción de las forrajeras, se indican en el cuadro 2.

Cuadro 1. Rendimientos de forraje (kg MS/ha) en el primer año de especies anuales sembradas sobre rastrojos altos (RA) y bajos (RB) de sorgo granífero sembradas en directa (SD) y con preparación convencional de suelo (LC). Datos de cuatro años, situaciones 1 a 4.

Situación	212(4)#		203(4)		180(4)		179(4)		Medias	
	1	2	3	4						
Siembra	SDRA	SDRB	SDRA	SDRB	SDRA	SDRB	SDRA	SDRB	SDRA	SDRB
Avena	3414	3588	2386	2148	6556	5299	5414	5633	4442	4167
Trigo	1590	1755	1401	1734	5749	4431	4613	4884	3338	3201
Rg 284	5168	5176	4015	3888	6314	5552	4343	5415	4960	5007
Rg Titán	4589	5333	3695	3228	5805	5140	6280	6257	5092	4989
Calipso	5218	5823	5165	3851	3355	3044	1351	3523	3772	4060
Medias	3995	4335	3332	2969	5555	4693	4400	5142	4320	4284
Siembra	LCRA	LCRB	LCRA	LCRB	LCRA	LCRB	LCRA	LCRB	LCRA	LCRB
Avena	4776	5136	2053	2613	6776	5052	6312	6695	4979	4874
Trigo	2203	2683	1059	1619	5317	4446	4418	4846	3249	3398
Rg 284	5890	6195	4049	4143	6145	5136	5577	6417	5415	5472
Rg Titán	4585	4952	3473	3583	7029	5163	6878	7867	5491	5391
Calipso	7663	6412	2719	2716	4268	3546	4139	3863	4697	4134
Medias	5023	5075	2670	2934	5907	4668	5464	5937	4766	4653

primer número indica días de crecimiento entre siembra y último corte y entre paréntesis se reporta el número de cortes realizado. Rg= raigrás. Para una misma especie y situación, los números en rojo difieren ($P < 0.05$) del otro valor. SD= siembra directa, LC=laboreo convencional de suelo, RA= rastrojo alto, RB= rastrojo bajo. Avena Estanzuela 1095 a, Trigo INIA Tijereta, Raigrás Estanzuela 284, Raigrás INIA Titán, Trébol alejandrino INIA Calipso.

Cuadro 2. Relación entre los rendimientos de forraje sobre rastrojos altos (RA) y bajos (RB) de sorgo granífero, relación RA/RB.

Situación	1		2		3		4		Media
Siembra	SD	LC	SD	LC	SD	LC	SD	LC	
Avena	0,95	0,93	1,11	0,79	1,24	1,34	0,96	0,94	1,03
Trigo	0,91	0,82	0,81	0,65	1,30	1,20	0,94	0,91	0,94
Rg 284	1,00	0,95	1,03	0,98	1,14	1,20	0,80	0,87	1,00
Rg Titán	0,86	0,93	1,14	0,97	1,13	1,36	1,00	0,87	1,03
Calipso	0,90	1,20	1,34	1,00	1,10	1,20	0,38	1,07	1,02

Los cocientes de color rojo indican que las medias involucradas difieren ($P < 0.05$), con color negro son similares ($P > 0.05$). Avena Estanzuela 1095 a, Trigo INIA Tijereta, Raigrás Estanzuela 284, Raigrás INIA Titán, Trébol alejandrino INIA Calipso.

El impacto productivo de las alturas de los rastrojos de sorgo sobre los rendimientos de forraje varió con las situaciones, con los métodos de siembra y con las especies.

En situaciones específicas, como puede ser el encostramiento de la capa superficial del suelo, situación 2 con LC que requirió muchas pasadas de discos para preparar una cama de siembra adecuada en situación de RA, la especie más susceptible fue trigo, seguido por avena. Calipso respondió en forma favorable y significativa al RA en SD, ya que el RA intercepta la lluvia y ésta encostra menos el suelo. En la situación 4, con engramillamiento, la mayoría de los casos respondieron positivamente al RB, el cual posibilitó un mejor control de gramilla por el glifosato debido a que interceptó menos la aspersión que el RA.

A pesar de las diferencias existentes entre casos específicos, cuando se consideran las cuatro situaciones, en media se verifica que los cocientes tienden a 1, valor que indica que los rendimientos tienden a ser similares entre RA y RB, (cuadro 2).

En SD, en el 69% de las situaciones se registraron rendimientos sobre RA similares o superiores a los obtenidos con RB, valor que justifica agrónomicamente realizar las siembras directamente sobre los RA de sorgo. Con LC el 50% de los casos presentó cocientes iguales o superiores a 1, en esta condición la cantidad de laboreos que requieren los RA para llegar a una cama de siembra aceptable, además de incrementar los costos cambia drásticamente el ambiente.

En situaciones de rastrojo engramillado, la gramilla debe ser el factor principal para desestimular la siembra de especies perennes y no los RA. En estos casos debería fomentarse la siembra de gramíneas anuales invernales, como avena y raigrás.

Tal como lo demuestra la información aquí presentada, no es comprensible el temor que se tiene de perder las siembras realizadas directamente sobre los RA de sorgo.

3.3.1 Consideraciones generales

Especies y ambientes (métodos de siembra, alturas de rastrojos, años, chacras) determinaron variabilidad en los rendimientos de forraje; en algunas situaciones los factores interactuaron y en otras no. El análisis conjunto de toda la información indicó la presencia de interacciones.

Factores específicos como nivel de engramillamiento y encostramiento del suelo, originan diferencias de rendimiento más importantes que alturas de rastrojos, especies o métodos de siembra.

En muchas situaciones los rendimientos de forraje entre RA y RB fueron similares en el año de siembra.

En las situaciones que se diferencian las alturas de rastrojo, en SD, los RA protegen el suelo del encostramiento frente a lluvias abundantes e intensas y originan mayoritariamente rendimientos superiores que los RB; con LC en estas condiciones los RA por mayores requerimientos de laboreos con

implementos de discos para preparar buenas camas de siembra, determinan encostramiento superior que los RB y por lo tanto originan rendimientos inferiores.

En ambientes engramillados, algunas veces los RA no excesivamente cerrados, sombrean la gramilla y ésta es más susceptible al glifosato, mejorando su control, y los cocientes RA/RB tienden a ser superiores a 1 (situación 3, cuadro 2); en otras ocasiones los RA pueden interceptar excesivamente el glifosato y el control de gramilla del estrato inferior ser pobre, en estos casos el cociente RA/RB tiende a ser menor a 1 (situación 4, cuadro 2).

En SD, en el 69% de las situaciones se registraron rendimientos sobre RA similares al RB, resultados que justifican agrónomicamente realizar las siembras directamente sobre los RA de sorgo, considerando las excepciones que originan factores específicos como los ya relatados.

Con LC el 55% de los casos presentó cocientes RA/RB cercanos a 1, un 15% inferiores originado por la cantidad de laboreos que requieren los RA para llegar a una cama de siembra aceptable y aumentan el encostramiento, bajando los rendimientos y un 30% con valores superiores del RA debido a que el mayor número de laboreos posibilitó mejor control de gramilla.

3.4 Rendimientos de forrajeras anuales en siembra directa o con preparación convencional de suelo

El cociente entre los rendimientos de forraje obtenidos con SD y LC, SD/LC, posibi-

lita en forma simplificada evaluar los métodos de siembra (cuadro 3). Debe tenerse presente que el resultado de una u otra opción depende de gran cantidad de factores y frecuentemente estos determinan que en algunos casos la SD registre mayores producciones y en otros la situación se invierta, tal como fue comentado en párrafos previos. El valor del cociente igual a 1 significa indiferencia en el comportamiento productivo de la especie al método de siembra para cada ambiente específico, valores menores a 1 implican producciones superiores de forraje cuando el suelo se prepara en forma convencional y mayores que 1 corresponden a mejor comportamiento con SD.

En media cuando se considera mayor número de situaciones, se observa que los resultados tienden a mostrar paridad entre SD y LC, cociente de 0,94. Sin embargo, entre fechas de siembra se verifican diferencias productivas muy importantes entre métodos de siembra, SD y LC. El encostramiento del suelo y la infestación de gramilla fueron los atributos que determinaron las mayores diferencias entre SD y LC con algunas especies. El LC aumenta notoriamente los riesgos de encostramiento del suelo, tanto más cuanto mayores son los volúmenes de rastrojo a laborear, RA mayor riesgo que RB, por mayor número de laboreos. En SD la tendencia es opuesta, a mayor volumen de rastrojo menor riesgo de encostramiento.

En condiciones de RA, el fuerte encostramiento en LC con relación a SD determinó rendimientos de forraje superiores en SD con respecto a LC en casi todas las especies, exceptuando raigrás, cuya performance fue indiferente a este factor. En SD, con

Cuadro 3. Relación entre los rendimientos de forraje del primer año obtenidos en SD y LC, cociente SD/LC.

Situación	1		2		3		4		Media
Rastrojo	RA	RB	RA	RB	RA	RB	RA	RB	
Avena	0,71	0,70	1,16	0,82	0,97	1,05	0,86	0,84	0,89
Trigo	0,72	0,65	1,32	1,07	1,08	1,00	1,04	1,01	0,99
Rg 284	0,88	0,84	0,99	0,94	1,03	1,08	0,78	0,84	0,92
Rg Titán	1,00	1,08	1,06	0,90	0,83	1,00	0,91	0,80	0,95
Calipso	0,68	0,91	1,90	1,42	0,79	0,86	0,33	0,91	0,97

Los cocientes de color rojo indican que las medias difieren estadísticamente ($P < 0.05$), los de color negro, las medias no difieren ($P > 0.05$). Avena Estanzuela 1095 a, Trigo INIA Tijereta, Raigrás Estanzuela 284, Raigrás INIA Titán, Trébol alejandrino INIA Calipso.

RB el suelo se encostró más que con RA. Con LC el suelo en RB se encostró menos que en RA por menor número de laboreos, situación 2.

En suelo con infestación de gramilla, con leguminosas en este caso representadas por trébol alejandrino INIA Calipso, los rendimientos con LC en general son superiores a SD, tanto más cuanto mayor sea la infestación de gramilla; con gramíneas en general, las diferencias fueron menores entre LC y SD.

Los rendimientos medios de forraje para las cinco especies anuales considerando todos los trabajos realizados se muestran en el cuadro 4.

Para siembras tardías, de mayo-junio sobre rastrojos de sorgo, con períodos de crecimiento entre 179 y 212 días, tanto en SD como con LC los dos cultivares de raigrás produjeron los mayores rendimientos de forraje, trigo los menores y avena y trébol alejandrino presentaron una ubicación productiva intermedia. Avena es la especie que pos-siembra crece más rápido y posibilita realizar pastoreos antes que las restantes, (figura 5), mientras que en trébol alejandrino en siembra tardía, las bajas temperaturas invernales deprimen mucho su capacidad de crecimiento, sin embargo en primavera presenta un potencial de crecimiento muy alto (figura 6).

Cuadro 4. Rendimientos medios de forraje para ocho situaciones de SD y LC, relación SD/LC para cinco especies anuales y frecuencia de casos en % de los rendimientos de forraje en SD y LC. Datos medios de RA y RB.

	SD	LC	SD/LC	Frecuencia %		
	kgMS/ha	kgMS/ha		SD=LC	SD>LC	SD<LC
Avena	4305b	4927ab	0,87	25,0	12,5	62,5
Trigo	3270c	3324c	0,98	62,5	12,5	25,0
Rg 284	4984a	5444a	0,91	62,5	0	37,5
RgTitán	5041a	5441a	0,93	75,0	0	25,0
Calipso	3916b	4416b	0,88	37,5	25,0	37,5

Dentro de cada columna medias con diferente letra difieren significativamente al nivel de $P < 0,05$. Avena Estanzuela 1095 a, Trigo INIA Tijereta, Raigrás Estanzuela 284, Raigrás INIA Titán, Trébol alejandrino INIA Calipso.



Figura 5. Avena Estanzuela 1095 a en siembra directa tardía, rebrotando luego de un corte de mediados de julio.



Figura 6. Trébol alejandrino INIA Calipso, sembrado en directa a fines de mayo, sobre un rastrojo de maíz cortado para silo de planta entera, a fines de septiembre.

Con la excepción de trigo, que en el 50% de las SD rindió más que con LC, en las restantes especies las mayores producciones se registraron en la situación de LC (cuadro 4).

El cociente de los rendimientos registrados en SD comparativos con LC, cociente SD/LC, indica que en avena y trébol alejandrino el LC aumenta los rendimientos de forraje en 12 a 13%, en trigo la producción de forraje en SD y con LC fue muy similar y con raigrás hay pequeñas diferencias productivas a favor del LC del orden de 7 a 9% (cuadro 4). Información más detallada sobre estos tópicos fueron reportados por Formoso, 2007f.

3.4.1 Consideraciones generales

En promedio, cuando se consideran mayores números de ambientes, se verifica que los resultados muestran que hay paridad entre SD y LC, cociente SD/LC= 0.94.

Entre ambientes, factores específicos como encostramiento del suelo, gramilla, pueden generar dentro de especies diferencias importantes entre SD y LC, cocientes superiores e inferiores a 1.

Trébol alejandrino INIA Calipso fue la especie que modificó con mayor amplitud su comportamiento, con suelo encostrado, el cociente SD/LC fue de 1.90, con gramilla fue de 0,33.

Sin embargo, entre fechas de siembra se verifican diferencias productivas muy importantes entre métodos de siembra, SD y LC.

3.5 PRECOCIDAD EN LA ENTREGA DE FORRAJE

La calidad de las semillas, especialmente el peso de 1000 semillas, el poder germinativo y crecimiento inicial diferencial entre las distintas especies se traducen y concretan en la precocidad. Se hará referencia exclusivamente al período denominado húmedo, siembras de mayo y junio. Esto significa que para otros períodos de siembra, tempranas de fines de verano-otoño, o de setiembre-octubre, puede modificarse la precocidad, inclusive algunas especies pue-

den variar su ubicación en el ranking de precocidad.

Precocidad se definió como el número de días pos-siembra necesario para acumular 1.000 kg MS/ha. Constituye un atributo sumamente importante para la elección de especies o cultivares en sistemas de producción, especialmente en los intensivos.

El genotipo tiene gran incidencia sobre las tasas de crecimiento iniciales de las forrajeras y por esa vía afectar directamente la precocidad. Otros factores como tamaño y sanidad de la semilla, densidad de siembra, profundidad de siembra, contacto semilla-suelo, tapado de la misma, temperatura, humedad disponible en la cama de siembra, pueden afectar el inicio de los procesos de germinación y/o el crecimiento inicial de las especies.

El empleo de densidades de siembra relativamente altas, la elección de una sembradora que dispone en el tren de siembra con mecanismos para regular con precisión la profundidad de colocación de la semilla, el tapado de la semilla y que no compacta las paredes laterales del surco de siembra (sistema monodisco angulado) fueron estrategias que se seleccionaron a priori. Estas precauciones tuvieron como objetivo minimizar los problemas de siembra, establecimiento y crecimiento inicial, generados por factores que pueden ser manejables por el hombre. Reduciendo estos al máximo, se mejorará la calidad de evaluación de las variables fijadas como objetivos experimentales.

El establecimiento de una pastura, número de plantas por unidad de superficie, puede influir sobre su rendimiento, capacidad de producción, solamente en una primera etapa, primeros dos a tres pastoreos, o en todo un primer año, o en toda la vida de la pastura. No es raro verificar en muchos trabajos nacionales comparativos entre especies, que se confunden problemas de establecimiento, diferencias poblacionales importantes, con potenciales «genéticos» de crecimiento.

A pesar de todas las precauciones que se tengan, es esperable que en el primer corte se detecte mucha variabilidad, explicada por la cantidad de factores del ambiente que inciden. Obviamente, el factor genético opera

y hay especies o cultivares con menor, mayor o similar variabilidad.

El ordenamiento por precocidad entre especies varió con los métodos de siembra, alturas de rastrojos y especialmente con las fechas de siembra, interacción «tratamientos» por fechas de siembra significativa, $P=0,002$. Este último factor, fechas de siembra, fue muy potente en determinar diferencias.

En situaciones de siembras tardías y sobre rastrojos de sorgo, el número de días requerido por estas especies anuales para entregar una tonelada de materia seca de forraje fácilmente comible reviste importancia gravitante en sistemas ganaderos. En el cuadro 5 se indica para cada situación en particular el período requerido para acumular una tonelada de materia seca, mientras que en el cuadro 6 se muestran los valores medios en días, acompañados de la variabilidad.

Las diferencias de precocidad verificadas en todas las especies estudiadas, consecuencia de variaciones de ambiente, sean de origen climático (precipitaciones, temperaturas), de los rastrojos, o de la preparación de los suelos, camas de siembra, especialmente con LC y RA de sorgo de difícil preparación, indican que frecuentemente en estas especies, el ambiente puede generar distorsiones superiores que las diferencias debidas a las especies, al genotipo (cuadro 5).

En general, las siembras más tardías, de mediados de junio, situaciones 3 y 4 fueron las que posibilitaron la concreción de la

mayor precocidad para las gramíneas en cualquiera de las opciones tecnológicas estudiadas: SD, LC, RA, RB. Cuando las condiciones de ambiente son favorables para el crecimiento vegetal, la precocidad aumentó marcadamente en las gramíneas (cuadro 5, situaciones 3 y 4). El trébol alejandrino INIA Calipso por su baja tolerancia a períodos fríos especialmente con plantas pequeñas (siembra tardía próxima a la ocurrencia de los primeros fríos) fue una especie que requirió mayor período para acumular una tonelada de materia seca (cuadro 5). En las situaciones de crecimiento inicial más lento, menores precocidades, se asociaron fuertemente con el grado de encostramiento del suelo, situación 2, especialmente la situación de LCRA. En la situación 2, 24 horas pos-siembra se registraron precipitaciones muy abundantes, 301mm, e intensas, determinando un ambiente muy húmedo y gran encostramiento de la capa superficial del suelo. Este evento, ambiente muy húmedo y encostramiento del suelo afectó al trigo, especie sensible a ambos factores, que respondió disminuyendo su precocidad. El impacto de las fuertes precipitaciones fue mayor en SD en la situación de RB que aquella donde el suelo está más protegido por el RA, consecuentemente en SDRB la precocidad disminuyó comparativamente a la situación de SDRA (cuadro 5). Con LCRA el grado de encostramiento fue muy importante, consecuencia que la preparación de una buena cama de siembra con RA de sorgo requiere de mayor número de pasadas de excéntrica y disquera, en estas condiciones la precocidad disminuyó.

Cuadro 5. Precocidad, N° de días para acumular 1000 kg MS/ha a partir de la siembra de cinco forrajeras anuales sembradas en SD y con LC en RA y RB de sorgo granífero.

Situaciones	1				2				3				4			
	SDRA				SDRB				LCRA				LCRB			
Avena	91	99	58	71	92	123	79	73	89	130	80	82	85	96	61	51
Trigo	106	145	58	69	104	137	74	74	100	159	67	89	93	130	78	67
Rg 284	105	99	82	82	112	113	87	83	87	124	81	83	83	123	83	77
Rg Titán	135	97	90	86	135	138	87	86	133	131	85	90	102	128	84	83
Calipso	136	86	139	139	154	125	167	138	113	150	104	116	125	151	116	137

Rg= raigrás. Avena Estanzuela 1095 a, Trigo INIA Tijereta, Raigrás Estanzuela 284, Raigrás INIA Titán, Trébol alejandrino INIA Calipso.

Los valores de precocidad muestran el impacto que las variaciones de ambiente, de origen climático o de chacras pueden llegar a tener, verificándose para algunas especies diferencias superiores a 100 % de amplitud entre ambientes más y menos favorables. Esta variabilidad sirve de advertencia para empresarios y asesores en relación a las estimaciones del momento de primer pastoreo que normalmente se realizan en la planificación de los pastoreos en sistemas de producción, especialmente los más intensivos.

La siembra de gramíneas anuales, verdeos de invierno, tanto en siembras tempranas como tardías, normalmente se incluyen en la rotación entre otros objetivos por su valor estratégico para brindar forraje en determinados momentos considerados «críticos», definidos así por las dificultades de producir forraje en los mismos. En este sentido la precocidad juega un rol importante en la presupuestación forrajera para evitar el sobrepastoreo de praderas permanentes.

En el cuadro 6 se resume en forma simplificada la precocidad media para cada especie, anexándose los coeficientes de variación como un parámetro estimador de la seguridad de obtención de las precocidades medias. Ya se hizo mención de las precauciones a tener al considerar las medias de forma general en virtud de la interacción tratamientos por ambientes.

Para las cinco especies, en media los períodos para acumular una tonelada de materia seca fueron de 85, 97, 94, 106 y 131

días para avena, trigo, raigrás 284, raigrás INIA Titán y trébol alejandrino INIA Calipso, respectivamente. Avena fue la especie más precoz seguida por raigrás E 284, éste además presentó la menor variabilidad en la precocidad. En términos agronómicos, baja variabilidad implica mayor seguridad en la entrega de forraje, menor riesgo (cuadro 6). Con trigo se esperaba mayor precocidad, pero evidentemente esta especie es más afectada por los rastrojos de sorgo (Formoso, 2007c), por los excesos de humedad en etapas de siembra e inmediatas pos-siembra y por el encostramiento.

3.5.1 Consideraciones generales

Para siembras tardías, de mayo y junio, período húmedo, sobre rastrojos de sorgo, los valores de precocidad mostraron el enorme impacto que las variaciones de ambiente, de origen climático o de chacras pueden llegar a tener, verificándose para algunas especies diferencias superiores a 100 % de amplitud entre los ambientes más y menos favorables.

Esta variabilidad debería considerarse en la estimación del momento de primer pastoreo al realizar la planificación de los mismos.

Los períodos para acumular una tonelada de materia seca fueron en media de 85, 97, 94, 106 y 131 días para avena, trigo, raigrás 284, raigrás INIA Titán y trébol alejandrino INIA Calipso, respectivamente.

Avena fue la especie más precoz seguida por raigrás E 284, éste además presentó la menor variabilidad en la precocidad.

Cuadro 6. Precocidad, N° de días promedio para acumular 1000 kg MS/ha y coeficientes de variación (CV %) de cinco forrajeras sembradas en SD y LC, sobre RA y RB de sorgo granífero.

	SDRA		SDRB		LCRA		LCRB	
	Nº	CV	Nº	CV	Nº	CV	Nº	CV
Avena	80	23,7	92	23,9	95	24,2	73	28,7
Trigo	95	41,0	97	30,9	104	37,5	92	29,3
Rg 284	92	13,0	99	16,1	94	21,2	92	22,8
Rg Titán	102	21,5	112	25,8	110	23,6	99	21,2
Calipso	125	20,8	146	12,3	121	16,5	132	8,8

Avena Estanzuela 1095 a, Trigo INIA Tijereta, Raigrás Estanzuela 284, Raigrás INIA Titán, Trébol alejandrino INIA Calipso.

3.6 CONTENIDOS DE MALEZAS SEGÚN MÉTODOS DE SIEMBRA

La instalación de experimentos dentro de un sistema agrícola-ganadero similar a los comerciales, en chacras con una larga historia agrícola previa, posibilita en condiciones estrictamente comparativas evaluar el impacto del grado de enmalezamiento de acuerdo con los tratamientos aplicados: especies forrajeras, métodos de siembra (SD y LC), alturas de rastrojo (RA y RB), fechas de siembra. Las malezas principales de hoja ancha involucradas fueron: *Raphanus raphanistrum*, *Brassica napus*, *Stachys arvensis*, *Ammi visnaga*, *Cirsium vulgare*.

La menor perturbación del suelo que se hace con SD comparativamente con LC, desestimula la germinación de semillas de malezas y su establecimiento, aspecto que posibilita disminuir la infestación de malezas en condiciones de SD.

Como ejemplo ilustrativo de la incidencia de los métodos de siembra (LC y SD) y las especies sobre el área cubierta por malezas, en el cuadro 7 se muestra información promedio para cuatro situaciones de siembras.

El laboreo del suelo (LC) promueve la presencia de malezas con relación a la SD, la diferencia entre LC y SD fue prácticamente

Cuadro 7. Porcentaje de área cubierta por malezas de hoja ancha a los 120 días de la siembra en tres siembras, datos promedio para RA y RB.

	SD	LC
Avena	1,7	5
Trigo	3,3	11
Rg 284	0	2,7
Rg Titán	1,3	4,7
Calipso	1	8
Media	1.5	6.3

Avena Estanzuela 1095 a, Trigo INIA Tijereta, Raigrás Estanzuela 284, Raigrás INIA Titán, Trébol alejandrino INIA Calipso.

te de 4 a 1. Dentro de las especies raigrás y avena presentaron menores contenidos de malezas.

En general, considerando las diferencias entre chacras en presencia de malezas, dentro de cada chacra o fecha de siembra, las especies con mayores potenciales de crecimiento inicial, precocidad, como por ejemplo los verdeos de invierno, cubren más rápidamente el suelo, ejercen mayor interferencia y consecuentemente los tenores de malezas disminuyen, comparativamente con especies de crecimiento inicial más lento, como podrían ser las especies perennes.

Dentro de los verdeos de invierno, avena y raigrás son considerados como especies «limpiadoras», la primera por su capacidad de crecimiento inicial rápido, el raigrás porque en siembras en líneas, la arquitectura, capacidad de macollaje, estructura de sus plantas confiere buena capacidad de interferencia sobre otras especies. Por estas razones, dentro del grupo de los verdeos, frecuentemente se constata con ambos cultivos de raigrás, que a pesar de tener menores velocidades de crecimiento inicial que trigo y avena, presentan consistentemente menores infestaciones de malezas.

La menor incidencia de malezas en SD comparativamente con LC puede considerarse como otra ventaja adicional en términos económicos a favor de la SD.

3.6.1 Consideraciones generales

Para una misma chacra es esperable que al aplicar siembra directa, el grado de infestación de malezas, en cantidad y tamaño por planta, sea inferior a que si se aplica laboreo convencional.

Avena y especialmente raigrás, sembrados en línea generalmente interfieren en mayor dimensión con las malezas, disminuyendo la frecuencia y tamaño de las mismas en mayor magnitud que otras especies de uso común.

4. EFECTOS DE LA MODIFICACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE LOS RASTROJOS DE SORGO SOBRE LA SIEMBRA DE ESPECIES ANUALES INVERNALES

Sobre sistemas de producción intensiva de carne se comparó en dos años la implantación de distintas especies anuales invernales sembradas en directa mediante sembradora monodisco angulado (John Deere, modelo 750) sobre cuatro situaciones de rastrojos de sorgo granífero: RA (rastrojo alto resultado de la cosecha para silo de grano húmedo), RB (rastrojo bajo, consecuencia de la cosecha de sorgo para silo de

planta entera), RAQ (implica el rastrojo alto de sorgo, desecado con glifosato y quemado con fuego) (figura 1), RAR (consistente en el rastrojo alto de sorgo, picado con rotativa) (figura 2) y Gavilla (significa siembras sobre la gavilla dejada por la cosechadora sin picador ni esparcidor de forraje, una vez cosechado el grano), cuadro 1. Se destaca que para la situación del RAQ, las hojas fueron quemadas en más del 80%, en tanto los



Figura 1. Rastrojo alto de sorgo, desecado con glifosato y quemado a fuego.



Figura 2. Rastrojo alto de sorgo picado con rotativa, teóricamente para facilitar el establecimiento de pasturas

Cuadro 1. Área cubierta (%) por la especie en el surco de siembra, 110 días pos-siembra, en respuesta a diferentes tratamientos aplicados sobre rastrojos de sorgo granífero.

Situaciones	5				6			
	RA	RB	RAQ	RAR	RA	RAQ	RAR	Gavilla
Avena	40a	35a			74a	81a	63 b	43 c
Trigo	53a	-	56a	31 b	84a	-	53 b	34 c
Raigrás 284	68 b	67 b	79a	47 c	74a	88a	56 b	51 b
Raigrás Titán	59 b	56 b	66a	44 c	-	-	-	-
Calipso	58 b	53 b	82a	37 c	-	-	-	-

Letras diferentes dentro de cada situación, dentro de cada fila indican diferencias significativas al nivel de $P < 0.05$. Avena Estanzuela 1095 a, Trigo INIA Tijereta, Raigrás Estanzuela 284, Raigrás INIA Titán, Trébol alejandrino INIA Calipso.



Figura 3. Rastrojo alto de sorgo pastoreado. El ganado quiebra los tallos y dificulta las siembras.

tallos en su mayoría no lograron quemarse, ya que internamente en su parte central contenían alta humedad. Otras veces el rastrojo alto de sorgo es pastoreado con el objetivo que el ganado consuma las hojas y panojas que quedan en chacra (figura 3). Esta opción posibilita pastorear a fines de otoño o comienzos de invierno, registrándose ganancias de peso moderadas. Sin embargo el quebrado de tallos que produce el ganado al caminar, dificultan las siembras posteriores. Cuanto mayor sea el número de tallos anclados al suelo, menos dificultosa será la tarea de sembrar en directa sobre el rastrojo.

Las siembras de las especies, sembradas en la línea a las densidades normales utilizadas en estos trabajos, medidas mediante el área cubierta por las especie en el surco de siembra a los 110 días pos siembra se muestran en el cuadro 1. La situación 5 correspondió a una siembra de mediados de mayo y la 6 a inicios de junio.

Entre RA y RB no se detectaron diferencias en el establecimiento de las especies (situación 5); consistentemente la quema de los rastrojos altos mejoró el establecimiento de las especies, exceptuando trigo (situación 5) y avena y raigrás 284 (situación 6) que con quema no se diferenciaron los establecimientos de los registrados con RA.

El picado con rotativa de los rastrojos de sorgo, mejoró el aspecto visual, aumentó los

costos y disminuyó el área cubierta, o sea, afectó negativamente el establecimiento de las especies en todas las situaciones.

La siembra sobre las gavillas también origina disminuciones importantes en las áreas cubiertas por las especies en el surco de siembra, denotando, pérdida de plantas y atrasos en el crecimiento inicial.

CONSIDERACIONES GENERALES

- La quema de los rastrojos de sorgo, mejora el establecimiento de las especies sembradas.
- El picado de los rastrojos con rotativa, afectó negativamente el establecimiento de las especies, implicando además mayores gastos de maquinaria, combustible y horas de personal.
- Las gavillas pos cosecha deberían eliminarse con esparcidores, puesto que dificultan el establecimiento de las especies.
- En general la SD sobre rastrojos altos determina resultados similares a los registrados con rastrojos bajos.
- Se sugiere sembrar sobre los rastrojos altos de sorgo imperturbados o quemados.

5. INCIDENCIA DEL GRADO DE COMPACTACIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO EN EL ESTABLECIMIENTO DE ESPECIES ANUALES INVERNALES

Con experimentos ejecutados en años y chacras diferentes utilizando la misma metodología que la descrita en trabajos anteriores de esta publicación se evaluó el impacto de la compactación y humedad del suelo sobre la capacidad de crecimiento inicial de especies anuales usadas como verdeos de invierno. La compactación del suelo fue generada por siembras en condiciones de suelo con grado de humedad suficiente para que la cubierta del tractor marcara el mismo. Tanto la densidad aparente como la velocidad de infiltración fueron muy diferentes entre las zonas compactadas y sin compactar. Una mayor profundización sobre este tema fue reportado por Formoso, (2007a, 2007d).

Con avena y especialmente trigo, la compactación del suelo deprimió las áreas cubiertas de las especies en el surco. Dicha depresión es la conjunción de dos factores: el porcentaje de establecimiento y las tasas de crecimiento. Esta disminución del crecimiento se explica porque la exploración del

suelo por las raíces, en suelos compactados requiere mayor consumo de energía para aumentar el volumen de exploración (cuadro 1).

Otras especies sensibles a la compactación del suelo son las leguminosas, en esta situación representadas por trébol alejandrino INIA Calipso, que deprimió también significativamente su área cubierta en situación de suelo compactado (figura 1).

Raigrás Estanzuela 284 es una especie de buen comportamiento sobre suelos compactados (Formoso, 2007a) y en las tres comparaciones realizadas (situaciones 7, 8 y 9) no diferenció las áreas cubiertas entre suelo sin compactar y compactado (cuadro 1). Raigrás INIA Titán no diferenció sus áreas cubiertas en la situación 7, mientras que en la 8 el suelo compactado deprimió ($P < 0.05$) su cobertura.

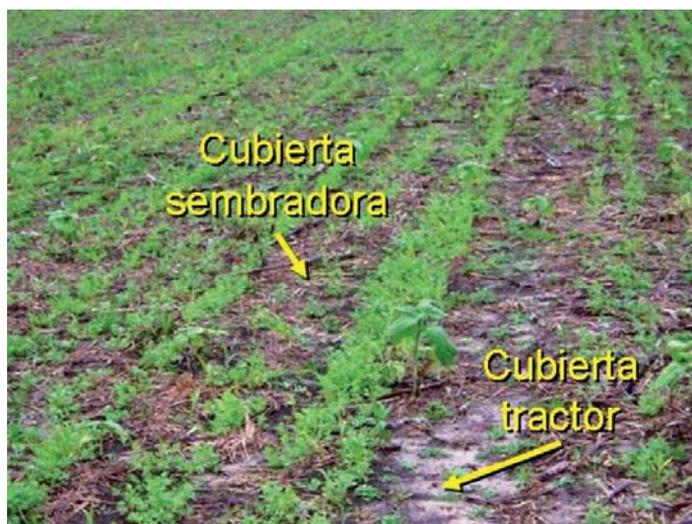
Para las comparaciones entre nivel de compactación del suelo con variaciones en el nivel de humedad del mismo se seleccionaron dos materiales, uno que representa la mayor insensibilidad como es el caso del

Cuadro 1. Porcentaje de área cubierta por la especie sembrada sobre el surco de siembra en suelo compactado (C) y sin compactar (SC), 80 días pos-siembra. Siembras de junio.

Situaciones	7		8		9			
	C	SC	C	SC	Suelo muy húmedo		Humedad adecuada	
					C	SC	C	SC
Avena	88	94	84	100	-	-	-	-
Trigo	81	96	64	98	33d	41c	71b	89a
Raigrás 284	97	98	100	100	51a	54a	53a	61a
Raigrás Titán	92	95	73	89	-	-	-	-
Calipso	85	95	-	-	-	-	-	-

Números en rojo para cada especie y medias con letras diferentes dentro de cada situación difieren al nivel ($P < 0.05$). Avena Estanzuela 1095 a, Trigo INIA Tijereta, Raigrás Estanzuela 284, Raigrás INIA Titán, Trébol alejandrino INIA Calipso.

Figura 1. Siembras directas con suelo húmedo. Efecto de la compactación de las cubiertas de la sembradora y tractor, deprimiendo el establecimiento.



raigrás 284 y en otro extremo una gramínea muy sensible a la compactación del suelo y a los suelos excesivamente húmedos, el trigo (situación 9, cuadro 1). Nuevamente se verifica que raigrás 284 no fue afectado por la compactación, independiente del nivel de humedad del suelo (caso 9), mientras que trigo deprimió sus áreas cubiertas tanto por la compactación como por la humedad alta en el suelo, siendo la conjunción de ambas variables, alta humedad del suelo y compactación especialmente depresoras del área cubierta de trigo.

En dos trabajos adicionales, en siembra directa sobre suelo con alta humedad y otro en suelo relativamente seco se midió el porcentaje del surco de siembra sin plantas en situaciones de surcos compactados y sin compactar. Se evaluaron dos fechas de siembra, una a fines de mayo, en el período denominado húmedo y la segunda opción fue

sembrada a inicios de marzo sobre suelo seco donde previo a la siembra se hizo mínimo laboreo en los 5 cm superiores del perfil de suelo mediante disquera niveladora provista de todos sus discos escotados.

En el cuadro 2 las emergencias de las especies se midieron por los centímetros de surco de siembra sin plántulas, contrastándose dos situaciones, suelo húmedo y seco.

Los resultados muestran diferencias muy importantes entre la siembra directa en suelo húmedo (fines de mayo) que representa siembras luego de cultivos de verano y la realizada sobre suelo seco (marzo), característica de las siembras tempranas de verdeos.

Mientras que en la situación de suelo húmedo el atributo de compactación del suelo (C) incrementó los espacios libres, sin plántulas, con la excepción de raigrás 284,

Cuadro 2. Centímetros por metro lineal de surco de siembra sin plantas, expresado en centímetros por metro lineal.

	Suelo Húmedo		Suelo Seco	
	SC	C	SC	C
Avena Estanzuela 1095 a	5	15	48	26
Trigo INIA Tijereta	6	29	-	-
Raigrás Estanzuela 284	2	3	61	6
Raigrás INIA Titán	8	12	78	11
Trébol alejandrino INIA Calipso	5	18	-	-

Números en rojo, para cada especie dentro de cada situación significan diferencias al nivel $P < 0.05$. SC=suelo sin compactar; C=suelo compactado.

significando menores porcentajes de establecimiento, en el suelo seco el resultado fue opuesto. En suelo con bajo tenor de humedad, la compactación del mismo mejora el flujo de humedad a la semilla, aumenta la germinación y los porcentajes de establecimiento. En suelo seco, cuando no se compacta, la germinación de la semilla se atrasa hasta que el tenor de humedad sea apto para desencadenar los procesos de germinación.

CONSIDERACIONES GENERALES

- Raigrás Estanduela 284 se manifestó como una especie poco sensible a la compactación del suelo y a los excesos de humedad del mismo. En el otro extremo se ubicó trigo.
- En siembras en el período húmedo, los excesos de humedad del suelo acompañados de compactación del mismo, generalmente determinan menores porcentajes de establecimiento en la mayoría de las especies, exceptuando raigrás Estanduela 284.
- En siembras tempranas de otoño, generalmente tipificadas como siembras sobre suelo seco, la compactación mejora el flujo de humedad a la semilla e incrementa los porcentajes de emergencia, disminuyendo las áreas del surco de siembra sin plantas.

6. SIEMBRA DE ESPECIES ANUALES INVERNALES SOBRE RASTROJOS CON GRAMILLA (*Cynodon dactylon*) PROVENIENTES DE CULTIVOS DE VERANO

Durante cuatro veranos en chacras del litoral, centro, sur y este se relevó la presencia de gramilla en cultivos de verano con destino de pastoreo o silo, en tambos (61% de las situaciones) y establecimientos ganaderos (39% de los casos). La cuantificación de la infestación de gramilla en cada situación se obtuvo a partir del conteo de su presencia en metros sobre un total de 100 metros distribuidos en cuatro tiradas de 25 metros cada una. Los resultados se clasificaron en clases según el grado de infestación: 0 (sin gramilla visible), 1 a 2 metros con gramilla visible en un total de 100 metros, 3 a 10, 10 a 30 y más de 30. En el cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos.

Maíz fue la única especie donde se registraron situaciones con baja infestación de gramilla. En las mismas los maíces eran de alto potencial, con aplicación de atrazina más acetoclor y fueron sembrados luego de un verdeo de avena instalado en el febrero previo. En maíz las situaciones con 2% o menos de gramilla correspondían a chacras con dos ciclos de siembra de avena de febrero y maíz de fines de septiembre. Estas luego de la pradera vieja engramillada, tratada con glifosato desde fines de noviem-

bre, ingresaban a avena temprana y luego maíz.

Con sorgos y sudan ninguna chacra estaba limpia de gramilla, es más, los tenores menores correspondieron a 16 metros con presencia de gramilla cada 100 metros. En la mayoría de estos casos, de pradera vieja con aplicación de glifosato se pasó a verdeo de verano, (cuadro 1). Se verificó un predominio de situaciones con alto nivel de engramillamiento, rangos de 16% o más de gramilla, evidentemente al finalizar el ciclo de los cultivos de verano estos casos terminan en situaciones que se pueden tipificar directamente como gramillales. Sobre el tema, Formoso (2011), reporta una secuencia de información referente a la gravedad de este problema y su impacto en la economía de las empresas y el país.

Considerando que actualmente se dispone de glifosato como herbicida que ayuda en el control de gramilla, el grado de presencia que tienen las chacras con esta maleza, revela que predominan los casos donde se aplican subdosis de glifosato, o las aplicaciones no cubren totalmente el suelo, o se realizan en horarios con alta temperatura. La magnitud del problema indica que no se es-

Cuadro 1. Porcentaje de chacras con especies estivales infestadas con diferentes grados de gramilla.

Gramilla %	Maíz Silo (51)	Sorgo Silo (74)	Sorgo Pastoreo (46)	Sudan Pastoreo (39)
0	2	0	0	0
1 a 2 %	4	0	0	0
3 a 10%	25	18	22	16
11 a 30%	52	59	63	61
31 % o más	17	23	15	23

Entre paréntesis se indica el n° de chacras evaluadas de cada especie.



Figura 1. Rastrojo de maíz utilizado como silo de planta entera, a fines de febrero, con importante presencia de gramilla.

tán manejando correctamente las recomendaciones existentes y publicadas por INIA para minimizar este problema, (Ríos, 2001, 2006).

Cuando se parte inicialmente, desde la siembra, de una situación con un contenido alto de gramilla viva, se termina rápidamente en un graminal con áreas muy importantes cubiertas por la maleza. En estas condiciones, la composición de las mezclas, con gramínea perenne, raigrás, achicoria, o el manejo de cortes o pastoreo tienen poco efecto. En estas situaciones la decisión económicamente coherente consiste en controlar la gramilla con herbicida aplicando dosis recomendadas y realizando el operativo en momento y condiciones adecuadas, sembrar verdeos de invierno, avena, raigrás y cuando éstos finalicen su ciclo reaplicar herbicida antes de volver a sembrar una pradera, o

repetir el ciclo con verdeos invernales seguidos de moha, etc. Cuando se parte de niveles iniciales bajos de gramilla, la inclusión en las mezclas de gramíneas perennes y manejos del pastoreo cuidadosos de la pastura posibilitan menores infestaciones de gramilla al tercer año y mayores niveles de producción durante el mismo (Formoso, 2011).

Lamentablemente es muy generalizada la situación donde se siembran pasturas perennes a partir de una chacra con una sola aplicación de glifosato, frecuentemente utilizando sub-dosis, donde por la pérdida de verdor y «quemado» de la gramilla (Figura 2), se concluye que la maleza está controlada. Lo esperable es que exista un número medio a alto de yemas de gramilla sin afectar, las cuales en su mayoría reanudarán su crecimiento en la próxima primavera y posteriormente se desemboque rápidamente,

Figura 2. Rastrojo de maíz muy engramillado, donde se controló la gramilla con glifosato.



Cuadro 2. Rendimiento de especies forrajeras (kgMS/ha), en función de distintas camas de siembra en siembra directa.

Especie	Días pos siembra	1. Gramilla controlada	2. Gramilla controlada y quemada	3. Gramilla verde	4. Suelo desnudo
Avena 1095a	110	713 c	1389 b	-	2044 a
Avena 1095a	89	230 c	590 b	-	960 a
Avena 1095a	118	560b	1710a	-	1620a
Calipso	97	150 c	570 b	138 c	790 a
Calipso	138	369 c	749 b	324 c	897 a
Raigrás 284	89	225b	444a	-	547a
Titán	77	334 c	505 b	-	645 a
Titán	95	309 c	578 b	-	740 a

Cada fila corresponde a un experimento. Letras diferentes dentro de la misma fila indican diferencias de rendimiento al nivel de $P < 0.05\%$. Avena Estanduela 1095a, raigrás INIA Titán y trébol alejandrino INIA Calipso.

dos a tres años, en un nuevo graminal y el ciclo se repite.

La interferencia que hace la gramilla sobre las especies vecinas se visualiza desde la siembra de verdeos, puesto que las sustancias que *Cynodon dactylon* secreta al suelo, denominadas «sustancias alelopáticas», originan disminuciones importantes en la performance productiva de las especies que se están tratando de establecer. Estos fenómenos se muestran en un experimento realizado en la Unidad de producción intensiva de leche de La Estanduela (cuadro 2).

En una chacra del sistema de 10 ha, se aplicaron 6 litros de glifosato/ha más 200 centímetros cúbicos de supermojante por hectárea sobre lo que persistía de una pradera vieja engramillada. Luego de un período de barbecho de 40 días se procedió a sembrar en directa distintos verdeos de invierno, avena Estanduela 1095a (120 kg/ha), raigrás INIA Titán (20kg/ha) y trébol alejandrino INIA Calipso (17kg/ha). La chacra fue dividida en cuatro sectores, uno se componía de suelo desnudo sin gramilla, otro estaba compuesto por manchones de gramilla seca por el herbicida con una altura promedio entre 9 y 10 cm, el tercer sector presentaba los mismos manchones descritos previamente, pero que además la gramilla fue quemada con fuego y el cuarto tratamiento se ubicó sobre manchones de gramilla viva, verde. Las siembras fueron en directa mediante una sembradora J. Deere modelo 750,

sembrándose las semillas en la línea, fertilizándose con 100 kg/ha de 25-33-0. Estos trabajos fueron repetidos en varias chacras durante tres años.

La información recabada entre 77 y 172 días pos siembra se resume en el cuadro 2.

Los rendimientos superiores consistentemente se registran en ausencia de gramilla, es decir, cuando la siembra se realizó sobre suelo desnudo. En el extremo inferior se ubican las siembras sobre gramilla controlada o que aún esta verde. Las situaciones donde luego del control con glifosato se eliminó la parte aérea de la gramilla mediante quema con fuego, mejoró el rendimiento de forraje a una posición intermedia, sin alcanzar los valores del suelo desnudo. Evidentemente la mejora de rendimiento mediante quema indica que parte de la interferencia es eliminada, mejorándose además la calidad de siembra.

Entre los tratamientos 1, gramilla controlada y 4, suelo desnudo, avena Estanduela 1095a, trébol alejandrino INIA Calipso y raigrás INIA Titán deprimieron sus rendimientos en 69, 70 y 54% respectivamente, valores que muestran que es un problema muy importante.

Las depresiones productivas que la interferencia de la gramilla origina se explican por varias variables determinantes del rendimiento de materia seca de una pastura (cuadros 3 y 4).

Cuadro 3. Rendimientos de forraje y macroestructura de plantas de avena y trébol alejandrino INIA Calipso sembrados en directa en dos situaciones con gramilla y una sin gramilla

Avena Estanzuela 1095a	Rastrojo de gramilla con 10 cm de altura, seca por glifosato		Sin Gramilla
	Sin quemar con fuego	Quemada con fuego	
N°plantas/m	9,3	50,0	48,0
N° macollos/planta	1,0	1,0	4,2
N°macollos/m ²	49	263	1062
Kg MS/ha	230	550	960
Trébol alejandrino INIA Calipso			
N°plantas/m	7,5	69,0	85,0
N°plantas/m ²	39	363	447
Área cubierta %	15	70	90
Kg MS/ha	150	570	730

La gramilla seca por glifosato sin estar quemada con fuego, comparativamente con las siembras en zonas de suelo desnudo sin gramilla, determina porcentajes de establecimiento menores (cuadro 3); en avena se pasa de 48 plantas/m lineal de surco a 9,3 y en trébol alejandrino INIA Calipso de 85 a 7,5. No solamente disminuyen los porcentajes de establecimiento, la interferencia de la gramilla determina menor número de macollos por planta, por metro cuadrado y a pesar que las zonas engramilladas tienen menos plantas y macollos por planta, teóricamente menor competencia, el crecimiento del forraje se reduce marcadamente por la interferencia de la gramilla. Con raigrás INIA Titán sucedió algo similar, cuadro 4.

Para el caso de raigrás se observa que la interferencia no solamente abarca la parte aérea, puesto que en situación de siem-

bra sobre gramilla seca con glifosato, las raíces en los 20 cm superiores del perfil de suelo disminuyeron un 44% (cuadro 4).

La información recabada de distintos trabajos realizados con diferencias en el espacio y tiempo fueron muy consistentes en los resultados obtenidos. A partir de estos se resumen las siguientes sugerencias:

- El contenido inicial de gramilla viva al momento de siembra de una pastura integrada por gramíneas y leguminosas, condiciona la producción a futuro de la asociación, el nivel de infestación de gramilla y los resultados económicos de la inversión.
- Cada foco inicial de gramilla no controlada, en media de un número alto de cuantificaciones en pasturas ocupó un

Cuadro 4. Rendimientos de forraje y componentes estructurales del tapiz en situación de siembra sobre suelo desnudo sin gramilla y siembra sobre manchón de gramilla seca por glifosato. Determinaciones: 27 de junio.

Raigrás INIA Titán	Tallos	Altura	kgMS/ha	kgMS/ha
	N°/m ²	cm	Forraje	Raíces
Suelo desnudo	1492	9,0	529	402
Gramilla seca	1129	8,2	228	226
P<0.01	**	ns	**	**
Disminución	25	-	58	44

diámetro de 6,1 m en el verano del segundo otoño, tercer año (Formoso, 2011).

- Si una chacra presenta cinco o más focos de gramilla cada 100 metros, grado de engramillamiento medio a alto, se sugiere dilatar la siembra de praderas, priorizar el control de gramilla mediante aplicación de herbicidas y sembrar verdeos de invierno, ya que esos cinco focos al inicio del tercer año se transformarán en un 30% o más de área cubierta por gramilla, aproximadamente 1/3 de la chacra.
- Contenidos iniciales en chacra medios a altos de gramilla determinan bajos rendimientos de las mezclas forrajeras independientemente del manejo de pastoreo que se ejecute y de la integración de las asociaciones, con gramíneas perennes o sin ellas (García, 1995; Formoso, 2011).
- Evitar la siembra de praderas luego de cultivos de verano, maíz, sorgos, sudan, excepto que en los mismos se corrobore con seguridad ausencia de gramilla viva.
- Con niveles iniciales bajos de gramilla en la chacra, priorizar la siembra de pasturas con gramíneas perennes invernales con crecimiento activo de verano, jerarquizando especies del tipo *dactylis* INIA Oberón y festuca tipo Estanzuela Tacuabé o similar.
- Con niveles iniciales bajos de gramilla en la chacra evitar la siembra de raigrás más leguminosas, puesto que seguramente los rendimientos de forraje al tercer año serán bajos y la pastura presentará infestación alta de gramilla al no tener en su composición gramíneas perennes, (García, 1995; Formoso, 2011).
- Además de la integración de las mezclas forrajeras, priorizando el empleo de gramíneas perennes invernales con crecimiento activo de verano, el manejo del pastoreo, especialmente las frecuencias de defoliación frecuentes, debilitan el vigor de las forrajeras sembradas, pierden fuerza de competencia y posibilitan una aceleración de la infestación con gramilla.
- Evitar la siembra de praderas sobre chacras engramilladas, ya que distorsiona la

rotación del predio, disminuye los rendimientos de forraje y obviamente la producción de carne, leche o lana, aumenta los costos de la unidad de forraje producida.

- La siembra de especies forrajeras sobre manchones controlados de gramilla por glifosato determina tasas de crecimiento iniciales de las especies sembradas muy inferiores comparativamente con la siembra sobre suelo desnudo sin gramilla, o cuando ésta fue eliminada además por fuego; además de dar menores porcentajes de establecimiento, menor macollaje, menor peso de raíces, etc.
- Con rastros engramillados se debería reorientar la rotación para controlar gramilla y evitar la siembra de especies perennes.

CONSIDERACIONES GENERALES

En este tema, diversos trabajos, García, (1995), Ríos, (2006) y Formoso, (2011), dan pautas claras referentes a las disminuciones productivas y económicas, que la gramilla origina en los sistemas de producción, los aspectos a tener en cuenta para su control químico y las opciones que deben tomarse, tales como la elección de un sistema de rotación con utilización adecuada de especies y cultivares forrajeros, con el objetivo de complementar el control químico y tender a limpiar los sistemas de producción de gramilla. Actualmente, si se siguen las pautas tecnológicas propuestas en diversos trabajos publicados por INIA, se puede llegar a situaciones con bajo o nulo nivel de gramilla.

En este contexto se remarca especialmente que los mejores resultados se obtienen cuando en la rotación a partir de praderas infestadas con gramilla, se la controla e inicia el ciclo con verdeos invernales, tipo avena o raigrás.

Debería tenerse presente que normalmente se requieren por lo menos dos ciclos de esta rotación antes de volver a ingresar a la etapa de praderas, si se pretende contro-

lar bien la gramilla. Es muy frecuente en el país que se ingrese a la etapa de pradera con solo un ciclo de control. Esto generalmente termina rápidamente en un nuevo graminal.

En zonas extensivas, con predios de mayor superficie, actualmente se están ingresando chacras engramilladas a agricultura, especialmente siembras de soja resistentes a glifosato o rotaciones trigo - soja. En estas condiciones, aplicando correctamente los paquetes tecnológicos existentes, en tres años deberían limpiarse las chacras.

7. INCIDENCIA DEL MÉTODO DE SIEMBRA SOBRE LA PRECOCIDAD Y RENDIMIENTO DE FORRAJE EN VERDEOS DE INVIERNO

7.1 INTRODUCCIÓN

La adopción del método de siembra directa continúa aumentando. Las razones principales argumentadas por la mayoría de los empresarios son económicas: disminución de costos, simplicidad operativa, menores requerimientos de horas hombre para realizar las siembras y en último término surge como argumento la conservación de suelos.

Actualmente un porcentaje de empresas con historia de varios años aplicando siembra directa, que tienen sistemas intensivos lecheros o de producción de carne, que utilizan mayores cargas por unidad de superficie y animales pesados, están intercalando opciones de mínimo laboreo o laboreo convencional al inicio de la rotación o en alguna otra etapa de la misma aduciendo que requieren descompactar la zona más superficial del suelo.

El argumento principal radica en que la compactación de la zona superficial del suelo en sistemas de siembra directa con pastoreo animal disminuye la velocidad de infiltración del agua y promueve el escurrimiento superficial retardando el crecimiento de especies pos siembra principalmente en períodos cálidos y secos. Para solucionar en forma rápida, estos problemas, se intercala en la rotación opciones que incluyen algún tipo de laboreo. Probablemente el hecho de dejar un rastrojo abundante previo a la próxima siembra, alternativa que significa dejar crecer y no pastorear, sea una estrategia que mejore la estructura de la zona superficial del suelo, éste se compacte menos y el agua infiltre a mayor velocidad, sin embargo en sistemas pastoriles donde lo que interesa es utilizar y transformar el pasto en producto animal, esta opción en los predios es aplicada por una fracción minoritaria de empresarios.

En general para pasturas en el país hay poca información que compare estrictamente distintos métodos de siembra con el objetivo de cuantificar defectos y virtudes de cada opción (Formoso, 2005c, 2008b) y en los predios intensivos y medianamente intensivos un porcentaje de productores optan por la siembra directa mientras que otros persisten con el laboreo convencional. Últimamente en sistemas productivos pastoriles con muchos años de siembra directa se comenzaron a intercalar alternativas que incluyen algún tipo de laboreo. Esta estrategia es más frecuentemente adoptada por productores con establecimientos medianos y pequeños.

La ventaja de la siembra directa de pasturas en proveer un mejor piso que posibilita pastorear de mejor forma en períodos húmedos que el laboreo convencional es indiscutible, sin embargo el producto animal que se obtiene por unidad de superficie está relacionado con la cantidad y calidad de forraje que se produce, utiliza y convierte. Si la compactación de la zona superficial del suelo deprime el agua disponible dentro del perfil, disminuye el crecimiento y precocidad de las forrajeras, es altamente probable que baje el producto animal obtenible comparativamente con siembras realizadas sobre suelos menos compactados en su zona superficial debido a la aplicación de algún tipo de laboreo.

Trabajos con un menú importante de especies forrajeras anuales y perennes que comparaban estrictamente entre otras variables la siembra directa y el laboreo convencional del suelo ya fueron mostrados por Formoso, (2005c, 2007b, 2007d). En este trabajo se retoma el tema priorizando los verdeos de invierno en lo referente a producción estacional de forraje y precocidad de entrega del mismo.

7.2 RELACIONES PRODUCTIVAS ENTRE MÉTODOS DE SIEMBRA

Un resumen de trabajos desarrollados durante cuatro años en chacras de los sistemas de producción intensivos de producción de carne o leche localizados en La Estanzuela se resume en el cuadro 1. Dichos sistemas trabajan en forma comercial y adoptaron la siembra directa desde hace varios años, en los experimentos las siembras tanto con preparación convencional (LC) de suelo como en directa (SD) se realizaron con una sembradora con tren de siembra monodisco angulado. Los datos de métodos de siembra son estrictamente comparables puesto que se sembraban en el experimento el mismo día. El laboreo convencional consistía en una o dos pasadas de excéntrica y posterior afinado con disquera. Tanto en la opción de laboreo como de directa en diciembre se aplicaban de 4 a 6 litros/ha de glifosato. Las siembras se realizaban temprano en marzo, con el objetivo de adelantar el primer pastoreo, atributo muy importante dentro de sistemas intensivos.

Los resultados obtenidos repiten tendencias ya mostradas por Formoso, (2005c, 2007b, 2008a), donde en situaciones de LC, durante el período inmediato posterior a las siembras, la precocidad (rendimiento de forraje al primer pastoreo) y los rendimientos de forraje en períodos de 60 a 90 días posteriores a la siembra son en general superiores comparativamente a los registrados con SD (cuadro 1). En esta secuencia de trabajos la superioridad productiva del LC

varió entre 10 y 32% comparativamente con la SD. Los mayores rendimientos en la situación de LC se explican en parte por una superior disponibilidad de nitrógeno en el suelo, consecuencia de la mineralización de la materia orgánica promovida por el laboreo. Un segundo aspecto a tener en cuenta en suelos de texturas pesadas en régimen de pastoreo, consiste en los menores gastos energéticos requeridos por las raíces para alcanzar en menos tiempo mayores profundidades de exploración del perfil de suelo y pesos radicales por planta superiores. Esto posibilita explorar mayor volumen de suelo, requiriendo menores gastos energéticos por parte del sistema radical para crecer, consecuentemente, las plantas aumentan el crecimiento de su parte aérea por mayor disponibilidad de energía, priorizando la captación de la misma, promoviendo mayores tamaños del aparato foliar, más forraje.

Cuando luego de la siembra se registran situaciones de limitación de agua disponible para las plantas, que aún no desarrollaron plenamente su sistema radical, normalmente las ventajas a favor del LC aumentan. Cuando los laboreos se realizan en períodos muy próximos al momento de siembra generalmente dichos trabajos secan el suelo y puede no expresarse esa diferencia a favor del LC e inclusive invertirse, determinando mayores rendimientos en SD.

A medida que transcurre el tiempo luego del primer período pos siembra, invierno y primavera, las tendencias globales esperables indican que si no existió ninguna anomalía ambiental (encostramiento de suelo, exceso de agua en el perfil, presencia diferencial de malezas) los rendimientos de

Cuadro 1. Relación entre los rendimientos de forraje (kgMS/ha) por estación de cuatro verdeos de invierno sembrados en directa (SD) y con laboreo convencional de suelo (LC), relación LC/SD. Resumen de cuatro años de experimentos.

Verdeos de invierno					
	O	I	P	T	Siembras entre el 1 y 9 de marzo
LC/SD	1,10	1,01	0,96	1,02	Avena Estanzuela 1095a
LC/SD	1,19	0,96	0,81	1,02	Raigrás Estanzuela 284
LC/SD	1,32	1,05	1,06	1,12	Raigrás INIA Titán
LC/SD	1,14	1,11	1,08	1,11	Avena + Titán

O=otoño, I=invierno, P=primavera y T=total. Cocientes en rojo indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre LC y SD.

forraje en la opción de SD y LC tienden a igualarse. Con especies perennes, Formoso, (2007b), mostró que durante los períodos secos que normalmente se registran en nuestros ambientes entre fines de primavera y verano, en situaciones de suelos con arcillas expansivas, estos se agrietan, posibilitando un desarrollo radical en profundidad, atributo que normalmente hace desaparecer a mediano plazo diferencias tanto en rendimientos de forraje como en profundidades de exploración radical en especies perennes.

En otra secuencia de seis experimentos, utilizando una metodología similar a la comentada previamente, con la diferencia que los suelos presentaban una compactación superficial superior (sistema lechero intensivo) se comparaba la performance de especies anuales y perennes sembradas en condiciones estrictamente comparativas entre LC y SD, presentándose en el cuadro 2 la información referente a especies anuales. Las siembras se realizaron en la primera semana de marzo.

Con la excepción de trébol alejandrino, que en otoño los rendimientos entre las opciones de LC y SD no se diferenciaron

($P > 0.05$), y que además fueron muy bajos no sobrepasando los 300 kgMS/ha, en los verdeos restantes, tanto en otoño como en invierno, los rendimientos registrados en LC fueron superiores ($P < 0.05$) a los de SD. Estos resultados indican que en sistemas intensivos de producción pastoril con animales pesados, la compactación superficial del suelo que se origina, limita los rendimientos de forraje de las gramíneas utilizadas como verdeos (cuadro 2) puesto que con LC se registraron aumentos productivos que variaron entre 15 y 29%. Una situación especial la constituyó el trébol alejandrino, que se comporta como una especie muy afectada productivamente por la compactación del suelo, donde en invierno, el hecho de realizar LC previo a la siembra aumentó ($P < 0.05$) los rendimientos de forraje en un 61%, (cuadro 2).

En estas situaciones de compactación superficial de suelo, el laboreo no solamente aumentó los rendimientos de forraje por estación, sino que también incrementó fuertemente la precocidad medida como rendimiento de materia seca al primer pastoreo, atributo que en esquemas intensivos de producción es altamente relevante, (cuadro 3).

Cuadro 2. Relación entre los rendimientos de forraje obtenidos con suelo preparado con laboreo convencional (LC) o en directa (SD) en otoño e invierno en situaciones de fuerte compactación superficial del suelo.

	O	I	Siembras entre el 1 y 9 de marzo
LC/SD	1,23	1,15	Avena Estanzuela 1095 a
LC/SD	1,26	1,19	Raigrás Estanzuela 284
LC/SD	1,29	1,24	Raigrás INIA Titán
LC/SD	1,17	1,26	Avena + Titán
LC/SD	1,08	1,61	Trébol alejandrino INIA Calipso

O=otoño, I=invierno. Cicientes en rojo indican diferencias significativas ($P < 0.05$) entre LC y SD.

Cuadro 3. Precocidad, N° de días promedio para acumular 1.000 kg MS/ha de cinco forrajeras sembradas en SD, LC y mínimo labores (ML), sobre suelos compactados en la zona superficial. Siembras entre el 1 y 7 de marzo.

Especies	SD	LC	ML
Avena Estanzuela 1095a	44b	35a	38a
Raigrás Estanzuela 284	69b	57a	58a
Raigrás INIA Titán	72b	59a	62a

Letras iguales dentro de c/fila no difieren al nivel de $P < 0.05$.

En suelos compactados en su parte superficial, el hecho de sembrar en directa atrasa la precocidad, comparativamente con el laboreo convencional de suelo (LC) o el mínimo laboreo (ML). En ninguna de las especies el mínimo laboreo se diferenció de la preparación convencional del suelo. El ML consistió según las situaciones en una o dos pasadas de disquera provista de todos los discos escotados, donde se laboreaban los 5 a 8 cm superficiales del suelo según los casos. En las situaciones que se requirió doble pasada como consecuencia de compactación superficial excesiva, estas se realizaron con un ángulo de 45 grados entre ellas. El objetivo del mínimo laboreo consistió en descompactar la zona superficial del perfil de suelo y lograr preparar una buena cama de siembra.

Los rendimientos medios de forraje para cinco especies anuales considerando ocho trabajos realizados referentes a siembras tardías, de mayo-junio sobre rastrojos altos y bajos de sorgo para silo de grano húmedo o de planta entera, con períodos de crecimiento del orden de 200 días se muestran en el cuadro 4 (capítulo 3).

Trigo en el 75% de las situaciones produjo en SD de forma similar o superior a la opción de LC, siendo el cociente LC/SD de 1,02. Ambos materiales de raigrás también presentaron buen comportamiento en SD, siendo además los más productivos en términos de producción de materia seca. Avena presentó una frecuencia de situaciones con rendimientos superiores en la opción de LC, en tanto trébol alejandrino INIA Calipso presentó comportamiento donde los rendi-

mientos de forraje fueron similares o superiores en SD comparativamente con LC en el 62,5% de las situaciones.

El cociente de los rendimientos LC/SD indica que en avena y trébol alejandrino el LC aumenta los rendimientos de forraje entre un 14 y 11%, en trigo la producción de forraje en SD y con LC fue muy similar y con raigrás hay pequeñas diferencias productivas a favor del LC del orden de 8 a 9% (cuadro 4, capítulo 3).

En la secuencia de trabajos realizados, a nivel de ambientes, el encostramiento de suelo y la infestación de gramilla fueron los atributos que determinaron las mayores diferencias entre SD y LC con algunas especies.

En el cuadro 4 se resume en forma simplificada la precocidad media para cada especie para siembras tardías sobre rastrojos de sorgo, altos (RA) y bajos (RB), anexándose los coeficientes de variación como un parámetro estimador de la seguridad de obtención de las precocidades medias.

Para las cinco especies, en media los períodos para acumular una tonelada de materia seca fueron muy similares entre las opciones de SD y LC para situaciones de siembras tardías sobre rastrojos de sorgo, en suelos no compactados.

En condiciones comerciales de producción, es muy frecuente en el país, principalmente en las zonas extensivas la realización de siembras al voleo, con el objetivo principal de reducir costos de siembra. Si bien las siembras al voleo (sembradora pendular, de platos, siembra aérea) disminuyen

Cuadro 4. Precocidad, N° de días para acumular 1.000 kg MS/ha y coeficientes de variación (CV %) de cinco forrajeras sembradas en SD y LC, promedio de siembras sobre RA y RB de sorgo granífero.

Especies	SD		LC	
	Nº	CV	Nº	CV
Avena Estanzuela 1095 a	86	23,8	84	26,2
Trigo INIA Tijereta	96	36,0	98	34,5
Raigrás Estanzuela 284	95	15,0	93	22,0
Raigrás INIA Titán	107	23,5	104	22,6
Trébol alejandrino INIA Calipso	135	16,8	126	12,5

el costo de siembra, cuando estos se refieren a la cantidad y momento del forraje producido por siembras al voleo o en líneas, frecuentemente ocurre que las siembras al voleo presentan costos muy superiores de la unidad de materia seca.

Sobre el tema se realizaron una serie de experimentos donde se comparó la siembra en líneas realizada con sembradora provista de tren de siembra monodisco angulado, en suelos desarrollados sobre cristalino (5.02b) o en la serie Ecilda Paullier-Las Brujas, o sobre brunosoles de la formación Yaguari (Serie de suelos Arroyo Blanco). A las chacras se les aplicaba glifosato entre 4 y 6 litros/ha dependiendo del tipo y nivel de enmalezamiento en diciembre, sembrándose en la última quincena de marzo. Los materiales y densidades de siembra que se utilizaron fueron, avena Estanzuela 1095a (120 kg/ha), raigrás Estanzuela 284 (18 kg/ha) y raigrás INIA Titán (30 kg/ha) como raigrás de ciclo largo, que además presenta un mayor tamaño de semilla.

En el cuadro 5 se resumen los resultados obtenidos en cinco experimentos. Dentro de cada situación las especies se sembraban el mismo día, en línea cuyos rendimientos se tomaron como base 100% y al voleo utilizando la misma sembradora de líneas, con los trenes de siembra levantados y desconectando los tubos de descarga de la semilla de tal forma que se sembrara al voleo. En dos situaciones se colocaron rastras de cadena detrás de la sembradora, con

el objetivo de mejorar el contacto semilla suelo y mover algo el suelo.

La información fue consistente, siempre las siembras al voleo con rastra o sin ella, para los tres verdeos produjeron significativamente menos ($P < 0.01$) que la siembra en líneas. Los rendimientos acumulados de otoño hasta fines de invierno (30/8), fueron en avena entre 69 y 47% menores que la siembra en líneas, en media el solo hecho de sembrar al voleo determinó que los rendimientos de forraje fueran un 56% menores; con raigrás 284 la situación mejora algo, siendo la máxima depresión de rendimiento un 59% menor y la mínima un 37% menor que los rendimientos registrados con la siembra en líneas, en media se produjo un 47% menos forraje. Titán, presentó una variación de rendimiento entre 63 y 39% menores que la siembra en líneas, la merma promedio fue de 56% (cuadro 5). Esta información debería ser tenida muy en cuenta en zonas extensivas de producción, puesto que en ella es donde se aplica masivamente la siembra al voleo.

Trabajos referentes a establecimiento de pasturas (Formoso, 2006a, 2007d), resaltan la supremacía productiva de las siembras en líneas utilizando sembradoras con trenes de siembra monodisco angulado provistas de mecanismos para controlar estrictamente la profundidad de siembra y el contacto semilla suelo, comparativamente con la siembra al voleo. Las siembras al voleo normalmente presentan una localización deficiente de

Cuadro 5. Rendimientos relativos de forraje en el período siembra al 30 de agosto de tres verdeos de invierno sembrados al voleo, tomando como base 100 los rendimientos de forraje obtenidos en la siembra en líneas.

AVENA	RAIGRÁS 284	RAIGRÁS Titán	Casos
45	56	39	1
52	41	37	2
31	63	61	3 (RC)
38	56	37	4
53	51	46	5 (RC)
44 (-56%)	53 (-47%)	44 (-56%)	Medias

RC= rastra de cadenas. Números en rojo=disminución promedio del rendimiento de forraje de la siembra al voleo, con relación a la siembra en líneas.

la semilla, quedando en superficie sin tapar o mal tapadas, con una alta dependencia a que ocurran períodos húmedos prolongados y continuos de tal forma que aseguren la germinación y flujo continuo de suministro de agua a la semilla y posteriormente a la plántula hasta una correcta emergencia. Evidentemente estos requerimientos de la siembra al voleo, constituyen opciones tecnológicas en principio más económicas, pero de muy alto riesgo, totalmente dependientes del suministro de agua continuo y donde los rendimientos de forraje que se obtienen en la mayoría de las situaciones son significativamente menores, (cuadro 5) generalmente en magnitudes muy importantes. Estas finalmente en general originan costos por unidad de forraje superiores en las siembras al voleo comparativamente con la de líneas. Obviamente que la precocidad de entrega de forraje en la siembra en líneas es muy superior a las de voleo, atributo también altamente relevante.

La dependencia del suministro continuo de agua a la semilla y la plántula determina que en general las siembras al voleo no solamente producen pasturas con potenciales productivos inferiores, sino que además las entregas de forraje se retardan en el tiempo. La colocación de la semilla en la línea, con buen contacto semilla-suelo, ubicada en zona próxima al frente de humedad del suelo y bien tapada, asegura mayores porcentajes de establecimiento, germinación y emergencia más rápida, atributos que finalmente se traducen en entregas de forraje de mayor magnitud y en menor tiempo, o sea, más precocidad.

En media para los cinco experimentos reportados en el cuadro 5, avena requirió un 48% más de tiempo para producir 1000 kgMS/ha cuando fue sembrada al voleo comparativamente con la siembra en línea, raigrás 284 un 59% más y Titán un 62% más. Esta información se visualiza claramente en el país cuando se realizan siembras al voleo a fines de marzo o abril de raigrás. Estos empiezan a aportar forraje en forma relativamente importante a fines de agosto y principalmente de setiembre en adelante. El método de siembra al voleo y las carencias

nutritivas, especialmente de nitrógeno, determinan que este verdeo sembrado en condiciones extensivas con el objetivo de producir en invierno, termina aportando realmente en primavera.

7.3 CONSIDERACIONES GENERALES

- Durante el período inmediato posterior a las siembras, la precocidad (producción de forraje al primer pastoreo) y los rendimientos de forraje en períodos de 60 a 90 días posteriores a la siembra son en general mayoritariamente superiores, entre 10 y 32%, en situaciones con LC del suelo comparativamente a los registrados con SD.
- Cuando pos implantación se registran situaciones de limitación de agua disponible para las plantas, que aún no desarrollaron plenamente su sistema radical, normalmente las ventajas a favor del LC aumentan.
- A medida que transcurre el tiempo luego del primer período pos siembra, en invierno y primavera, las tendencias esperables indican que si no existió ninguna anomalía ambiental, los rendimientos de forraje en la opción de SD y LC tienden a igualarse.
- En sistemas intensivos de producción pastoril con animales pesados y suelos compactados superficialmente, la compactación limitó los rendimientos de forraje de los verdeos y la precocidad en SD. Con LC se registraron aumentos productivos que variaron entre 15 y 29%.
- En siembras tardías pos cosecha de sorgo, tanto en SD como con LC los dos cultivares de raigrás produjeron los mayores rendimientos de forraje, trigo INIA Tijereta los menores y avena 1095 a y trébol alejandrino INIA Calipso presentaron una ubicación productiva intermedia, siendo avena la especie que pos-siembra creció más rápido y permitió realizar pastoreos antes que las restantes.

- En siembra tardía pos cosecha de sorgo, el cociente de los rendimientos LC/SD indica que en avena y trébol alejandrino el LC aumenta los rendimientos de forraje entre un 14 y 11%, en trigo la producción de forraje en SD y con LC fue muy similar y con raigrás hay pequeñas diferencias productivas a favor del LC del orden de 8 a 9%.
- Las siembras al voleo con rastra o sin ella, para avena, raigrás 284 y Titán produjeron significativamente menos ($P < 0.01$) que la siembra en líneas realizada con sembradora provista de tren de siembra monodisco angulado. Los rendimientos acumulados de otoño hasta fines de invierno (30/8) en avena disminuyeron en promedio 56%; en raigrás 284, 47%, mientras que Titán presentó una merma promedio de 56%.
- La información muestra que la única ventaja de la siembra al voleo es su costo inicial menor, los rendimientos de forraje y la precocidad en su entrega fueron sustancialmente menores.

8. EFECTOS DE LA ÉPOCA, MÉTODOS DE SIEMBRA Y EL ESTRÉS CALÓRICO SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE FORRAJE EN VERDEOS DE INVIERNO

8.1 INTRODUCCIÓN

En la medida que la época de siembra de verdeos de invierno se anticipa, las entregas de forraje para pastoreo se adelantan. Normalmente los verdeos de invierno en empresas con esquemas intensivos de producción y que tienen además buenos registros de producto animal obtenido por hectárea (carne, leche o lana) los siembran temprano en otoño. A partir de información de productores CREA, las siembras de avena se ubican con mayor frecuencia en los primeros 15 días de marzo y en segundo término durante el mes de febrero (cuadro 1), seguidas por las siembras de raigrás realizadas mayoritariamente en marzo principalmente durante la segunda quincena mientras que en abril se realizan la mayoría de las siembras de praderas (cuadro 1).

En los últimos 15 años, especialmente en tambos con esquemas productivos intensivos y generalmente asesorados por agrónomos, con el objetivo de seguir aumentando los rendimientos de leche/ha, comenzaron a anticipar aun más las siembras de verdeos. El objetivo principal a lograr consiste en aumentar sustancialmente la producción y oferta de forraje en otoño-invierno, poniéndose un énfasis especial en la producción temprana de otoño.

El aumento de la oferta forrajera en otoño temprano, surge a partir de las disminuciones del área efectiva de pastoreo que se origina especialmente en otoño, consecuencia de las áreas preparadas para sembrar o recientemente sembradas que no tienen disponibilidad para pastorearse, más la finalización de los ciclos productivos de los verdeos de verano. La conjunción de estos procesos determina que en rotaciones forrajeras armonizadas técnicamente, como la mayoría existente en predios intensivos asesorados agrónomicamente, implica disminuciones muy importantes en la oferta forrajera global del sistema consecuencia de los eventos mencionados, (Formoso, 2008b, 2009). En rotaciones cortas de tres años, dos de pradera y uno de verdeos, el área de pastoreo efectiva en otoño puede disminuir un 33% en algunos períodos, en las de cuatro años, tres de pradera y uno de verdeos, las disminuciones del área son del orden de 25% y en las de cinco años de 20%.

El impacto negativo de estas depresiones del área de pastoreo y oferta de forraje en estos períodos sobre la carga animal del sistema de producción es un factor altamente relevante. Cuando esto ocurre y si además se adicionan en estos períodos estreses climáticos como limitaciones hídricas con o sin ocurrencia de temperaturas altas, eventos que deprimen más la oferta

Cuadro 1. Períodos de siembra expresados en porcentaje del total para cada opción de verdeos de invierno y praderas. Resultado de 58 establecimientos de producción intensiva ubicados en el litoral y centro del país, donde el 83% eran predios lecheros. Elaborado a partir de información de grupos CREA.

Pastura sembrada	Frecuencia de casos por opción en %				
	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Avena	32	45	18	5	-
Raigrás	2	56	22	20	-
Praderas	-	7	53	35	5

forrajera, en los predios normalmente se recurre en primera instancia al sobre-pastoreo de las praderas más productivas en esos momentos, las de segundo año. Estos manejos, dependiendo de la duración, frecuencia e intensidad de los mismos, normalmente deterioran especialmente durante otoño e invierno en magnitudes importantes la capacidad de producción de las praderas excesivamente pastoreadas, agravando aún más la baja oferta forrajera y muchas veces afectan en forma irreversible la persistencia de las especies. Debe considerarse que no solamente disminuye la oferta forrajera sino que además se extiende por períodos muy prolongados el problema, aspecto gravitante en términos económicos. Para paliar estos problemas se acude al uso de la suplementación, generalmente de mayor costo por kilo, que el forraje cosechado por pastoreo directo.

Ante este panorama y definida técnicamente la disminución del área efectiva de pastoreo temprano en otoño como una de las principales limitantes productivas en términos forrajeros de los sistemas, se comenzaron a anticipar las siembras de los verdes de invierno de marzo a febrero y de éste a enero. En este contexto se estableció una secuencia de experimentos durante cinco años, sembrados en directa y con preparación convencional de suelo con el objetivo de medir el impacto del momento y forma de siembra de verdes y especies perennes.

8.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

Las situaciones de partida fueron festucales, verdes de raigrás de ciclo largo, praderas degradadas sin gramilla. En diciembre se aplicaba Roundup Full a 3 o 4 litros/ha dependiendo de las situaciones. La opción de laboreo convencional (LC) consistía en dos pasadas de excéntrica más una de disquera. Las siembras, tanto en directa (SD) como en LC se hacían el mismo día con una sembradora de siembra directa J. Deere modelo 750. Todas las especies fueron sembradas en línea con densidades de siembra de: trébol alejandrino INIA Calipso,

15kg/ha (TA); avena Estanzuela 1095a 120 kg/ha; raigrás Estanzuela 284 a 15 kg/ha y raigrás INIA Titán a 20 kg/ha. Previo a la siembra se fertilizó al voleo con 100 kg/ha de 18-46-0. Cada parcela comprendía ocho surcos a 19 cm entre ellos por 10 m de longitud, utilizándose cuatro o cinco repeticiones.

8.3 RENDIMIENTOS DE FORRAJE EN SIEMBRA DIRECTA Y CON PREPARACIÓN CONVENCIONAL DE SUELO

En el cuadro 2 se muestran resultados de tres experimentos donde se realizaron siembras de marzo de especies anuales utilizadas como verdes de invierno, comparando estrictamente dos opciones de siembra, con laboreo convencional del suelo (LC) y en directa (SD). El objetivo de estos trabajos consistió en cuantificar en forma estricta dos estrategias de siembra. Los niveles de fósforo en el suelo se ubicaron entre 9 y 14 ppm (Bray 1). Al inicio de cada estación en las gramíneas se aplicaban 50 kg urea/ha, repitiéndose la dosis a mitad de estación. En el experimento 3, con excepción de avena, ambos cultivares de raigrás y trébol alejandrino debieron sembrarse nuevamente el 15 de abril, como consecuencia que en la primera época de siembra dichas especies germinaron, pero la ocurrencia de tres días con temperaturas elevadas (34 °C), tanto en SD como con LC, determinó que las mismas se marchitaran. Avena fue la única especie que toleró las temperaturas altas. Trébol alejandrino en el experimento 2 con SD, germinó y posteriormente se marchitó por desecación originada por temperaturas elevadas, mientras que en siembra con LC del suelo logró mantenerse hidratado y tolerarlas, cuadro 2.

Con siembras tempranas de marzo predominan las situaciones donde las realizadas con LC producen significativamente ($P < 0.05$) mayor cantidad de forraje en otoño y con entregas más precoces comparativamente con las realizadas en SD. Durante in-

Cuadro 2. Rendimientos de forraje (kgMS/ha) de especies sembradas en directa (SD) y con laboreo convencional de suelo (LC) en condiciones estrictamente comparativas. Información de 3 experimentos, realizados en años diferentes en INIA La Estanzuela, Unidad de Leche.

		Experimento 1. Siembra: 6 de marzo				Experimento 2. Siembra: 2 de marzo				Experimento 3. Siembra: 3 marzo y 15 de abril			
Siembra	Especie	O	I	P	T	O	I	P	T	O	I	P	T
LC	Avena	2663	2250	3705	8619	3644	3580	2678	9902	962	3822	2988	7772
LC	Rg 284	1896	2866	2805	7567	2118	4046	1082	7246	0	4597	1303	5900
LC	Titán	1607	2386	4430	8423	2244	3901	2439	8584	0	4298	3543	7841
LC	T.A.	-	3031	3072	6103	0	2094	3858	5952	0	797	3199	3996
SD	Avena	2059	1977	3961	7997	2493	3351	2602	8446	467	3572	2762	6801
SD	Rg 284	1424	2246	2929	6599	680	3871	1007	5558	0	3307	1024	4331
SD	Titán	1162	1999	3735	6896	668	3528	2125	6321	0	2708	3130	5838
SD	T.A.	-	2559	3355	5914	0	0	0	0	0	561	1914	2475

Para una misma especie los números en rojo indican diferencias ($P < 0.05$) entre rendimientos registrados con LC versus SD.

vierno en dos años (experimentos 1 y 3), ambos cultivares de raigrás produjeron más forraje ($P < 0.05$) en LC con respecto a la SD, en tanto con trébol alejandrino ocurrió una vez (experimento 3).

En primavera, lo esperable es que los rendimientos de forraje en ambas opciones de siembra, SD y LC se equiparen (Formoso, 2007d), sin embargo, raigrás INIA Titán (experimento 1), cultivar de ciclo largo y trébol alejandrino (experimento 3), en una primavera cada uno, con LC superaron significativamente los rendimientos de forraje obtenidos con SD.

Cuando se compara la producción acumulada de otoño + invierno + primavera, también predominaron situaciones donde los rendimientos de forraje obtenidos con LC fueron superiores a los registrados con SD.

Evidentemente avena debido a su tolerancia a altas temperaturas y su buena performance productiva en siembras tempranas, ofrece un alto grado de seguridad a que las mismas no fracasen, presentando como atributo adicional positivo un alto potencial de producción temprana de otoño y buena de invierno. Sin embargo, en producción invernal, ambos materiales de raigrás muy frecuentemente superan a la avena.

En avena para la secuencia de los tres experimentos, la producción de otoño en LC superó en media de un 45% a la de SD, en tanto en invierno la diferencia asciende a

solamente un 8%. Para raigrás en los experimentos 1 y 2, en LC durante otoño, raigrás Estanzuela 284 produjo un 91% más que en SD, en tanto para raigrás INIA Titán, la diferencia fue de 110% a favor del LC.

Tanto raigrás como trébol alejandrino son opciones de alto riesgo a que se marchiten en situaciones de siembras tempranas ubicadas en los primeros 10 días de marzo o antes, si se registran varios días con temperaturas superiores a 30 °C.

8.4 IMPACTO DE LA OCURRENCIA DE ALTAS TEMPERATURAS SOBRE LA SOBREVIVENCIA Y ESTABLECIMIENTO DE DISTINTAS ESPECIES

En el cuadro 3 se ejemplifica para otros cuatro experimentos sembrados temprano, con una cantidad superior de especies forrajeras, anuales y perennes, el comportamiento ante períodos de altas temperaturas en siembra en directa y con laboreo convencional de suelo. Las especies utilizadas fueron: avena Estanzuela 1095a, raigrás Estanzuela 284, raigrás INIA Titán, cebadilla INIA Leona, dactylis INIA Oberón, festuca Estanzuela Tacuabé, trébol alejandrino INIA Calipso (TA), alfalfa Estanzuela Chaná (AA),

Cuadro 3. Efecto de altas temperaturas sobre el área cubierta en el surco (%) por la especie sembrada en directa (SD) o con preparación convencional del suelo (LC) en condiciones estrictamente comparativas. Siembras tempranas. INIA La Estanzuela, Unidad de Carne.

Siembra	23 enero		2 marzo		11 marzo		22 febrero	
	LC	SD	LC	SD	LC	SD	LC	SD
Avena	100	100	100	100	100	100	100	100
Rg 284	17	5	100	57	100	63	28	6
Rg Titán	14	6	100	60	100	53	21	2
Cebadilla	-	-	100	100	100	87	-	-
Dactylis	-	-	100	63	100	57	13	5
Festuca	-	-	83	40	80	20	19	4
TA	23	11	100	5	97	7	35	17
AA	-	-	83	5	83	22	58	32
LC	-	-	100	5	97	7	83	47
TR	-	-	97	5	90	10	63	37
TB	-	-	73	13	85	12	48	23
MDS: 5%	7		15		14		7	

lotus INIA Draco (LC), trébol rojo Estanzuela 116 (TR) y trébol blanco Estanzuela Zapicán (TB). El impacto de las temperaturas altas se evaluó mediante el área cubierta por la especie sembrada en el surco de siembra, entre mediados de abril y mayo.

La información muestra la elevada sensibilidad que presentan las leguminosas en general, especialmente en condiciones de SD a que se marchite un alto número de plantas por desecación ante la presencia de temperaturas altas, aspecto que se verifica por los bajos porcentajes de área cubierta en el surco de siembra (cuadro 3).

Dentro de las gramíneas perennes festuca Estanzuela Tacuabé se mostró más sensible que dactylis INIA Oberón, en tanto cebadilla INIA Leona, especie bianual, en las dos oportunidades que fue sembrada, presentó mayor tolerancia a la desecación que las gramíneas perennes.

Ambos cultivares de raigrás en dos años donde se registraron temperaturas elevadas, superiores a 30 °C durante 3 a 5 días según experimentos, siembras del 23 de enero y 22 de febrero (cuadro 3), tanto sobre suelo preparado con LC como en SD, pueden considerarse verdeos perdidos debido a las bajas áreas cubiertas que persistieron. En SD la situación de pérdida de plantas fue más grave que con LC. En situaciones donde el

estrés térmico operó con menor intensidad, siembras del 2 y 11 de marzo, (cuadro 3), mientras que en LC no se verificaron muertes de plantas, en SD ambos cultivares de raigrás disminuyeron las áreas cubiertas en la línea de siembra, indicando marchitamiento de plantas.

Avena, en todas las situaciones evaluadas, tanto en LC como en SD cubrió completamente el surco de siembra, indicando alta tolerancia al estrés térmico.

Cuantificaciones sobre peso de raíces y profundidad de exploración en el perfil de suelo (información no reportada), en avena y ambos cultivares de raigrás, a los 20 y 40 días pos siembra, indicaron que en condiciones de suelo preparado con LC, tanto el peso de raíces como la profundidad de exploración superaron significativamente ($P < 0.05$) a la opción de SD. Estas diferencias posibilitan en la opción de LC disponer de más agua para refrigerar las plantas en situaciones de temperaturas elevadas, aspecto que se traduce en una mayor tolerancia y supervivencia de las mismas. Estos hechos explicarían la mayor sensibilidad a la desecación en SD comparativamente con la opción de LC. Sin duda además existen diferencias de orden genético que muestran a la avena como un material menos sensible a estos estreses que raigrás.

8.5 EFECTO DE LA ÉPOCA DE SIEMBRA SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE VERDEOS DE INVIERNO

En una secuencia importante de experimentos, sembrados en líneas con preparación convencional de suelo (LC) o en siembra directa (SD), en diferentes momentos y fertilizados a la siembra con 70 kg/ha de 18-46-0 en la línea y con 50 kg urea/ha al inicio de cada estación cuando emergían las gramíneas, repitiéndose la dosis luego del corte realizado a mitad de la misma, se cuantificó la producción estacional de forraje, mostrándose la información recabada en el cuadro 4.

Cuando se ejecutan en diferentes años una secuencia importante de experimentos, surge que los rendimientos de forraje que se registran están altamente condicionados por la disponibilidad de agua en el suelo especialmente durante el período pos-siembra, sobre todo si éstas se realizan temprano, fines de verano, marzo, donde generalmente los suelos no están recargados de agua, los días aún son largos y muy frecuentemente se registran temperaturas elevadas.

Los comentarios previamente realizados deben servir de advertencia puesto que en el período pos-siembra, que básicamente en siembras tempranas comprende al otoño, es altamente frecuente determinar coeficientes de variación de los rendimientos de forraje entre 50 y 70%, pese a que las siembras se hacen en líneas, regulando con precisión la profundidad de siembra, contacto semilla suelo y todos aquellos factores que minimizan los riesgos de establecimiento, teniendo además estandarizada la metodología seguida en los diferentes años. En este tema, (García 2003), también para una secuencia importante de experimentos con verdeos de invierno sembrados con LC del suelo muestra coeficientes de variación para los rendimientos de forraje en otoño que variaron entre 49 y 66%, disminuyendo los mismos en la medida que los períodos se alejan del momento de siembra.

Las magnitudes en la variabilidad de rendimientos luego de la siembra revelan la importancia del efecto año o ambiente sobre la producción de forraje y la inseguridad que los asesores y empresarios tienen en las etapas iniciales de este tipo de pasturas. Este atributo además resalta la importancia de disponer de buenas alternativas de producción de forraje perenne, así como de reservas suficientes para dotar de mayor seguridad y minimizar riesgos en la oferta forrajera sobre todo en esquemas intensivos de producción con cargas animales más altas.

Para disponer de forraje en los primeros 45 días de otoño, concretamente en abril, se requiere de la siembra temprana en febrero de avena (cuadro 4), ésta además es la que produjo los mayores rendimientos de forraje en los segundos 45 días de otoño conjuntamente con las siembras de los primeros 10 días de marzo.

Ambos cultivares de raigrás, Estanzuela 284 de ciclo corto e INIA Titán de ciclo largo, no fueron sembrados en febrero por problemas de marchitamiento por estrés térmico tal como ya fue comentado, estos producen aproximadamente el 50% del forraje que brinda avena en la segunda mitad de otoño. Para la situación de ambos cultivares de raigrás sembrados en marzo, la disponibilidad de forraje en O2 (segundos 45 días de otoño) se concentra principalmente al final del período otoñal, principalmente en mayo.

Trébol alejandrino INIA Calipso en siembras de marzo no produjo forraje en otoño.

Las siembras tardías, de mayo en adelante, anularon la capacidad de producción otoñal, deprimiendo además en magnitudes importantes los rendimientos invernales especialmente en los primeros 45 días de invierno. Las siembras de mayo comparativamente con las de marzo disminuyeron la capacidad de producción de forraje en invierno en 56% para avena, 43% para raigrás 284, 59% en Titán y 30% en trébol alejandrino INIA Calipso. De las opciones de verdeos evaluadas, así como avena se destaca en otoño, raigrás 284 fue el material de mayor producción invernal, seguido por Titán con

Cuadro 4. Producción de forraje (kg MS/ha) en períodos de 45 días dentro de cada estación del año en siembras ubicadas en los primeros 10 días de febrero, marzo y mayo. Información media de 12 experimentos en LC (1) y de 6 experimentos en SD (2).

Especies	Siembra	O1	O2	I1	I2	P1	P2	V1	TOTAL	%
AVENA (LC)	Febrero	745	2644	1954	1388	1436	660	-	8836	104
AVENA (LC)	Marzo	-	2451	1842	1225	1761	1212	-	8491	100
AVENA (LC)	Mayo	-	76	478	878	1968	1413	330	5143	60
AVENA (SD)	15/5 a 15/6	0		1430		3125		525	5080	59
AVENA (SD)	15/5 a 15/6	0		740 a 2125		-		-	-	-
284 (LC)	Marzo	-	1308	2199	1722	1662	42	0	6933	100
284 (LC)	Mayo	-	-	911	1351	2097	1263	0	5622	81
284 (SD)	15/5 a 15/6	0		990		3630		0	4620	67
284 (SD)	15/5 a 15/6	-	-	690 a 3335		-		-	-	-
TITAN (LC)	Marzo	-	1209	1561	1638	1695	1591	0	7694	100
TITAN (LC)	Mayo	-	-	434	894	1603	1977	440	5348	69
TITAN (SD)	15/5 a 15/6	0		1250		3540		870	5660	73
TITAN (SD)	15/5 a 15/6	-	-	560 a 2120		-		-	-	-
TA (LC)	Marzo	-	-	186	1670	2918	292	-	5066	100
TA (LC)	Mayo	-	-	420	880	837	1480	445	4062	80

LC= siembra con laboreo convencional de suelo, SD= siembra directa. En rojo para cada verdeo se indican los rendimientos mínimos y máximos registrados. O1= siembra al 15/4, O2= 15/4 a 30/5, I1= 1/6 a 15/7, I2= 15/7 a 30/8, P1=1/9 a 15/10, P2= 15/10 a 30/11, V1= 30/11 a 30/12. %= rendimientos relativos a la siembra de marzo.

un 19% menos de rendimiento, avena con un 22% menos que 284 y trébol alejandrino con rendimientos invernales un 53% menor que raigrás 284.

Las siembras tardías de mediados de mayo a mediados de junio, realizadas ya sobre el período húmedo y frío, presentaron rendimientos de forraje similares a los de las siembras de mayo, con una amplitud entre rendimientos de invierno mínimos y máximos muy importante. Esta información también indica que las siembras de mediados de mayo a mediados de junio con estos verdeos tienen un nivel muy bajo de predecibilidad de rendimientos, aspecto que implica opciones tecnológicas de alto riesgo.

Las siembras tardías de mayo en adelante, con excepción del raigrás de ciclo corto, Estanzuela 284, que finaliza su ciclo en primavera, tanto antes cuanto más temprana es la siembra, en los otros materiales (avena, Titán y trébol alejandrino) las siembras tardías atrasan los ciclos de crecimiento y desarrollo, incrementando las cantidades de forraje producidos a fines de primavera y en diciembre.

Las siembras tardías determinaron disminuciones importantes en los rendimientos totales (cuadro 4).

Los rendimientos de forraje pueden variar drásticamente con los ambientes y obviamente la modificación de los momentos de siembra altera las sumas térmicas que actúan sobre el crecimiento y desarrollo de los verdeos, modificándolos, teniendo las precipitaciones un impacto importante y poco predecible.

8.6 RENDIMIENTOS DE FORRAJE DE ESPECIES SEMBRADAS EN MAYO-JUNIO SOBRE RASTROJOS DE CULTIVOS DE VERANO

Durante cinco años seguidos se sembró entre mediados de mayo a mitad de junio experimentos en siembra directa colocándose todas las semillas en la línea, sobre rastros de cultivos de verano: soja, maíz, sorgo, girasol, moha, (Formoso 2007b,

2007f), mostrándose los rendimientos medios y mínimos registrados con las especies anuales. Los rendimientos muy bajos de otoño son consecuencia de las siembras tardías. Estos, en términos de utilización en pastoreo deberían acumularse con los de invierno (cuadro 5).

Trigo INIA Tijereta fue de las especies anuales que resintió más su capacidad de producción principalmente en las situaciones que fue sembrado sobre rastrojos de sorgo. Raigrás Estanzuela 284 fue la especie con mayor producción invernal y total. Avena 1095 a, raigrás INIA Titán y trébol alejandrino INIA Calipso son especies que en situación de siembra tardía, alargan su ciclo produciendo forraje en los primeros 30 o 60 días de verano. Estas además en producción total, pese a la siembra tardía, en condiciones medias sobrepasaron los 5000 kgMS/ha (cuadro 5).

Nuevamente se verifican comparando los rendimientos medios con los mínimos, las grandes diferencias que las condiciones de ambiente pueden generar. Una vez más estos hechos que se registran muy frecuentemente, corroboran la necesidad en los sistemas productivos y principalmente los más intensivos de disponer de adecuadas cantidades de reservas forrajeras con el objetivo de dar sustentabilidad productiva a los mismos, frente a períodos de muy bajo crecimiento y disponibilidad de forraje. En este sentido, los coeficientes de variación de los

rendimientos de las especies reportadas en el cuadro 5 frecuentemente alcanzan valores del orden de 50 a 60%, magnitudes que hacen muy difícil predecir la oferta forrajera a futuro y que necesariamente obligan a disponer de reservas forrajeras suficientes con el objetivo de afrontar exitosamente eventuales crisis de disponibilidad de forraje.

8.7 CONSIDERACIONES GENERALES

- Cuando se compara la producción acumulada de otoño + invierno + primavera, predominaron situaciones donde los rendimientos de forraje obtenidos con LC fueron superiores a los registrados con SD. Además las entregas de forraje fueron más precoces.
- Avena fue la especie con mayor potencial de producción de forraje en otoño y la que presentó mayor tolerancia al estrés originado por altas temperaturas, por lo que resulta el material a utilizar más seguro, y de menor riesgo para siembras tempranas.
- Raigrás y trébol alejandrino presentaron baja tolerancia a altas temperaturas, marchitándose las plántulas frecuentemente en situaciones de siembra temprana.
- En general, con materiales sensibles a marchitarse por altas temperaturas, bajo

Cuadro 5. Producción estacional media y mínima (kgMS/ha) de distintas especies forrajeras sembradas luego de la cosecha de cultivos de verano. Datos promedio de cinco años.

	O	I	P	V	Total
Trigo (media)	157	1022	2721	0	3900
Trigo (mínimo)	94	282	1165	0	1541
Avena (media)	260	1282	2976	981	5499
Avena (mínimo)	189	727	2037	822	3776
Rg284 (media)	267	1583	4346	0	6195
Rg284 (mínimo)	189	567	2255	0	3011
Rg Titán (media)	225	1091	3391	1257	5965
Rg Titán (mínimo)	138	413	2115	318	2984
Calipso (media)	222	1049	2562	1578	5411
Calipso (mínimo)	77	231	1856	1151	3314

En azul el período de crecimiento corresponde a diciembre, en rojo a diciembre + enero.

la opción de SD los riegos de marchitamiento son muy superiores, comparativamente con la siembra con LC.

- Las magnitudes en la variabilidad de rendimientos luego de la siembra (50 a 70%) revelan la importancia del efecto año o ambiente, sobre la producción de forraje y la inseguridad de producción que se tiene en las etapas iniciales de este tipo de pasturas.
- Para disponer de forraje en abril se requiere sembrar la avena en febrero, ésta además produjo los mayores rendimientos de forraje en los segundos 45 días de otoño conjuntamente con las siembras de los primeros 10 días de marzo. Por su parte, ambos cultivares de raigrás producen aproximadamente el 50% del forraje que brinda avena en la segunda mitad de otoño.
- Trébol alejandrino INIA Calipso en siembras de marzo no produjo forraje en otoño.
- Las siembras de mayo comparativamente con las de marzo deprimieron la producción de forraje en invierno en 56% para avena, 43% para raigrás 284, 59% en Titán y 30% en trébol alejandrino INIA Calipso.
- De las opciones de verdeos evaluadas, así como avena se destaca en otoño, raigrás 284 fue el material de mayor producción invernal, seguido por Titán con un 19% menos de rendimiento, avena con un 22% menos que 284 y trébol alejandrino con rendimientos invernales un 53% menos que raigrás 284.
- La variabilidad de rendimientos en las siembras de mediados de mayo a mediados de junio con estos verdeos presentaron coeficientes de variación que frecuentemente alcanzan valores del orden de 50 a 60%, indicando un nivel muy bajo de predecibilidad de producción.

- Trigo INIA Tijereta fue de las especies anuales que resintió más su capacidad de producción principalmente en las situaciones que fue sembrado sobre rastrojos de sorgo.
- Avena 1095 a, raigrás INIA Titán y trébol alejandrino INIA Calipso fueron especies que en situación de siembra tardía alargan su ciclo produciendo forraje en los primeros 30 o 60 días de verano.

8.8 SUGERENCIAS AGRONÓMICAS

La seguridad de la avena cuando se siembra temprano, fines de enero-inicio de febrero en ofrecer disponibilidad de forraje desde abril, con altos niveles de producción en la segunda mitad del otoño e invierno, es una opción que de generalizarse su uso debería cambiar drásticamente los niveles de producto animal que se obtienen en los sistemas productivos, especialmente en los intensivos. La aplicación de esta opción tecnológica, indirectamente además disminuye las necesidades de sobre-pastoreo de las pasturas más productivas en otoño e invierno y consecuentemente éstas producirán más forraje en estos períodos, aumentando su persistencia.

La alta variabilidad de los rendimientos de forraje luego de la siembra, generada por las grandes diferencias en las condiciones de ambiente que ocurren frecuentemente, a pesar de utilizarse las sembradoras con los trenes de siembra más eficientes para la siembra de pasturas, corroboran la necesidad en los sistemas productivos y principalmente en los más intensivos de disponer de adecuadas cantidades de reservas forrajeras con el objetivo de dar sustentabilidad productiva a los mismos, frente a períodos de muy bajo crecimiento y disponibilidad de forraje.

9. IMPACTO DE LA FRECUENCIA DE DEFOLIACIÓN EN LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE DIFERENTES VERDEOS DE INVIERNO

9.1 INTRODUCCIÓN

Esquemas intensivos que tienen por objetivo maximizar el producto animal por unidad de superficie, requieren necesariamente aumentar la dotación para alcanzar el mismo. En la medida que aumentan los kilos de peso vivo/ha, los sistemas se tornan más vulnerables frente a variaciones importantes de ambiente. La disminución de este tipo de riesgos implica el uso de las especies más apropiadas para tal fin. Entre ellas los verdeos de invierno constituyen una alternativa casi imprescindible a utilizar dentro de los sistemas intensivos de rotación con pasturas. Por tratarse de especies anuales, frente a disminuciones de la oferta forrajera del sistema consecuencia de estreses ambientales o disminuciones del área efectiva de pastoreo, los verdeos de invierno deberían priorizarse para solucionar dichas deficiencias de forraje, evitando el sobre-pastoreo de las praderas más productivas. Dentro de este contexto interesa conocer la repercusión productiva que tiene la aplicación de distintas frecuencias de defoliación en estos materiales.

9.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

Las especies anuales que se evaluaron fueron: avena Estandzuela 1095a sembrada a 120 kg/ha, raigrás Estandzuela 284 (15 kg/ha), raigrás INIA Titán (20 kg/ha) y trébol alejandrino INIA Calipso (15 kg/ha). En los distintos años evaluados las siembras se ubicaron en los primeros siete días de marzo y todas correspondieron a siembras directas sobre rastrojos de festuca o raigrás ubicándose siempre la semilla en la línea mediante sembradora provista de un tren de siembra, con abresurcos tipo monodisco angulado. Se aplicaba glifosato, seis litros por hectárea en diciembre, se reaplicaba si era necesario a fines de febrero y se procedía a sembrar en marzo. La información referente a número de cortes por estación, altura del tapiz por encima de los 4 cm de rastrojo residual, densidad del forraje y calidad del mismo se informan en los cuadros donde se muestran los datos. En la figura 1 se ilustra para un año en particular el aspecto de un experimento con las tres especies en situación estrictamente comparativa. En un

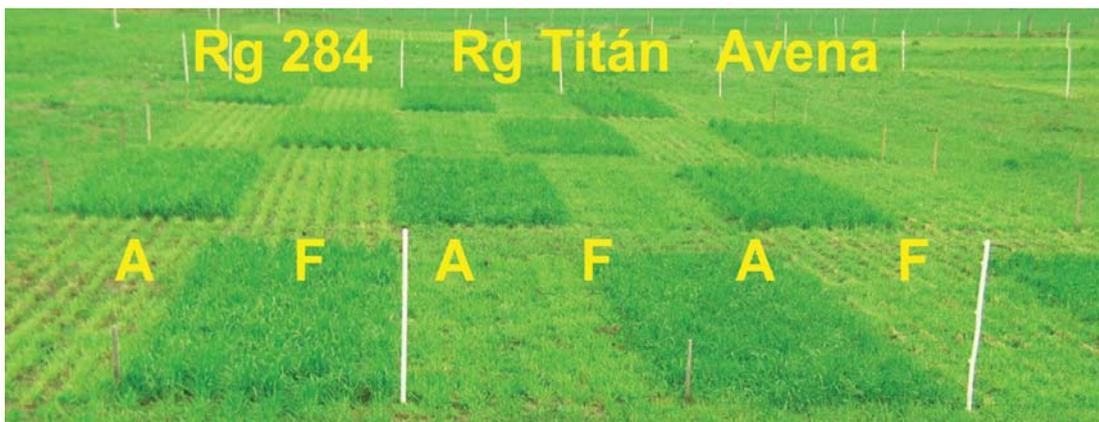


Figura 1. Aspecto general de un ensayo en agosto, comparativo de manejo de dos frecuencias de cortes.

año, ambos cultivares de raigrás y trébol alejandrino una vez implantados se marchitaron por ocurrencia de altas temperaturas, hecho que explica que se muestren solamente dos situaciones para los mismos.

9.3 PRODUCCIÓN DE FORRAJE, RESPUESTA A LA FRECUENCIA DE DEFOLIACIÓN

En el cuadro 1 se muestran las producciones de forraje de tres años (situaciones 1, 2 y 3) y los valores medios para ambos manejos, F (frecuente) y A (aliviado). Las frecuencias de defoliación se indican de dos formas, la altura promedio en cm del forraje (A) y el número de cortes por estación (N). Se especifican además los tenores medios para el número de cortes realizado por estación de la concentración de materia seca, así como la densidad del forraje en el horizonte de pastoreo, o sea, por arriba de los 4 cm que quedan como césped residual por corte y dicha variable se expresa en kg de materia seca por cm de altura.

Avena presenta como características destacables su muy buena tolerancia a altas temperaturas, atributo que posibilita las siembras desde fines de enero, inicios de febrero y además tiene un buen potencial de producción de forraje en otoño, cuando la misma se siembra temprano y es fertilizada adecuadamente con nitrógeno. En esta estación supera a raigrás (cuadro 2) y al trébol

alejandrino (cuadro 3) y en general a todas las opciones de verdeos anuales invernales existentes.

En las tres gramíneas en que se estudió el impacto productivo de las dos frecuencias de cortes, se verifica que el manejo frecuente de defoliación fue muy agresivo puesto que durante otoño e invierno implicó un mínimo de nueve cortes en los 180 días que comprenden ambas estaciones, hasta un máximo de 13. Esto significa que se cortaba cada 14 a 20 días donde las gramíneas no superaban los 15 cm de altura del forraje en el horizonte de pastoreo, 19 cm desde el nivel del suelo. En el manejo aliviado, donde en otoño más invierno se cortó entre cinco y ocho veces, las alturas del forraje en el horizonte de pastoreo se ubicaron en un mínimo de 11 cm a un máximo de 23 cm (cuadros 1 y 2). En las figuras 2, 3 y 4 se da una idea gráfica del aspecto de las dos frecuencias de corte a fines del mes de julio.

El alto número de cortes realizado en otoño e invierno, especialmente en el manejo frecuente con las gramíneas trató de aproximarse a lo que normalmente ocurre en los predios en estas estaciones. Además tenía por objetivo conocer realmente lo que ocurre productivamente cuando se dispone de verdeos bien establecidos y se los utiliza en forma frecuente para cuidar o mejorar el manejo de defoliación de las praderas de mayor duración.

Cuando para cada gramínea se observan las respuestas a los dos manejos de defoliación se verifican diferencias entre las

Cuadro 1. Avena 1095 a. Respuesta en producción de forraje a dos frecuencias de cortes. Alturas promedio del forraje (A cm) según frecuencia, N de cortes por estación y total, concentraciones de materia seca (MS%) y densidades del forraje (kg/cm).

S	FD	kg MS/ha				A cm				Nº CORTES				MS (%)			kg/cm			
		O	I	P	T	O	I	P	X	O	I	P	T	O	I	P	O	I	P	X
1	F	3313	1414	2024	6751	14,6	9,3	27,8	15,4	5	4	2	11	18,4	22,4	26,8	45,3	38,2	36,4	39,8
	A	3075	2001	2471	7547	18,2	16,5	28,4	20,3	3	3	2	8	16,8	21,7	28,8	56,3	40,4	43,5	46,5
2	F	2389	1859	2245	6493	10,7	11,5	7,9	10,0	5	6	5	16	21,5	16,8	22,1	44,6	27,1	56,6	40,8
	A	3002	2343	2682	8027	19,2	23,4	13,4	17,5	3	3	3	9	20,7	15,0	20,8	52,2	33,4	66,8	50,9
3	F	3742	3360	3768	10869	9,7	9,3	18,6	12,5	6	7	4	17	24,0	21,6	25,0	64,5	51,9	50,6	51,1
	A	3849	3193	3748	10790	17,0	16,0	19,4	17,4	4	4	4	12	21,6	17,5	25,8	56,6	50,0	48,4	51,6
Medias	F	3148	2211	2679	8038	11,7	10,0	18,1	12,6	5,3	5,6	3,6	14,5	21,3	20,3	24,6	51,5	39,1	47,9	43,9
	A	3309	2512	2967	8788	18,1	18,6	20,4	18,4	3,3	3,3	3,0	9,6	19,7	18,1	25,1	55,0	41,3	52,9	49,7
XDF en %		-5	-12	-10	-9															
MDF en %		-21	-30	-18	-20															

S=situaciones, años, FD= frecuencia de defoliación; A=aliviado; F=frecuente; XDF en %= depresión media del manejo F con relación a A; MDF en %= depresión máxima del manejo F con relación a A; Producción= kgMS/ha. Dentro de cada situación, medias en rojo indica que los manejos F y A difieren significativamente al nivel de P<0.05%.

Cuadro 2. Raigrás. Respuesta en producción de forraje a dos frecuencias de cortes. Alturas promedio del forraje según frecuencia, N° de cortes por estación y total, concentraciones de materia seca (MS%) y densidades del forraje (kg/cm).

S	FD	Raigrás Estanzuela 284								Raigrás INIA Titán							
		Producción (kg MS/ha)				N° CORTES				Producción (kg MS/ha)				N° CORTES			
		O	I	P	T	O	I	P	T	O	I	P	T	O	I	P	T
1	F	1886	2149	2146	6181	4	6	6	16	1837	2261	2898	6996	4	6	7	17
	A	2286	2671	2662	7620	2	3	4	9	1482	2535	3738	7755	2	3	5	10
2	F	2159	3227	1442	6829	5	7	3	15	2576	3084	2682	8342	5	7	4	16
	A	2285	3589	1113	6987	3	4	3	10	2372	3354	2394	8120	3	4	4	11
Medias	F	2022	2688	1794	6505	5	7	5	16	2206	2672	2790	7669	5	7	6	17
	A	2286	3130	1888	7303	3	4	4	10	1927	2945	3066	7938	3	4	5	11
XDF en %		-12	-15	-5	-11					+14	-10	-10	-4				
MDF en %		-18	-20	-20	-19					-	-11	-23	-10				
		Altura (cm)				MS (%)				Altura (cm)				MS (%)			
Medias F		8,3	11,0	12,6	10,6	21,7	16,1	28,9	22,9	7,5	9,0	14,0	10,2	21,6	16,0	23,2	20,8
Medias A		12,6	17,6	14,3	14,4	19,9	15,3	31,9	23,9	11,1	13,6	16,2	13,6	19,4	14,9	23,7	20,7
		kg/cm								kg/cm							
Medias F		58,4	37,8	33,6	39,9					20,8	67,3	45,4	39,7				
Medias A		77,2	50,8	37,1	53,5					20,7	73,7	62,2	43,5				

S=situaciones, años; FD= frecuencia de defoliación; A=aliviado; F=frecuente; XDF en %= depresión media del manejo F con relación al A; MDF en %= depresión máxima del manejo F con relación al A. Dentro de cada situación, medias en rojo indica que los manejos F y A difieren significativamente al nivel de P<0.05%.

Cuadro 3. Trébol alejandrino INIA Calipso. Respuesta en producción de forraje a dos frecuencias de cortes. Alturas promedio del forraje según frecuencia, N de cortes por estación y total, concentraciones de materia seca (MS%) y densidades del forraje (kg/cm).

S	FD	Trébol Alejandrino INIA Calipso																			
		Producción (kg MS/ha)				A (cm)				N°CORTES				M.S (%)				kg/cm			
		O	I	P	T	O	I	P	X	O	I	P	T	O	I	P	T	O	I	P	X
1	F	946	1213	1480	3639	10,8	12,4	15,2	12,7	2,0	4,0	2,0	7,0	23,8	19,	24,0	22,1	48,2	25,7	56,2	38,9
	A	1006	1823	2072	4900	13,0	18,3	17,8	16,8	1,0	3,0	2,0	5,5	24,2	18,	25,	22,0	92,9	33,8	58,4	54,7
2	F	1184	1765	1716	4665	14,5	12,8	12,7	13,2	2,0	4,0	2,0	7,0	23,8	19,	24,	22,1	53,5	36,2	64,4	47,6
	A	1395	2793	2373	6561	20,5	20,3	18,7	20,0	1,0	3,0	2,0	5,5	24,2	18,	25,	22,0	88,3	45,1	55,3	58,4
Medias F		1065	1489	1598	4152	12,6	12,6	13,9	12,9	2,0	4,0	2,0	8,0	23,8	19,	24,	22,1	50,8	30,9	60,3	43,2
Medias A		1200	2308	2222	5730	16,7	19,3	18,2	18,4	1,0	3,0	2,0	6,0	24,2	18,3	25,	22,	90,6	39,4	56,8	56,5
XDF en %		-12	-33	-29	-28																
MDF en %		-16	-37	-29	-29																

S=situaciones, años; FD= frecuencia de defoliación; A=aliviado; F=frecuente; XDF en %= depresión media del manejo F con relación al A; MDF en %= depresión máxima del manejo F con relación al A. Dentro de cada situación, medias en rojo indica que los manejos F y A difieren significativamente al nivel de P<0.05%.

distintas situaciones. Existen casos donde en otoño, o invierno, o primavera o en el total de la estación de crecimiento no hay diferencias productivas (P>0.05) entre los manejos de defoliación mientras que en otras situaciones se detectan variaciones importantes (P<0.05).

En este sentido interesa destacar que en el manejo aliviado, en avena los cortes en otoño o invierno mayoritariamente fueron tres en cada estación lo que implica utilizaciones cada 30 días, lo cual en la práctica significa una buena frecuencia de utilización del verdeo. Este manejo denominado aliviado en

varias situaciones determinó aumentos importantes en la producción de forraje de otoño e invierno, por lo que parece razonable sugerir la aplicación de un esquema de este tipo en sustitución de otros con utilizaciones más frecuentes. Estos en varias oportunidades deprimieron la capacidad de producción de la avena en valores de 20 a 30%, depresiones que en otoño o invierno, son muy importantes (cuadro 1). Por otro lado, la sugerencia de una utilización por mes en este tipo de verdeo, implica una frecuencia bastante alta de utilizaciones que permite solucionar razonablemente en la práctica dentro

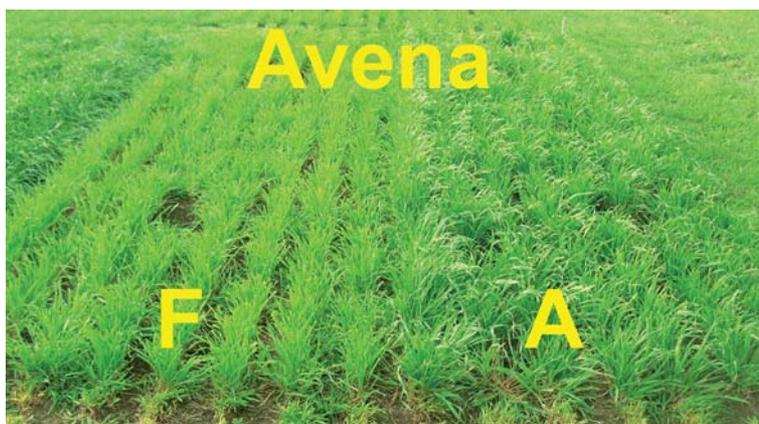


Figura 2. Avena Estanzuela 1095a en fines de julio, disponibilidad en dos manejos de cortes.

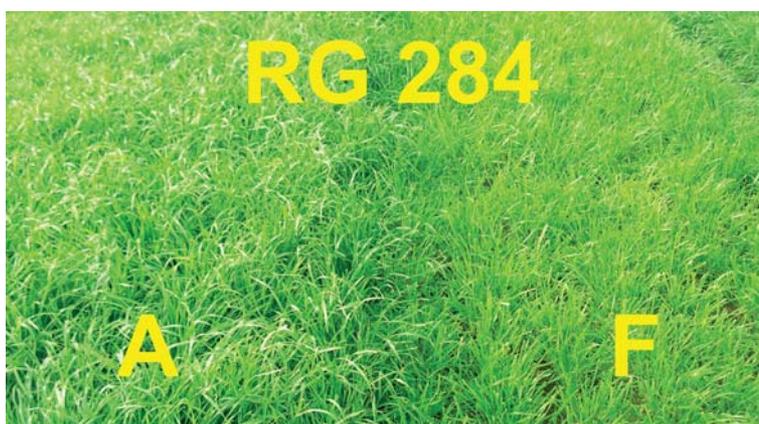


Figura 3. Raigrás Estanzuela 284 a fines de julio, disponibilidad en dos manejos de cortes.



Figura 4. Raigrás INIA Titán a fines de julio, disponibilidad en dos manejos de cortes.

de cualquier sistema intensivo de producción, con un mínimo de inversión en gestión del «pasto», eventuales problemas de pastoreos. Obviamente que la aplicación de frecuencias de pastoreo más aliviadas, por ejemplo cada 45 días, posibilitan aumentar la producción de forraje. Sin embargo, a nivel de predios, intervalos con verdeos de invierno entre pastoreos cada 45 días, implican pocas utilidades durante períodos

críticos y además, en la medida que se aumenta la disponibilidad de forraje en este tipo de pasturas, lo esperable es que los porcentajes de utilización disminuyan especialmente en períodos húmedos.

Con avena, en media las depresiones del manejo frecuente (F) con relación al aliviado (A) se ubicaron entre 5 y 12%, respectivamente (cuadro 1).

Con los dos materiales de raigrás sucedieron hechos similares a avena, variabilidad en las respuestas a los dos manejos de defoliación entre los distintos años, desde rendimientos de forraje similares para una misma estación del año entre manejos a producciones significativamente diferentes ($P < 0.05$) (cuadro 2). Con raigrás en otoño o invierno pueden detectarse disminuciones productivas consecuencia del manejo más frecuente del orden de 18 a 20%, consecuentemente caben las mismas sugerencias que las realizadas para avena. En ambos materiales de raigrás, el manejo aliviado en otoño más invierno implicó un mínimo de cinco cortes, lo que significa utilidades cada 30 a 35 días, si no se toma en cuenta el período inmediato a la siembra. Esto implica intervalos entre utilidades superiores a avena, aspecto que es lógico dado el menor potencial de crecimiento inicial del raigrás, sin embargo se entiende que en esquemas planificados, esas cinco utilidades representan un buen número de pastoreos en dichas estaciones. Entre los dos cultivares de raigrás se verificaron producciones de forraje similares en otoño e invierno, en tanto en primavera sobresale netamente por mayor producción el raigrás de ciclo largo INIA Titán.

Las disminuciones medias en la producción de forraje originadas por el manejo frecuente comparativamente con el aliviado se ubicaron en torno del 10 a 15%, en tanto las máximas ascendieron a 20 y 23% (cuadro 2).

Con relación a la concentración de materia seca del forraje durante otoño e invierno se registraron situaciones con tenores menores a 18%, tanto en avena como en raigrás (cuadros 1, 2 y 3), especialmente durante invierno, valores que pueden afectar el consumo de forraje y generar disturbios digestivos, diarreas, por alto contenido de agua.

Con relación al trébol alejandrino los rendimientos de otoño e invierno fueron inferiores al de las gramíneas anuales. Con respecto a las frecuencias de corte aplicadas, el número de cortes por estación también fue inferior al de los otros verdeos. Esta leguminosa anual, tanto en invierno como en primavera presentó diferencias importantes entre las dos frecuencias de cortes aplicadas, donde los manejos de defoliación frecuentes determinaron mermas de rendimientos del orden de 30 a 37%, denotando ser una especie más sensible al manejo de defoliación (cuadro 3). Las concentraciones de materia seca siempre superaron el valor de 18%.



Figura 5. Trébol alejandrino INIA Calipso en dos frecuencias de cortes, en invierno a fines de julio.

Para los cuatro materiales estudiados mayoritariamente los manejos aliviados de cortes incrementaron las densidades del forraje en el tapiz (cuadros 1, 2 y 3). Probablemente los mayores intervalos entre cortes generen una mayor disponibilidad de energía intra planta, aspecto que se traduce en mayor número de meristemos que se desarrollan en órganos y superior tamaño y contenido de materia seca de estos.

En otra secuencia de trabajos con verdeos de invierno realizados durante tres años en siembra directa utilizando una sembradora monodisco angulado J. Deere, se priorizó y cuantificó la producción de forraje durante otoño e invierno, en respuesta a dos frecuencias de cortes. Se utilizó en avena el cultivar Estanzuela 1095 a, en raigrás de ciclo corto la variedad Estanzuela 284 y como representante de un raigrás tetraploide de ciclo largo a INIA Titán. La metodología utilizada en estos experimentos fue igual a la descrita al inicio de este capítulo y se partía de festucales. Las frecuencias de defoliación aplicadas se muestran en el cuadro 4.

En el cuadro 4 se resumen resultados promedio de tres años donde pueden visualizarse varios aspectos de importancia agrónoma práctica. Para los manejos de corte aplicados, frecuente y aliviado se indican para cada estación el número de cortes que se realizó en cada manejo, las alturas promedio (cm), concentraciones de materia seca

(%) y densidad del forraje (kgMS/cm). En esta secuencia de trabajos, las siembras se realizaron en la primera semana de marzo, fertilizándose solamente con fósforo cuando el nivel en los 10 cm superiores del perfil del suelo era inferior a 7 ppm (Bray 1). A fines de marzo, en la primer semana de mayo y a mediados de julio se aplicaron 46 kg N/ha bajo la forma de urea.

Dentro de cada especie, entre manejos, tanto en otoño como en invierno los rendimientos de forraje fueron similares ($P>0.05$), sin embargo las medias estacionales de avena en otoño fueron superiores ($P<0.05$) a ambos materiales de raigrás, y en invierno la situación se invierte ya que los dos cultivos de raigrás superan ($P<0.05$) en rendimiento a la avena.

Considerando la información reportada en el cuadro 4, las características principales a resaltar son: a) la capacidad de producción otoñal y la precocidad en la entrega de mayor cantidad de forraje al primer pastoreo es superior en avena que en raigrás, por tanto, si se quiere priorizar producción de otoño y precocidad en la entrega de forraje al primer pastoreo, la especie a considerar debe ser avena; b) la capacidad de producción otoñal entre los dos materiales de raigrás, ciclo corto y largo fueron similares; c) en producción invernal, raigrás superó a la avena, razón por la cual, para incrementar producción invernal, debe priorizarse el uso de raigrás sobre avena, d) en promedio, la

Cuadro 4. Respuesta a la frecuencia de cortes aplicada en otoño e invierno en tres verdeos de invierno sembrados en directa entre el 1 y 7 de marzo. Respuestas promedio de tres años.

Especies	FD	Producción (kg MS/ha)		Nº cortes		Altura (cm)		MS (%)		Densidad (kg MS/cm)	
		O	I	O	I	O	I	O	I	O	I
Avena 1095 a	F	3150	2210	5	6	11	10	21	20	51	39
	A	3310	2510	3	3	18	18	20	18	55	41
	Dif (%)	5	12								
Raigrás E 284	F	2020	2690	5	7	8	11	22	16	58	38
	A	2290	3130	3	4	12	17	20	15	77	51
	Dif (%)	13	14								
Raigrás Titán	F	1930	2670	5	7	7	9	21	16	67	45
	A	2210	2945	3	4	9	13	19	14	73	62
	Dif (%)	13	10								

O = otoño (marzo+abril+mayo), I = invierno (junio+julio+agosto). FD= frecuencia de defoliación, A=aliviado, F=frecuente

producción invernal entre ambos materiales de raigrás fue similar, e) la respuesta productiva promedio de los tres verdeos estudiados frente a manejos de pastoreo frecuentes, que comprendieron entre cinco y siete cortes por estación, comparativamente con manejos de pastoreo aliviados, entre tres y cuatro cortes por estación, fue similar en los tres materiales, con diferencias en la producción de forraje a favor del manejo aliviado en torno de 5 a 14%; f) esto significa que, en promedio, verdeos bien establecidos y fertilizados, deprimen poco (5 a 14%) la capacidad de producción de forraje cuando se pastorean cada 15 a 20 días con respecto a una vez por mes.

Contrastando con lo comentado en el literal f, para un año en particular las diferencias entre manejos en invierno (junio, julio y agosto) se elevaron a valores del orden del 20 a 22% (cuadro 5). El manejo frecuente consistió en cortar cada 15 días mientras que el menos frecuente se cortaba cada 22 días. Debe tenerse en cuenta que cortes cada 15 o 22 días implican por sí mismos manejos de cortes muy frecuentes, que se traducen en menores áreas foliares por planta y consecuentemente un estrés energético importante. Los mayores rendimientos registrados con apenas siete días más de crecimiento, significativamente diferentes ($P < 0.05$) para las cuatro opciones estudiadas, implicaron prácticamente media tonelada más de materia seca disponible en invierno.

Las cuatro opciones de verdeos invernales presentaron una respuesta muy similar a la frecuencia de defoliación: aumentos en la frecuencia de pastoreo, de 22 a 15 días, que implican cuatro o seis cortes

durante invierno, deprimieron la producción de forraje promedio en 21%, equivalente a 532 kg MS/ha, cantidad de forraje suficiente para alimentar un bovino de 400 kg de peso vivo por 53 días en invierno.

Debe considerarse que los manejos muy frecuentes en otoño-invierno, deterioran menos la capacidad global de producción de forraje de los verdeos, comparativamente a las praderas permanentes. Esto quiere decir que ante situaciones limitantes de oferta de pasto, es preferible sobre-pastorear verdeos antes que a buenas praderas permanentes, especialmente las de segundo año, que son las de mayor potencial productivo dentro de una rotación forrajera.

Interesa resaltar que los ejemplos mostrados no consideran manejo del pastoreo continuo, son manejos rotativos con cortes muy frecuentes en verdeos bien establecidos y fertilizados. Lo esperable es que bajo pastoreo continuo, en situaciones donde se permite acumular baja cantidad de aparato foliar, las producciones de forraje sean menores.

9.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FORRAJE

En los cuadros 6 (gramíneas anuales) y 7 (trébol alejandrino) se muestran valores de calidad y composición mineral del forraje, promedio de varios experimentos comentados en este capítulo. Se indican las frecuencias de defoliación (FD) seguidas por el número de cortes realizado en cada estación. Adicionalmente se informan los rendimientos de forraje acumulados del total de cortes realizados por estación o período.

Cuadro 5. Respuesta (kg MS/ha) durante invierno a cortes cada 15 o 22 días de verdeos sembrados en directa.

Especies	MANEJO de CORTES		DIFERENCIA	
	Cada 15 días	Cada 22 días	kg MS/ha	%
Avena 1095 a	1820	2340	520	22
Raigrás E 284	2220	2770	550	20
Raigrás Titán	2010	2510	500	20
Avena + Raigrás Titán	2000	2560	560	22
Promedio	2012	2545	532	21

Cuadro 6. Producción de forraje, calidad y composición mineral de avena 1095a, raigrás Estanzuela 284 y raigrás INIA Titán con dos frecuencias de cortes (F=Frecuente A=Aliviado) en tres estaciones del año

Especie	FD	E	Producción kg MS/ha	g/kg											
				DMO	PC	FDA	FDN	C	P	Ca	Mg	K	Na	S	Cl
Avena 1095a	A-3	O	3002	701	227	421	587	225	2,93	6,10	2,00	38,3	1,68	2,69	4,25
	A-3	I	2343	743	200	476	594	251	3,73	6,70	2,00	43,9	1,74	2,48	5,33
	A-3	P1	1809	795	146	384	523	154	3,09	5,50	1,50	29,3	1,58	1,39	2,05
		P2	873	760	151	444	618	186	3,09	5,60	1,60	20,3	1,64	1,57	3,03
	A	P	2682	784	148	404	554	165	3,09	5,53	1,53	26,3	1,60	1,45	2,38
	F-5	O	2389	710	239	417	558	209	3,52	6,03	1,83	36,1	1,46	3,22	3,97
	F-6	I	1859	772	246	434	598	205	4,04	6,00	2,15	42,6	1,48	3,18	5,83
		P1	1122	798	187	359	536	155	3,35	6,00	1,70	32,3	1,15	2,02	2,97
	F-5	P2	1123	764	170	423	635	158	3,32	5,80	1,70	20,9	1,38	2,06	3,27
	F	P	2245	786	181	380	569	156	3,34	5,93	1,70	28,5	1,23	2,03	3,07
Raigrás 284	A-3	O	2286	705	220	453	540	230	3,31	8,40	2,30	44,5	1,49	3,00	3,90
	A-4	I	2671	750	214	471	637	213	4,26	6,10	2,35	45,2	1,21	3,16	4,88
		P1	1768	771	166	415	595	168	3,30	6,55	1,75	28,9	1,30	1,62	3,91
	A-4	P2	894	700	144	519	676	236	2,75	6,50	1,80	16,8	1,36	1,49	2,23
		A	P	2662	736	155	467	636	202	3,02	6,53	1,78	22,8	1,33	1,55
	F-5	O	1886	699	257	434	618	197	3,33	7,67	2,20	38,9	1,25	2,51	3,64
	F-7	I	2149	771	242	475	614	232	4,22	6,45	2,50	47,0	1,22	3,14	5,72
		P1	1027	781	199	417	582	186	3,48	6,43	1,80	32,2	1,15	2,06	3,00
	F-5	P2	1119	717	165	473	688	200	2,98	6,53	1,73	18,0	1,33	1,66	2,44
	F	P	2146	754	184	441	627	192	3,27	6,47	1,77	26,1	1,23	1,89	3,04
Raigrás Titán	A-3	O	1482	740	214	429	555	219	3,18	7,90	2,10	42,8	1,24	2,70	3,20
	A-4	I	2535	773	220	434	591	205	4,06	5,45	2,10	52,6	0,86	3,33	4,95
		P1	1956	779	158	420	562	172	3,14	5,15	1,65	38,8	0,87	1,51	3,35
	A-5	P2	1782	763	174	442	634	201	3,50	6,10	2,10	35,0	0,94	1,82	4,86
		A	P	3738	774	163	427	586	182	3,26	5,47	1,80	37,5	0,89	1,61
	F-5	O	1837	642	234	461	590	222	3,21	8,33	2,33	39,0	1,07	3,16	3,40
	F-7	I	2261	770	243	460	625	198	4,05	5,83	2,33	44,6	0,86	2,91	5,05
		P1	1174	796	191	386	562	159	3,35	5,30	1,75	38,5	0,82	2,17	3,66
	F-6	P2	1725	733	171	449	627	192	3,29	6,13	1,90	25,9	0,98	2,04	4,18
	F	P	2898	769	182	413	590	173	3,32	5,66	1,81	33,1	0,89	2,11	3,88

FD= frecuencia de defoliación, A= aliviado, F= frecuente, donde el número indica los cortes por estación. O=otoño, I=invierno, P1= primavera entre el 1/9 y 15/10, P2= primavera entre el 15/10 y 30/11, P= valores promedios de primavera.

Primavera se dividió en dos períodos de 45 días cada uno, P1 y P2 respectivamente. En trébol alejandrino se señalan en cada mes la fecha central o media de corte para los distintos experimentos involucrados.

Para las gramíneas en primavera se indican en rojo las composiciones medias, debiéndose tener en cuenta que frecuentemente entre la primer mitad y la segunda de primavera, en algunas especies pueden verificarse variaciones importantes explicadas principalmente por el pasaje a fase reproductiva.

Importa destacar que tanto el manejo denominado aliviado como el frecuente realizado a estas especies, representan en ge-

neral edades de rebrote bajas debido a la alta frecuencia de cortes aplicada en ambos.

En general las menores edades de rebrote implican material más nuevo que generalmente se traduce en mayor calidad del forraje. Sin embargo, debe tenerse presente que también cuando la defoliación es muy frecuente, muchas veces un número variable de meristemas «yemas» fracasan en desarrollar el órgano, generalmente consecuencia de carencias globales de energía u otras sustancias de crecimiento y el forraje puede enriquecerse en términos relativos en tallos, estructuras más ricas en fibra, consecuentemente la calidad del forraje puede

Cuadro 7. Producción de forraje, calidad y composición mineral de trébol alejandrino INIA Calipso, con dos frecuencias de cortes (F=Frecuente A=Aliviado) en tres estaciones del año.

Frecuencia Defoliación	Fecha central	E	Altura (cm)	Producción (kg MS/ha)	g/kg											
					DMO	PC	FDA	FDN	C	P	Ca	Mg	K	Na	S	Cl
A		O	-	804	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	22/6	I	23	2147	771	210	405	502	151	3.6	10.1	2.5	38.5	1.8	2.7	6.5
	28/7	I			746	231	336	478	129	3.2	12.5	2.5	32.2	2.0	2.5	3.6
	20/9	P	18	3117	702	220	364	513	164	3.1	15.1	2.9	41.2	2.6	2.1	4.3
	12/10	P			720	207	444	548	204	2.8	13.0	2.7	30.1	2.1	2.5	3.8
	21/11	P			650	157	478	591	205	2.4	14.4	2.7	21.0	1.6	1.8	2.9
	O				848	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F	22/6	I	14	1398	752	194	406	605	145	3.4	10.2	2.5	41.1	2.0	2.6	6.3
	14/7	I			753	234	433	534	190	4.0	11.6	3.1	37.9	2.0	3.1	7.6
	6/9	P			15	2561	722	196	482	534	280	2.6	12.3	2.7	23.0	1.9
	20/9	P	703	200			462	532	323	2.8	10.9	2.8	22.8	1.7	2.3	2.4
	12/10	P	658	196			440	537	252	2.8	12.4	2.8	28.3	2.0	2.2	2.5
	17/11	P	637	163			529	644	280	2.3	14.7	2.9	22.7	1.8	2.0	2.3

llegar a ser menor que la esperada. Cuando se estudian en detalle los datos de los cuadros, surgen situaciones que encuadran con lo comentado previamente.

9.5 CONSIDERACIONES FINALES

- La capacidad de producción otoñal y la precocidad en la entrega de mayor cantidad de forraje al primer pastoreo es superior en avena que en raigrás; en tanto la producción invernal se potencia con el uso de raigrás.
- El manejo aliviado en avena en varias situaciones determinó aumentos importantes en la producción de forraje de otoño e invierno (pudiendo llegar a un 20%), por lo que parece razonable sugerir la aplicación de un esquema de este tipo, cada 30 días, en sustitución de otros con utilidades más frecuentes.
- La sugerencia de una utilización por mes en este tipo de verdeo implica una frecuencia bastante alta de utilidades que debería permitir solucionar razonablemente en la práctica, dentro de cualquier sistema intensivo de producción, eventuales problemas de pastoreos.
- En raigrás se produjo una disminución promedio del 10 al 15% en la producción de forraje, por el manejo frecuente comparado con el aliviado.
- Con raigrás en otoño o invierno pueden ocurrir en algunas situaciones disminuciones productivas originadas por el manejo más frecuente del orden de 18 a 20%, consecuentemente caben las mismas sugerencias que las realizadas para avena.
- En ambos materiales de raigrás, el manejo aliviado en otoño más invierno implicó un mínimo de cinco cortes, lo que significa utilidades cada 30 a 35 días si no se toma en cuenta el período inmediato a la siembra.
- Entre los dos materiales de raigrás se verificaron producciones de forraje similares en otoño e invierno, en primavera sobresale netamente por mayor producción el raigrás de ciclo largo INIA Titán.
- Trébol alejandrino presentó capacidad de crecimiento en otoño e invierno inferior a los de las gramíneas anuales.
- En trébol alejandrino el número de cortes por estación aplicado fue inferior al de los otros verdeos, demostrando tanto en invierno como en primavera, diferencias importantes entre las dos frecuencias de cortes aplicadas. Los esquemas

frecuentes determinaron mermas de rendimientos del orden de 30 a 37%, denotando ser una especie más sensible a éstos que las gramíneas anuales estudiadas.

- En las cuatro forrajeras evaluadas, en general, los manejos aliviados de cortes incrementaron las densidades del forraje en el tapiz, aunque se reducen las concentraciones de DMO y PC del forraje.

9.6 COMENTARIOS FINALES

Dentro de los sistemas productivos, cuando se prioriza producción de otoño la especie más indicada a considerar es avena, mientras que si se desea potenciar la producción invernal, raigrás es el material de mayor potencial. Debe tenerse presente que si se opta por la siembra de raigrás, éstos presentan menor tasa de crecimiento inicial y consecuentemente tienen menor precocidad que avena, aspecto a considerar para evitar el sobre-pastoreo de otoño de praderas de media a larga duración. Frecuentemente la mejor opción debería considerar la siembra armónica de áreas de avena, que deberían ser superiores a las de raigrás.

Ya fue comentado en esta publicación, que la siembra conjunta de avena + raigrás, sembrados en líneas alternas, en sistemas intensivos, con alta carga y condiciones húmedas de ambiente, la avena aventaja sustancialmente en precocidad a raigrás,

atributo que implica pastorear la misma cuando el raigrás aún es muy pequeño. Esta diferencia normalmente determina una pérdida importante de plantas de raigrás por pisoteo, que se traduce en producciones de invierno y primavera inferiores a las esperadas. Por tanto se sugiere la siembra de cada verdeo en forma pura y equilibrar las áreas de los mismos de acuerdo a las necesidades particulares de cada sistema de producción.

Las depresiones medias de producción en otoño e invierno originadas por el manejo frecuente frente al aliviado en avena y/o raigrás, permite sugerir que en general con esquemas de utilización cada 30 días en estas gramíneas sembradas temprano, con buena población y fertilización especialmente nitrogenada, posibilitan realizar un buen número de utilidades, una por mes, con depresiones productivas consecuencia de este manejo relativamente bajas. Ya fue comentado que eventualmente hay excepciones que se registran, donde la magnitud de las depresiones puede elevarse.

Deberían evitarse los efectos negativos que originan los pastoreos frecuentes o sobre-pastoreos en praderas más productivas con objetivos de duración de mediano y largo plazo, priorizando el buen manejo de la frecuencia de pastoreo frente a crisis forrajeras en estas praderas y castigar a los verdeos, o acudir a estrategias de suplementación o racionalización de la carga animal del sistema.

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 festucales, 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.

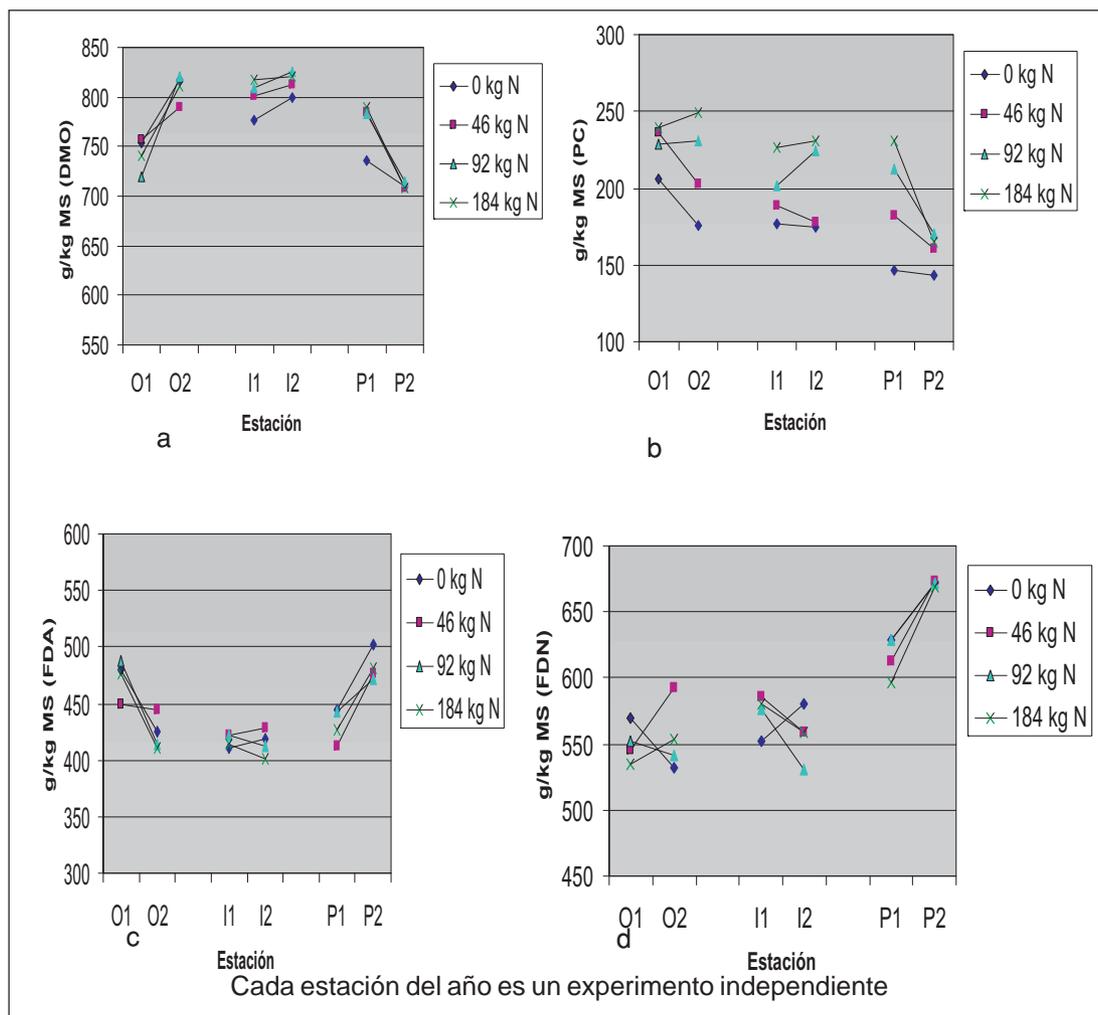


Figura 3. Avena 1095 a. Evolución temporal de la concentración de la digestibilidad de la materia orgánica (DMO); proteína cruda (PC); fibra insoluble en detergente ácido (FDA) y fibra insoluble en detergente neutro (FDN) en respuesta a cuatro niveles de nitrógeno aplicados en forma independiente en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

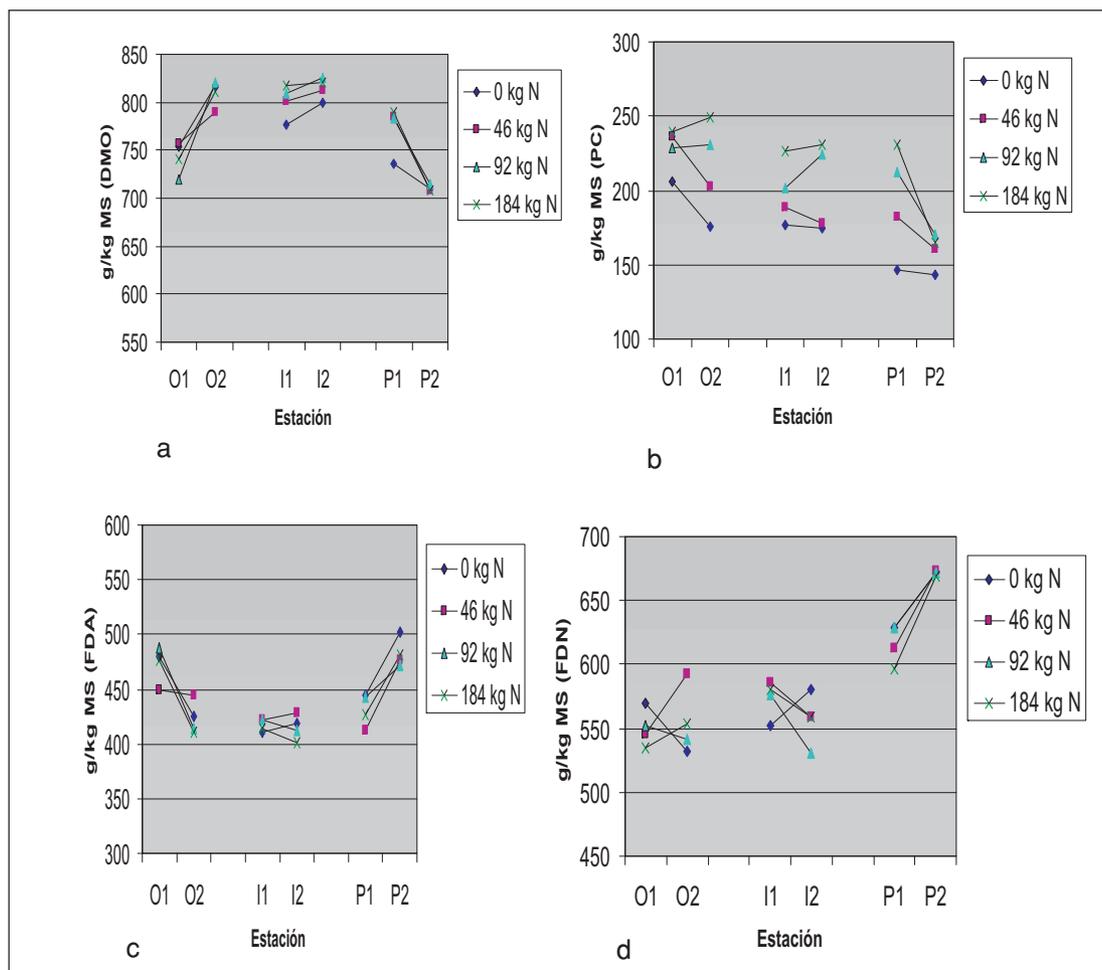


Figura 5. Raigrás E 284, evolución temporal de la concentración de la digestibilidad de la materia orgánica (DMO), proteína cruda (PC); fibra insoluble en detergente ácido (FDA) y fibra insoluble en detergente neutro (FDN) en respuesta a cuatro niveles de nitrógeno aplicados independientemente en otoño,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

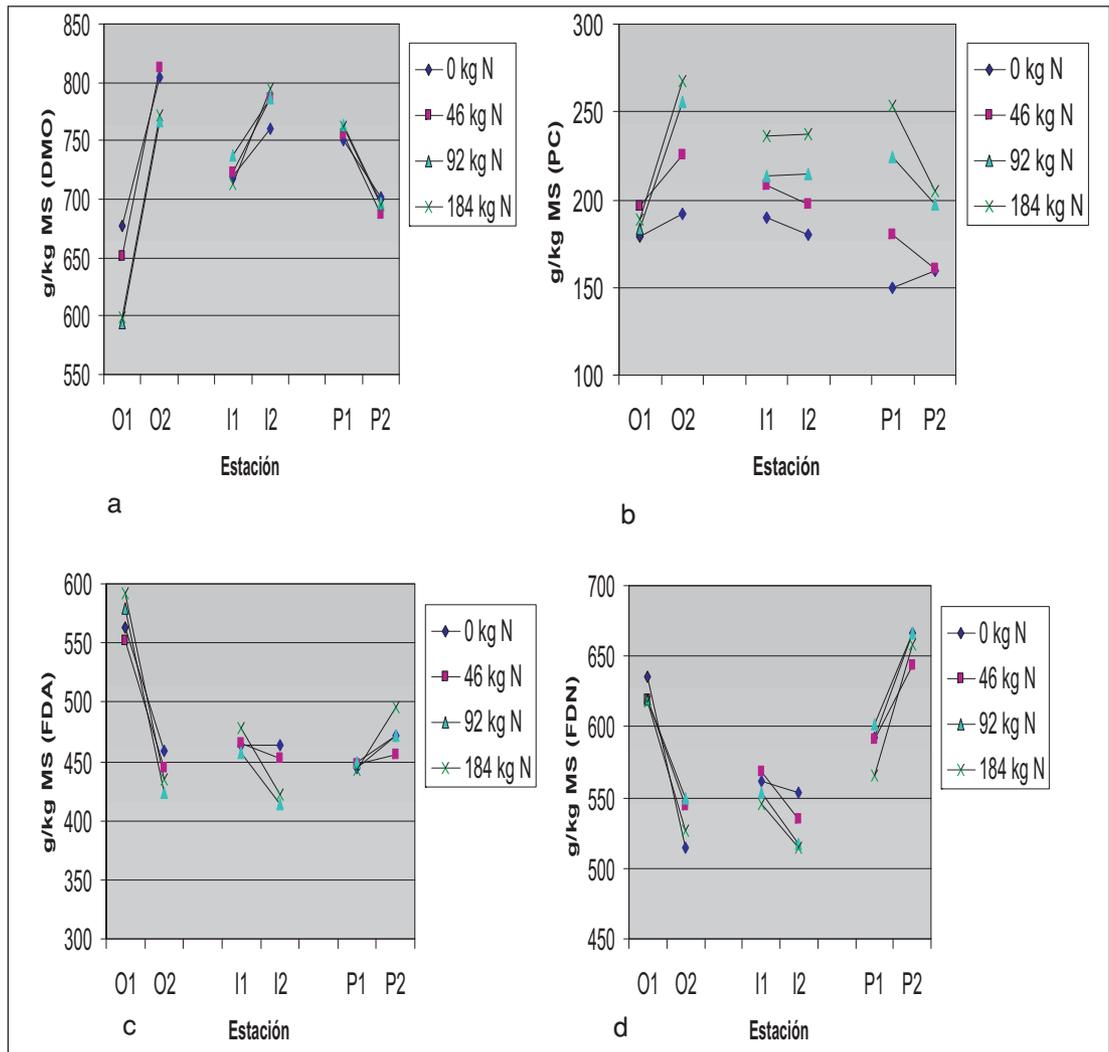


Figura 7. Raigrás INIA Titán. Evolución temporal de la concentración de la digestibilidad de la materia orgánica (DMO), proteína cruda (PC); fibra insoluble en detergente ácido (FDA) y fibra insoluble en detergente neutro (FDN) en respuesta a cuatro niveles de nitrógeno aplicados independientemente en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

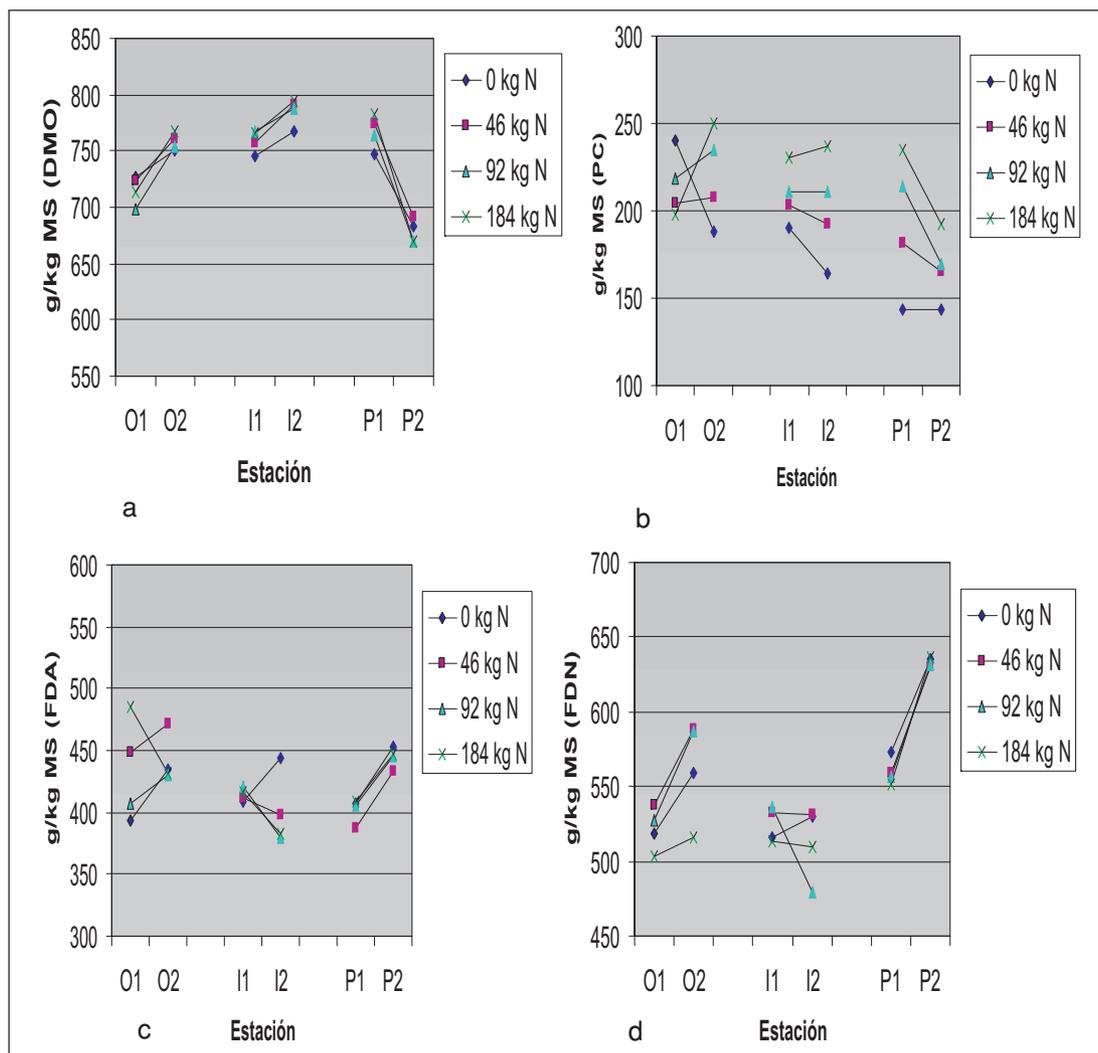


Figura 8 (a-d). Avena 1095 a + raigrás Titán. Evolución temporal de la concentración de la digestibilidad de la materia orgánica (DMO); proteína cruda (PC); fibra insoluble en detergente ácido (FDA) y fibra insoluble en detergente neutro (FDN) en respuesta a cuatro niveles de nitrógeno aplicados independientemente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

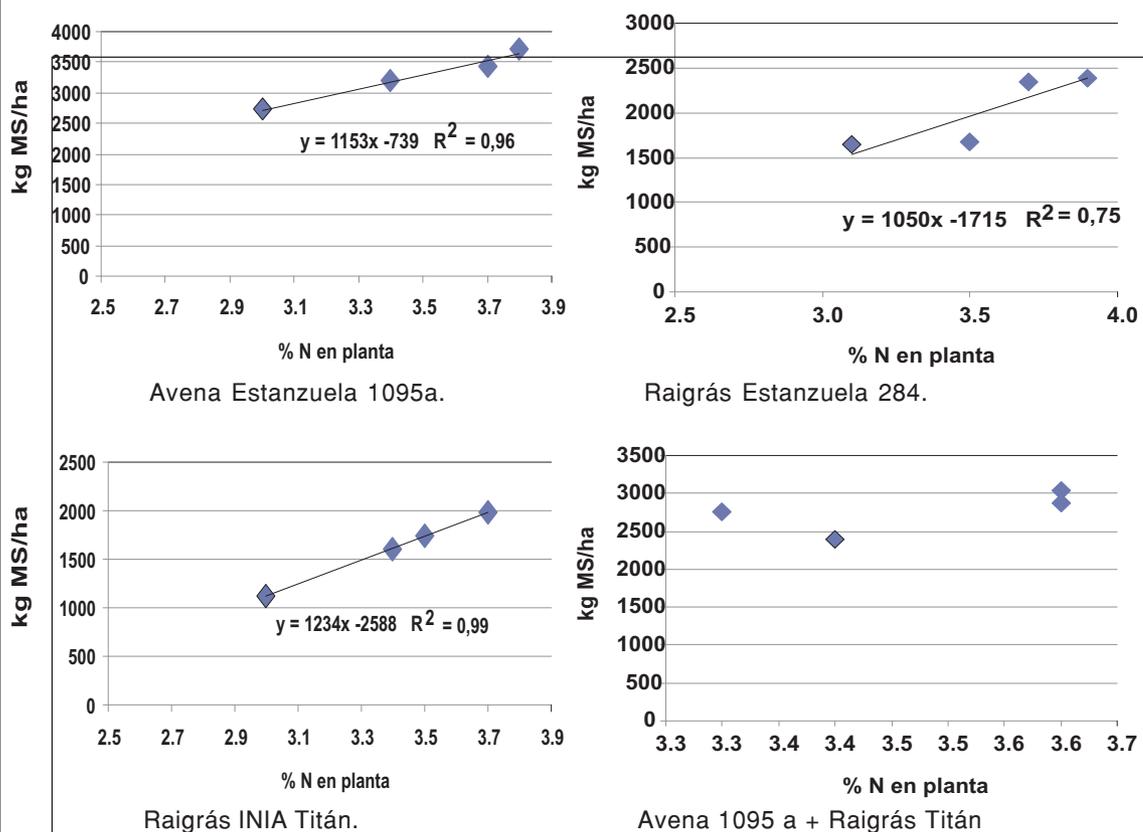


Figura 9. Otoño, relación entre el porcentaje de nitrógeno en el forraje y los rendimientos de cuatro verdes de invierno.

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%.

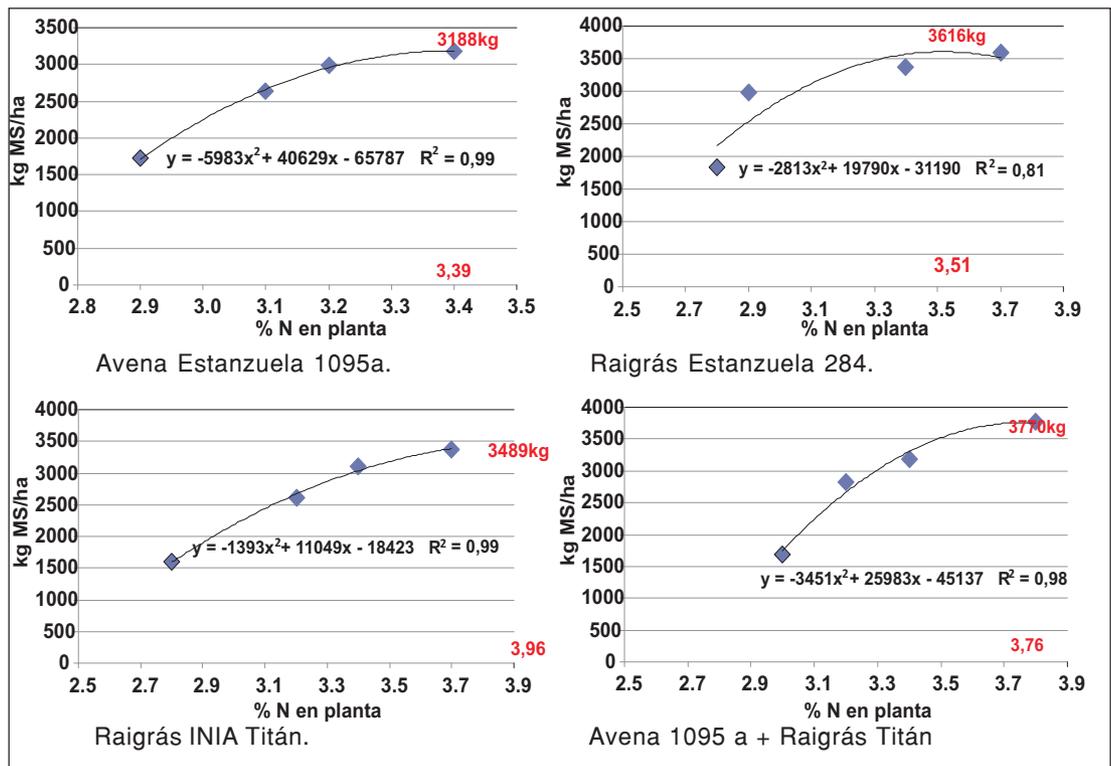


Figura 10. Invierno, relación entre el porcentaje de nitrógeno en el forraje y los rendimientos de cuatro verdeos de invierno.

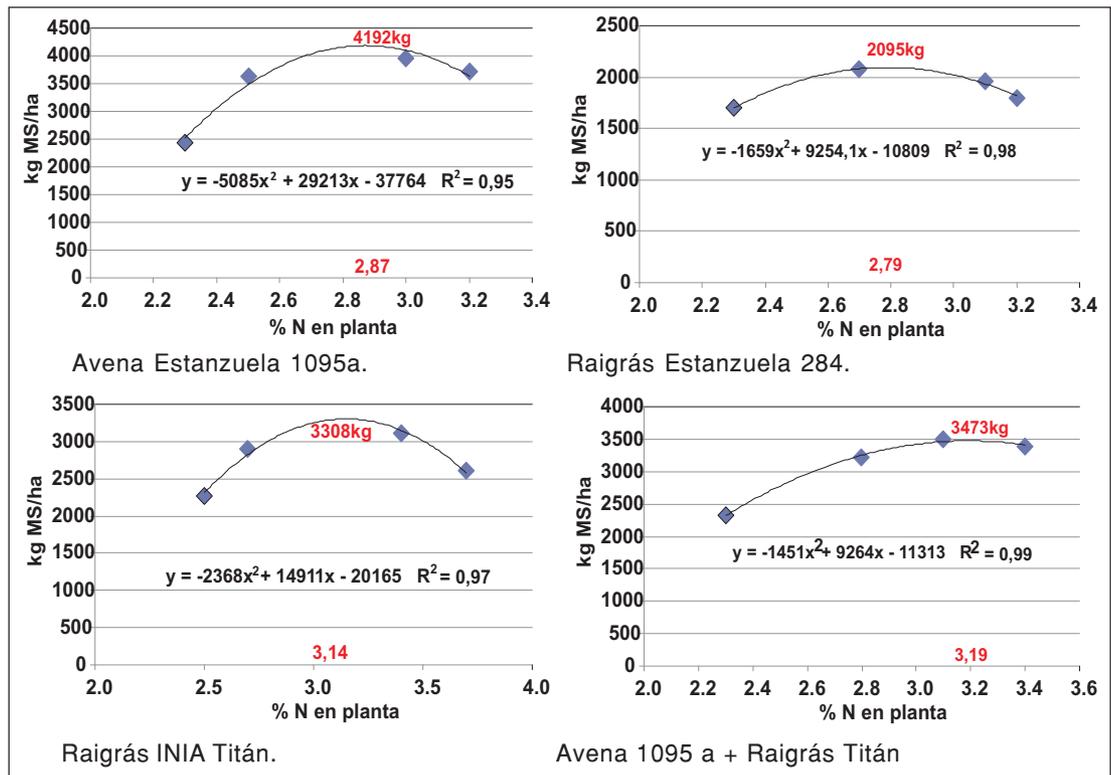


Figura 11. Primavera, relación entre el porcentaje de nitrógeno en el forraje y los rendimientos de cuatro verdeos de invierno.

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 verdeos 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 defolian muy frecuentemente, donde generalmente predomina *Lotus corniculatus* especie frecuentemente usada por no producir meteorismo, originando a raíz del manejo incorrecto de defoliación mermas

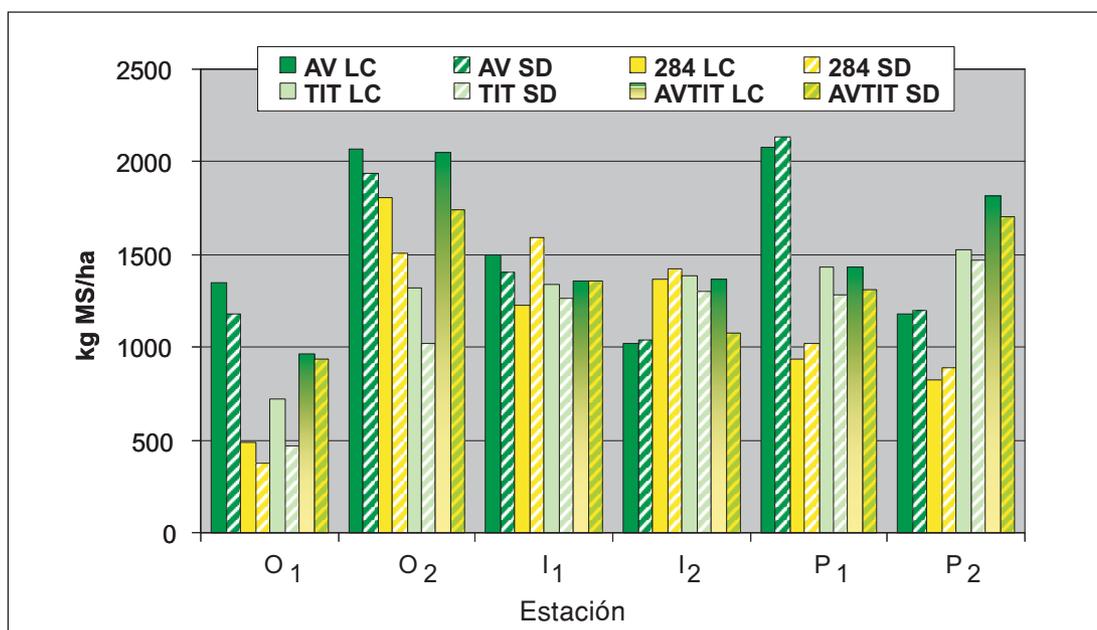


Figura 12. Rendimientos de materia seca de verdeos de invierno, media de dosis de nitrógeno para Otoño (O), Invierno (I) y Primavera (P) separando cada estación en dos períodos de 45 días.

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.

11. RENDIMIENTOS ESTACIONALES DE FORRAJE DE VERDEOS DE INVIERNO Y OTRAS OPCIONES FORRAJERAS

11.1 INTRODUCCIÓN

La inclusión de verdeos de invierno en una rotación forrajera, además de incrementar las ofertas de forraje durante otoño e invierno si los mismos son sembrados temprano y fertilizados adecuadamente, son necesarios para disminuir el potencial patogénico de los suelos, especialmente el complejo de hongos que infestan principalmente raíces de leguminosas forrajeras y también para limpiar las chacras de malezas de hoja ancha y gramilla.

En determinados períodos de otoño e invierno, además de los verdeos hay opciones forrajeras perennes que producen rendimientos de forraje altos. Las alternativas perennes presentan la gran ventaja de no depender tanto, especialmente de las condiciones hídricas, tanto falta como exceso de las mismas, que pueden dificultar la siembra e instalación de los verdeos. En este sentido, las especies perennes ofrecen un nivel de seguridad de oferta forrajera muy superior a las anuales, pese a que también dependen de las condiciones hídricas de los suelos. Entre las especies perennes, fue resaltado por Formoso (2011), que muchas mezclas de leguminosas producen más forraje que las especies sembradas puras y que las capacidades de producción durante otoño e invierno de la mayoría de las especies templadas y especialmente las leguminosas, aunque con diferencias importantes entre especies y/o cultivares dentro de las mismas, son altamente dependientes del manejo de defoliación, frecuencia, intensidad y duración realizado durante fines de primavera y verano, es decir durante etapas de altas temperaturas. Es esperable que el mal manejo del pastoreo en períodos cálidos, puede condicionar completamente el potencial productivo otoño-invernal de algunas especies, Formoso, (1980; 2008b; 2011).

También se ha verificado que la siembra de verdeos de invierno utilizando siembra directa, laboreo convencional o mínimo laboreo del suelo, puede generar diferencias productivas importantes principalmente durante otoño, derivadas del método de siembra seleccionado (Formoso, 2005). El hecho que la aplicación de una opción de siembra determine menor precocidad y/o rendimientos de forraje en períodos críticos de producción, puede inducir dentro de una rotación a la realización de sobre-pastoreos durante los mismos en praderas permanentes, estrategia que origina depresiones más importantes en la capacidad de producción y oferta de forraje como resultado del mal manejo, consecuentemente, el déficit de forraje se intensifica en etapas de baja disponibilidad.

Los comentarios previos ofician como marco de referencia para la realización de experimentos que incluyeron verdeos de invierno dentro de los cuales se seleccionaron avena y raigrás y mezclas forrajeras sembrados sistemáticamente durante tres años consecutivos en condiciones comparables, utilizando repeticiones en el espacio y el tiempo. El objetivo consistió en determinar las capacidades productivas de opciones perennes comparativamente con los verdeos de invierno, información que tanto a asesores técnicos como a empresarios les posibilita priorizar, en función de los rendimientos de forraje, la toma de decisiones.

11.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

Los verdeos de invierno utilizados fueron avena Estanzuela 1095 a sembrada a 100 kg/ha, raigrás Estanzuela 284 de floración temprana y ciclo corto, sembrado a 12 kg/ha y raigrás INIA Titán, cultivar de floración tardía y ciclo largo, sembrado a

20 kg/ha. Las siembras de los verdeos se realizaron siempre en la primera semana de marzo, en siembra directa (SD) y con mínimo laboreo del suelo (ML) consistente en dos pasadas de disquera pesada con un ángulo de 45° entre ellas. Las especies perennes fueron sembradas en directa en la segunda o tercera semana de marzo según los años. Todas las especies fueron sembradas en líneas, mediante una sembradora provista de abresurco monodisco angulado, (J. Deere modelo 750). Las especies bianuales y perennes fueron sembradas con densidades de siembra de: trébol rojo Estanduela 116 (12 kg/ha); trébol blanco Estanduela Zapicán (2 kg/ha) + trébol rojo Estanduela 116 (10 kg/ha); *Lotus corniculatus* INIA Draco (12 kg/ha); trébol blanco Estanduela Zapicán (2 kg/ha) + lotus INIA Draco (10 kg/ha); alfalfa Estanduela Chaná (12 kg/ha); trébol blanco Estanduela Zapicán (1kg/ha) + lotus INIA Draco (6 kg/ha) + alfalfa Estanduela Chaná (10 kg/ha); festuca Estanduela Tacuabé (6 kg/ha) + trébol blanco Estanduela Zapicán (2 kg/ha) + lotus INIA Draco (10 kg/ha); festuca Estanduela Tacuabé (6 kg/ha) + trébol blanco Estanduela Zapicán (2 kg/ha) + alfalfa Estanduela Chaná (10 kg/ha); dactylis INIA Oberón (6 kg/ha) + trébol blanco Estanduela Zapicán (2 kg/ha) + Lotus INIA Draco (10 kg/ha); dactylis INIA Oberón (6 kg/ha) + trébol blanco Estanduela Zapicán (2 kg/ha) + alfalfa Estanduela Chaná (10 kg/ha). En las mezclas con gramíneas perennes, estas fueron sembradas en líneas a 38 cm, intercaladas en surcos diferentes con la mezcla de leguminosas, también a 38 cm. En la información que se presenta, las mezclas de festuca o dactylis con trébol blanco + lotus, o trébol blanco + alfalfa, fueron promediadas y se representan como gramínea perenne (GP). Los verdeos de invierno, a la emergencia fueron fertilizados con 23 kg N/ha bajo la forma de urea, el 15/4, 1/6, 15/7, 1/9 y 15/10 también se fertilizaron con la misma cantidad de nitrógeno. Todas las opciones se sembraron durante tres años con el objetivo de disponer simultáneamente de pasturas de primer, segundo y tercer año. Los tratamientos fueron dispuestos en bloques al azar con tres repeticiones en el espacio y tres en el tiempo. El lugar experi-

mental estaba sembrado con festuca de tercer año y en cada año que correspondía sembrar, la misma se eliminaba mediante 5 l/ha de glifosato aplicado a mediados de diciembre, repitiéndose la aplicación en febrero. Las semillas siempre fueron curadas con fungicida previo a las siembras. Cada opción forrajera comprendía ocho surcos a 19 cm de separación entre ellos por 7 m de longitud. El suelo correspondió a un Brunosol eútrico perteneciente a la serie Ecilda Paullier-Las Brujas. No se fertilizó con fósforo puesto que los niveles determinados pre-siembra (Bray 1) variaron entre 9 y 13 ppm. Los cortes se realizaron dejando una altura de rastrojo de 4 cm. En los verdeos la frecuencia de cortes se ubicó entre 30 y 45 días, en las restantes opciones forrajeras se realizaron cada 45 días, un primer corte al inicio de cada estación (1/3, 1/6, 1/9 y 1/12) y el segundo a mitad de la misma (15/4, 15/7, 15/10 y 15/1).

11.3 RESULTADOS

La estrategia de sembrar durante tres años aplicando siempre la misma metodología posibilita disminuir errores y evaluar con mayor precisión los denominados efectos año entre diferentes opciones forrajeras. En esta secuencia no se verificaron problemas de establecimiento con los dos cultivares de raigrás a consecuencia de siembras tempranas y ocurrencia de altas temperaturas durante la etapa de emergencia que determinarían la muerte de las plántulas por deshidratación, eventos que ya fueron mostrados en otros trabajos de esta publicación. Se resalta este aspecto porque productivamente las siembras tempranas de marzo representan un riesgo importante de perder los verdeos de raigrás por desecación.

Dentro de cada estación del año, los rendimientos se midieron en períodos de 45 días puesto que los trabajos de manejo de especies y mezclas forrajeras (Formoso, 2010) indican que en general esta frecuencia posibilita el registro de los mayores rendimientos de forraje en la mayoría de las opciones forrajeras estudiadas, sin deprimir excesivamente la calidad del forraje debido a perío-

dos de rebrote excesivamente prolongados. Adicionalmente para realizar presupuestación forrajera, constituye un intervalo que posibilita ajustar mejor las producciones estacionales. En el cuadro 1 se muestran los rendimientos obtenidos dentro de cada opción, promedio de los tres años evaluados.

Otoño

En los verdes de invierno durante otoño se generaron diferencias productivas a favor del ML comparativamente con la SD y a partir del inicio del invierno en adelante los rendimientos fueron semejantes entre ambas opciones de siembra. Dentro de las gramíneas anuales, avena se destaca netamente como la especie más precoz, especialmente en los primeros 45 días del otoño (O1), donde los rendimientos de forraje de ambos cultivares de raigrás son muy bajos, consecuencia de la menor capacidad de crecimiento inicial que tienen. Estos, en el segundo período de otoño (O2) aumentaron sustancialmente su producción, aunque no logran superar a la avena (cuadro 1).

Los rendimientos de otoño (O1+O2) de las leguminosas y mezclas forrajeras en el año de siembra fueron muy bajos. Existen alternativas bianuales y perennes que en O1 registraron rendimientos similares al verdeo de mayor producción. Entre ellos se destaca la AA de tercer año y con producciones ubicadas entre el 70 y 90% del rendimiento máximo se encuentran la siembra pura de TR y la mezcla de TR+ TB en su segundo año, así como la mezcla integrada por tres leguminosas, TB+LC+AA en su segundo y tercer año.

En el segundo período de 45 días de otoño (O2), la opción que presentó los rendimientos superiores fue la mezcla de TB+LC+AA en su segundo año y con rendimientos destacados entre 90 y 70% del máximo está la misma asociación en su tercer año y además avena, tanto sembrada en ML como en SD.

La posibilidad que pasturas bianuales y perennes tengan rendimientos similares en otoño en su segundo y/o tercer año, al ver-

deo de mayor producción otoñal, avena, constituye un atributo muy resaltante a tener en cuenta dentro de las rotaciones. Debería considerarse de priorizar un buen manejo del pastoreo de las mismas con el objetivo de elevar el nivel de seguridad que significa el disponer de adecuadas cantidades de forraje en etapas donde la realización o no de un buen establecimiento de avena o cualquier pastura anual dependen del clima y no del hombre. La importancia de este aspecto radica en que las opciones perennes son menos dependientes de las precipitaciones, especialmente las opciones que incluyen AA (Formoso, 2011), comparativamente con la siembra de verdes. En este sentido si el clima es excesivamente llovedor no se pueden realizar las siembras de las especies anuales, especialmente aquellas con LC o ML y si viene muy seco, puede dificultarse la siembra, sobre todo en SD por la resistencia que el suelo ofrece al trabajo que deben realizar los abresurcos. Además, si se siembra y no hay humedad suficiente en el horizonte de siembra las semillas no germinan, pese a que avena es el verdeo que logra germinar con menores tenores de humedad en el suelo. Por los comentarios previos las alternativas bianuales y perennes, con énfasis especial en las opciones que incluyen AA, otorgan mayor seguridad, menores riesgos productivos dentro de las rotaciones forrajeras en el sentido de ofrecer las cantidades de forraje programadas principalmente en otoño. Por estas causas es que se insiste en el buen manejo estival del pastoreo de estas alternativas (Formoso, 2011) con el objetivo de no deprimir el potencial otoño-invernal de forraje de las mismas y además dotar a las rotaciones de mezclas y especies que disminuyan los riesgos de crisis forrajeras de origen ambiental, sequías y/o fríos intensos.

Considerando los 90 días de otoño, las opciones destacadas por sus rendimientos de forraje de mayor a menor fueron: TB+LC+AA de segundo año (3960 kgMS/ha), avena en ML (3630 kg), TB+LC+AA de tercer año (3260 kg), AA de tercer año (3210 kg) y avena en SD (3200 kg).

Cuadro 1. Rendimientos de forraje de verdeos de invierno sembrados en directa (SD) y con mínimo laboreo del suelo (ML), de leguminosas puras en SD, mezclas de dos y tres leguminosas en SD y de dos mezclas con gramínea perenne también sembradas en SD. Datos promedio de siembras realizadas durante tres años.

	O 1	O 2	I 1	I 2	P 1	P 2	V 1	V 2	Total
Avena-ML	1500	2130	1550	1180	2440	1290	-	-	10090
Avena- SD	1140	2060	1520	1120	2270	1360	-	-	9470
Rg.284- ML	490	1860	1660	1710	1040	850	-	-	7610
Rg.284-SD	310	1360	1630	1640	1170	900	-	-	7010
Rg.Titán- ML	340	1290	1330	1560	1540	1770	-	-	7830
Rg.Titán-SD	220	1080	1320	1400	1440	1450	-	-	6910
TR-1	-	310	380	590	980	2610	2440	1760	9070
TR-2	1210	1330	890	670	2050	1320	1450	620	9540
TR-3	1010	390	-	-	-	-	-	-	-
TR+TB-1	-	630	770	1100	1300	2870	1760	1270	9700
TR+TB-2	1200	1310	1340	1810	1990	2530	2360	2070	11070
TR+TB-3	1110	590	1210	1160	1570	1360	740	360	8100
LC-1	-	210	220	440	680	1960	1780	860	6150
LC-2	660	920	480	740	1740	1530	1130	1040	8240
LC-3	510	820	430	250	1130	1450	770	880	6240
LC+TB -1	-	260	280	560	950	2800	1530	740	7120
LC+TB -2	790	1100	510	730	1650	1400	1270	1010	8460
LC+TB -3	750	1210	460	270	1200	1540	1300	1290	8020
AA-1	-	190	290	530	690	1740	2270	1580	7290
AA-2	1140	1450	700	800	1610	2310	1670	1540	11220
AA-3	1660	1550	1140	1010	1970	2840	1230	1490	12890
TB+LC+AA-1	-	240	270	310	670	1940	1810	2930	8170
TB+LC+AA-2	1290	2670	1490	1130	910	420	2060	1630	11600
TB+LC+AA-3	1330	1930	1960	770	840	760	1740	2790	12120
GP+TB+LC-1	-	-	170	220	650	1480	1660	2820	7000
GP+TB+LC-2	650	1380	1190	1310	1160	740	1470	1360	9260
GP+TB+LC-3	730	1460	2120	610	560	790	1190	2020	9480
GP+TB+AA-1	-	-	140	240	250	1430	2310	2750	7120
GP+TB+AA-2	760	1830	1390	1510	1340	750	1560	1820	10960
GP+TB+AA-3	1080	1700	2150	1070	930	830	1380	2620	11760
MDS 5%	246	334	158	159	188	201	227	224	978

En azul se resaltan rendimientos entre el máximo y 90% del mismo, en rojo entre el 90 y 70% del máximo. O=otoño, I=invierno, P=primavera, V=verano, 1 y 2 = primeros y segundos 45 días de cada estación. TR=trébol rojo, TB= trébol blanco, LC=*Lotus corniculatus*, AA= alfalfa, GP=gramínea perenne. 1-2 y 3 en cada opción forrajera significa, año 1, 2 y 3 respectivamente

Invierno

En los primeros 45 días del invierno (I1), las alternativas con rendimientos de forraje entre el máximo y 90% de este no fueron precisamente los verdeos de invierno, sino opciones perennes, entre ellas: GP+TB+AA,

GP+TB+LC y TB+LC+AA, todas en su tercer año. Con excepción de LC, especie que en su tercer año realiza bajos aportes de rendimiento de forraje invernal, los restantes componentes de las mezclas realizaron aportes similares entre ellos exceptuando el TB que se destacó por sus contribuciones

superiores. En un escalón inferior de rendimientos se ubican avena y raigrás Estanduela 284 sembrados tanto en SD como con ML del suelo.

Durante el segundo período de 45 días de invierno (I2) los rendimientos de forraje superiores correspondieron a la mezcla TR+TB en su segundo año, con aportes invernales importantes del TB Estanduela Zapicán (48%) localizado en el estrato inferior del tapiz, seguido por el raigrás de floración temprana, Estanduela 284 tanto en SD como con ML de suelo. Con producciones entre 70 y 90% del rendimiento máximo se posicionaron el raigrás INIA Titán dentro de los verdes y las asociaciones compuestas por GP+TB+AA y GP+TB+LC ambas de segundo año. En la mezcla que integra LC los aportes invernales del TB fueron del orden del 53%, mientras que en la asociación con AA, especie con mayor capacidad de producción invernal que LC, las contribuciones del TB fueron de 31%.

Los rendimientos de forraje superiores de 3000 kg o más producidos en todo el invierno correspondieron a las siguientes opciones: raigrás Estanduela 284 en ML (3370 kg MS/ha), en SD (3270 kg), GP+TB+AA de tercer año (3220 kg), TR+TB de segundo año (3150 kg). Con producciones invernales ubicadas entre 2700 y 3000 kg MS/ha se ordenan de mayor a menor las siguientes opciones: AA de tercer año (2900 kg), raigrás INIA Titán en ML (2890 kg), avena en ML, TB+LC+AA y GP+TB+LC de tercer año produjeron 2730 kg, Titán en SD (2720 kg) y avena en SD (2640 kg). Nuevamente se verifica la existencia de opciones perennes de segundo y tercer año de edad con buenos rendimientos de forraje invernales donde frecuentemente interviene AA o TR. En esta estación el raigrás de floración temprana, Estanduela 284 generalmente se destaca como una alternativa capaz de generar los mayores rendimientos de forraje si el suministro de nitrógeno no es limitante.

Dentro de las alternativas perennes, la asociación TR+TB sobresale por presentar en el año de siembra los rendimientos de forraje superiores ya a partir del segundo período de otoño, destacándose además netamente en invierno y primavera del pri-

mer año. El hecho de mezclar TR con TB, origina entre estas dos especies de morfologías muy diferentes, un mejor aprovechamiento integral del ambiente, que se traduce en rendimientos superiores de la asociación, comparativamente con el de las especies sembradas puras (Formoso, 2011). En la situación particular de TR en siembra pura, este persistió hasta otoño del tercer año, puesto que la infestación de sus raíces durante fines de primavera, verano y otoño con *Fusarium* sp. termina matando la mayoría de la población. El hecho de adicionar TB al TR posibilita convertir la pastura en una alternativa a tres años (cuadro 1), que además esta asociación tiene mayor potencial de producción de forraje y los problemas del TR con el *Fusarium* del suelo disminuyen, consecuentemente se llega con mayor población de TR hasta el final del tercer año, el cual contribuye con sus aportes en mayor magnitud a los rendimientos de forraje de la mezcla.

Primavera

Primavera constituye la estación del año donde las condiciones ambientales favorables para el crecimiento de las especies templadas determinan las mayores producciones de forraje a lo largo del año, excepto ocurran deficiencias hídricas importantes. Estas mayores producciones en los predios, en general originan que el problema principal durante esta estación del año sea el uso y conversión eficiente en producto animal de los excesos forrajeros producidos. Sin embargo es frecuente considerar el primer tercio de la primavera, especialmente el mes de setiembre, como un período crítico de forraje para los animales. En predios con esquemas forrajeros equilibrados con la carga animal que manejan, setiembre no debería ser problema. En situaciones con bajo porcentaje de mejoramientos en relación a la carga animal existente, donde el ganado entra debilitado a la primavera, la calidad y succulencia de los rebrotes de setiembre pueden originar diarreas y desbalances nutricionales que terminan deteriorando aún más el estado de los animales.

Cuando se realizan siembras tempranas en marzo, avena Estanzuela 1095 a alarga sus entrenudos en los primeros 45 días de primavera, generando los mayores rendimientos de forraje (cuadro 1). En esta etapa los rendimientos de raigrás Estanzuela 284 sembrado temprano, disminuyen debido a que un porcentaje importante de macollas que alargaron sus entrenudos al final del invierno-inicio de primavera fueron cortadas, razón por la cual la velocidad de rebrote disminuye. En contraposición, el raigrás de ciclo largo y floración más tardía, INIA Titán, en esta etapa desarrolla las mayores tasas de crecimiento, superando netamente al Estanzuela 284. Con respecto a las restantes alternativas, TR, TR+TB y LC, las tres opciones en su segundo año de edad se destacan por presentar producciones altas, al igual que AA de tercer año (cuadro 1). Los rendimientos ubicados entre el máximo y 90% de este en la segunda mitad de la primavera correspondieron a las siguientes opciones: TB+TR de primer año (2 870 kg MS/ha), AA de tercer año (2840 kg), LC+TB de primer año (2800 kg) y TR también de primer año con 2610 kg TR+TB (2530 kg) y AA (2310 kg), ambas opciones en su segundo año también fueron alternativas destacadas.

Verano

Verano constituye otra estación del año considerada para especies templadas como muy crítica, independientemente de que exista adecuada disponibilidad de agua o carencia de la misma en el suelo, aunque los efectos de la conjunción de déficit hídricos más altas temperaturas son menos tolerados por estas especies que las situaciones de excesos hídricos. El problema principal para las forrajeras templadas usadas en el país durante el período estival son las altas temperaturas, ya que pueden generar balances energéticos escasamente positivos, próximos a 0 o negativos dentro de la planta, es decir, tienen mayor consumo de energía por respiración, que la fijada por fotosíntesis. Este desbalance se origina a consecuencia que las tasas respiratorias incrementan en una magnitud muy superior frente a aumen-

tos térmicos que la fijación de energía por fotosíntesis. La especie que constituye una excepción a este problema es la AA, que se caracteriza por presentar muy alta tolerancia al calor y además controla muy eficientemente la apertura y cierre de estomas en función de la intensidad y ángulo de los rayos solares. Este atributo le posibilita ser muy eficiente en el control de las pérdidas del agua interna de la planta hacia el ambiente (transpiración).

Los rendimientos de forraje estivales son altamente dependientes de las precipitaciones y disponibilidad de agua en el suelo, la excepción a esta regla también es AA, ya que tiene la característica de explorar el suelo para extraer agua a una profundidad muy superior a las restantes leguminosas, además de utilizar muy eficientemente el agua.

La dependencia del suministro de agua sumado a las altas temperaturas estivales origina que ante períodos cortos de déficit hídrico, las tasas de crecimiento disminuyen drásticamente en la mayoría de las especies exceptuando AA. Las carencias de forraje en esta estación originan en los predios riesgos de sobre-pastoreo, aumentos en la frecuencia e intensidad de defoliación, hechos que debilitan aún más las especies, puesto que el retiro frecuente de las hojas (órgano fijador de energía) por exceso de pastoreos intensifica aumentando el déficit energético interno de las plantas ya generado por altas temperaturas y deficiencias hídricas. Este proceso negativo determina disminuciones rápidas e importantes de las capacidades de crecimiento en el propio verano y deprimen además a futuro la producción de forraje en otoño e invierno. Frecuentemente si la intensidad de la carencia energética es alta, un porcentaje variable de plantas puede morir.

El origen de la mayoría de las crisis forrajeras de otoño e invierno se inicia realmente en verano, razón por la cual se considera de vital importancia por su impacto global a nivel de la disponibilidad de forraje factible de producir en toda la rotación, la capacidad de producción estival que las distintas alternativas forrajeras presentan.

Los rendimientos superiores en los primeros 45 días de verano correspondieron a plantas jóvenes de trébol rojo, destacándose TR de primer año (2440kg), TR+TB de segundo año (2360kg), GP+TB+AA (2310kg), AA de primer año (2270 kg) y TB+LC+AA de segundo año (2060 kg). Con rendimientos entre 1700 y 1800 kg MS/ha se ubican TR+TB de primer año, LC de primer año y TB+LC+AA de primer y tercer año.

En los segundos 45 días del verano se destacan las opciones con AA y LC, especies que presentan mayor tolerancia al déficit hídrico. Los rendimientos superiores correspondieron a las asociaciones de: TB+LC+AA de primer año (2930 kg), GP+TB+LC de primer año (2820 kg), TB+LC+AA de tercer año (2790 kg), GP+TB+AA de primer año (2750 kg) y GP+TB+AA de tercer año (2620 kg), donde los aportes de forraje a las mezclas fueron realizados mayoritariamente por la AA y lotus INIA Draco en segundo lugar en las mezclas que integra.

La producción total en los 90 días del verano en la asociación GP+TB+AA de primer año alcanzó los 5060 kg MS/ha, seguida por la mezcla TB+LC+AA de primer y tercer año con 4740 y 4530kg respectivamente, GP+TB+LC de primer año (4480 kg), TR+TB de segundo año (4430 kg), TR de primer año (4200 kg) y AA de tercer año con 4000 kg. Evidentemente la inclusión de AA sola o en mezcla dentro de las opciones forrajeras a utilizar en una rotación asegura altos rendimientos de producción estival relativamente independiente de las condiciones hídricas del suelo en verano. En la asociación de TR+TB, la producción de forraje estival está explicada en un 86% por las contribuciones realizadas por el TR.

Producción total anual

Dentro de los verdeos, la avena, tanto en ML como en SD, presentó los máximos valores de producción anual. Considerando las alternativas integradas por especies bianuales y/o perennes los rendimientos superiores en el primer año correspondieron a las opciones de TR en siembra pura o en mezcla, TR+TB. En producción del segundo

año los mayores registros ordenados de mayor a menor correspondieron a las opciones de: TB+LC+AA, AA, TR+TB, GP+TB+AA, GP+TB+LC, en tanto el ordenamiento para el tercer año fue: AA, TB+LC+AA, GP+TB+AA y GP+TB+LC, siendo evidente que la integración con AA dentro de las opciones forrajeras determina los mayores potenciales productivos (cuadro 1).

Producción acumulada en períodos críticos

Otoño es una estación considerada como período crítico, es decir, de baja oferta forrajera a nivel global de toda la rotación, por ser un período caracterizado por presentar áreas efectivas de pastoreo menores, debido a que los verdeos y praderas sembrados durante el mismo no tienen disponibilidades para ser pastoreados mientras que los verdeos de verano están finalizando su ciclo de producción. La disminución de las áreas de pastoreo efectivo en esta época es la variable más potente en determinar las disminuciones de la oferta forrajera global en otoño de toda la rotación. Ya fue comentado además que las siembras en esta época son altamente dependientes de las precipitaciones, su déficit puede determinar que no se siembre o las semillas no germinen y los excesos también actúan limitando las siembras, especialmente aquellas realizadas con mínimo laboreo o laboreo convencional del suelo. Por tanto, tanto déficit como excesos de precipitaciones juegan un rol protagónico también en determinar la oferta forrajera de otoño y muchas veces los atrasos generados en otoño pueden llegar a repercutir drásticamente en invierno o parte de él.

El período crítico invernal básicamente está determinado por la disminución de temperatura, que actúa disminuyendo las tasas de fijación de energía, fotosíntesis, y en una dimensión superior las tasas de crecimiento de las especies templadas. Sobre este tema también fue mostrado por Formoso (2011), que a medida que aumenta la edad de las forrajeras templadas, la capacidad de crecimiento en el período frío invernal disminuye, siendo *Lotus corniculatus* la especie que generalmente al tercer año,

frente a inviernos muy fríos, presenta una capacidad de crecimiento muy baja. Este aspecto remarca la necesidad dentro de las rotaciones de equilibrar la edad de las pasturas con el objetivo de disminuir los efectos de la edad sobre la producción global de la rotación. En este sentido el ideal radica en tener la misma proporción en la rotación de pasturas de primero, segundo, tercer, cuarto o quinto año.

También se enfatizó en este trabajo que las crisis otoño-invernales en realidad normalmente comienzan a generarse en verano, siendo tanto más intensas cuanto mayores son las temperaturas estivales y los déficit hídricos durante el mismo. Estos últimos también deprimen la capacidad de crecimiento de los verdeos estivales a pesar que éstos generalmente son más eficientes que las especies templadas en el uso del agua, sin embargo, también resienten su capacidad de producir en situaciones de sequía. La ocurrencia de carencias en la disponibilidad de forraje estival determina generalmente un mal manejo del pastoreo de las praderas en esta etapa, excesos de frecuencia e intensidad de defoliación, hechos que deprimen la producción estival y posteriormente la otoño-invernal, por tanto originan una secuencia de eventos negativos, de disminuciones productivas que repercuten drásticamente sobre la producción primaria de la rotación y obviamente se transfiere a disminuciones del producto animal obtenible, originando además incrementos en los costos de producción.

Los argumentos previamente comentados llevan a la elaboración para las opciones de pasturas mostradas en el cuadro 1, a acumular los rendimientos de forraje en los dos períodos críticos considerados: otoño+invierno y verano+otoño+invierno (cuadro 2).

Durante el período otoño-invernal los rendimientos superiores entre el máximo y 90% de este, correspondieron a la mezclas de TB+LC+AA en su segundo año, le sigue avena en mínimo laboreo y posteriormente mezclas que integran AA en su composición, TB+LC+AA y GP+TB+AA, ambas en su tercer año (cuadro 2.)

Con producciones entre el 90 y 70% del máximo se ubicaron avena en siembra directa y raigrás Estanzuela 284 en mínimo laboreo, seguidos por la mezcla TR+TB en su segundo año, GP+TB+AA de segundo año, AA de tercer año, raigrás Estanzuela 284 sembrado en directa y GP+TB+LC de tercer año.

Cuando se acumulan los rendimientos de forraje de verano+otoño+invierno, los verdeos anuales conservan el nivel de producción desarrollado en otoño-invierno puesto que ninguno de ellos llegó a producir forraje en diciembre, mes que corresponde al verano. Los rendimientos superiores fueron generados por TB+LC+AA y GP+TB+AA ambas mezclas en su segundo año, en tanto, con producciones entre 70 y 90% del máximo de mayor a menor se ubican: TB+LC+AA y GP+TB+AA ambas asociaciones en su tercer año, GP+TB+LC de segundo año, TR+TB de segundo y tercer año, TR de segundo año y AA de segundo y tercer año.

Tanto en el acumulado de otoño-invierno o en el que se incluye además verano, entre las opciones perennes se destacan las mezclas que incluyen AA en su composición y además la AA sembrada pura. Cuando se considera la producción total anual, siguen destacándose las opciones que integran AA y en los acumulados del forraje producido en tres años las tres opciones de rendimientos superiores incluyen AA (cuadro 2).

Variabilidad estacional de los rendimientos de forraje

La realización de los experimentos mostrados utilizando la misma metodología, donde se resalta especialmente que fueron sembrados con el tipo de abresurcos y tren de siembra (monodisco angulado) que en suelos de texturas pesadas asegura los mejores establecimientos de pasturas puesto que posibilita regular con precisión la profundidad de siembra, colocación de la semilla en el surco, contacto semilla-suelo, el tapado de la semilla y deja las paredes de los surcos porosas, sin pátinas de compactación, además de la utilización de curasemillas, protectores contra hongos e insectos, impli-

Cuadro 2. Rendimientos acumulados (kgMS/ha) de forraje en otoño+invierno, en verano+otoño+invierno, total anual y acumulados de dos o tres años de pasturas de mayor duración, de distintas edades.

	O+I	%	V+O+I	%	Total Anual	Σ
Avena-ML	6360	97	6360	56	10090	-
Avena- SD	5840	89	5840	51	9470	-
Rg.284- ML	5720	87	5720	50	7610	-
Rg.284-SD	4940	75	4940	44	7010	-
Rg.Titán- ML	4520	69	4520	40	7830	-
Rg.Titán-SD	4020	61	4020	35	6910	-
TR-1	1280	19	-	-	9070	
TR-2	4100	62	8300	73	9540	18610
TR-3	-	-	-	-	-	
TR+TB-1	2500	38	-	-	9700	
TR+TB-2	5660	86	8690	77	11070	
TR+TB-3	4070	62	8500	75	8100	28870
LC-1	870	13	-	-	6150	
LC-2	2800	42	5440	48	8240	
LC-3	2010	30	4180	37	6240	20630
LC+TB -1	1100	17	-	-	7120	
LC+TB -2	3130	47	5400	48	8460	
LC+TB -3	2690	41	4970	44	8020	23600
AA-1	1010	15	-	-	7290	
AA-2	4090	62	7940	70	11220	
AA-3	5360	81	8570	76	12890	31400
TB+LC+AA-1	1060	16	-	-	8170	
TB+LC+AA-2	6580	100	11320	100	11600	
TB+LC+AA-3	5990	91	9680	85	12120	31890
GP+TB+LC-1	390	6	-	-	7000	
GP+TB+LC-2	4530	69	9010	79	9260	
GP+TB+LC-3	4920	75	7750	68	9480	25740
GP+TB+AA-1	380	6	-	-	7120	
GP+TB+AA-2	5490	83	10550	93	10960	
GP+TB+AA-3	6000	91	9380	83	11760	29840
MDS 5%	438	-	691	-	978	2359

Σ indica rendimientos acumulados de dos o tres años según corresponda.

ca aplicar toda la tecnología disponible, manejable por el hombre, para reducir variabilidad y asegurar mejores siembras. Quedan los aspectos climáticos, de alta incidencia sobre los períodos de siembra y etapas iniciales de establecimiento de pasturas,

como variables no manejables por el hombre. Teniendo presente lo previamente expuesto a los efectos de interpretar adecuadamente los resultados, en el cuadro 3 se muestran los coeficientes de variación estacionales para las diferentes opciones

forrajeras, como variable a considerar puesto que está relacionada con la seguridad de inversión y los rendimientos que se obtienen.

Un primer aspecto a resaltar radica en que las mayores variabilidades se registraron durante las etapas próximas a la siembra, primer otoño, en general superiores al 50%, excepto avena en siembra con mínimo laboreo del suelo cuyo coeficiente fue de 29%. En los verdeos, especies de creci-

miento rápido, en invierno los coeficientes de variación disminuyeron marcadamente. En las opciones bianuales y perennes, con capacidades de crecimiento inicial menor, la variabilidad alta normalmente también abarca el invierno del primer año, aunque generalmente con valores menores a los de otoño. En éstas, a partir de la primavera del año de siembra la variabilidad disminuyó (cuadro 3).

Cuadro 3. Coeficientes de variación de los rendimientos estacionales (%).

	O	I	P	V
Avena-ML	29	19	24	-
Avena- SD	49	23	29	-
Rg.284- ML	55	18	29	-
Rg.284-SD	64	26	32	-
Rg.Titán- ML	59	24	26	-
Rg.Titán-SD	67	32	31	-
TR-1	42	41	21	23
TR-2	31	27	23	26
TR-3	33	-	-	-
TR+TB-1	37	33	16	20
TR+TB-2	29	22	14	19
TR+TB-3	31	24	19	39
LC-1	66	54	24	22
LC-2	38	31	21	27
LC-3	41	69	28	32
LC+TB -1	51	46	18	19
LC+TB -2	32	22	16	21
LC+TB -3	41	42	23	31
AA-1	61	43	28	24
AA-2	24	27	17	20
AA-3	23	21	19	19
TB+LC+AA-1	54	43	25	19
TB+LC+AA-2	21	19	14	18
TB+LC+AA-3	18	24	15	20
GP+TB+LC-1	-	52	38	33
GP+TB+LC-2	31	29	21	23
GP+TB+LC-3	36	31	28	30
GP+TB+AA-1	-	47	35	24
GP+TB+AA-2	29	19	18	20
GP+TB+AA-3	27	21	23	21

Agronómicamente los coeficientes de variación altos en los períodos de siembra y próximos a ella significan riesgos altos, tanto de inversión como de disponibilidad de forraje, hecho que se destaca por el impacto que representa según la duración de la rotación. En las rotaciones cortas, generalmente elegidas para obtener mayores producciones de forraje por hectárea, como puede ser el caso de aquellas a tres años, con uno de verdeos de invierno y/o verano y dos de pradera, donde generalmente interviene en alta proporción el trébol rojo, son estrategias que por la cantidad de períodos de siembra que requieren van acompañadas de mayores riesgos productivos y de inversión. En este contexto las rotaciones a cuatro y cinco años, uno de verdeos y los restantes de pradera, disminuyeron estos riesgos.

Entre los verdeos se resalta la variabilidad superior en otoño de los cultivares de raigrás (de menor capacidad de crecimiento inicial) comparativamente con la avena y además la variabilidad menor que se registra cuando se realiza mínimo laboreo o laboreo convencional, comparativamente con la siembra directa, fenómeno que se extiende hasta el invierno. Se deja constancia que si bien en estos experimentos no se registró con raigrás sembrado en marzo muerte del verdeo por desecación de plántulas, este problema, tal como fue mostrado en otros trabajos de esta publicación, puede ocurrir y además generalmente tiene mayor intensidad en situaciones de siembra directa comparativamente con mínimo laboreo o laboreo convencional del suelo. La ocurrencia de esto puede implicar la pérdida parcial o total del verdeo de raigrás, problema que hasta el presente con avena Estanduela 1095 a no se ha verificado.

Otro aspecto remarcable consiste que en general las mezclas de leguminosas presentaron menores coeficientes de variación que las siembras puras de éstas y fue especialmente distinto en los períodos pos siembra, otoño-invierno. La mayor seguridad, menor variabilidad que ofrecen las mezclas de leguminosas, con relación a la siembra pura de las mismas, es otro atributo positivo que se suma a las mayores producciones de fo-

rraje que se registran en las asociaciones de leguminosas, comparativamente con las siembras puras de las mismas (Formoso, 2011).

En TR, TR+TB, LC y LC+TB, la menor variabilidad se registró a partir de primavera del primer año y durante todo el segundo año, para aumentar en el tercero, mientras que en la asociación GP+TB+LC los coeficientes de variación inferiores se localizaron en el segundo año.

AA y las mezclas que integraron esta especie presentaron las menores variabilidades en el segundo y tercer año de vida. Este hecho, pasturas de tres años con baja variabilidad es otro atributo positivo que se le suma a esta especie y/o sus mezclas además de todos los aspectos favorables ya resaltados anteriormente.

Estacionalmente, avena en ML en otoño e invierno y raigrás Estanduela 284 en ML en invierno fueron las opciones de menor variabilidad entre los verdeos. Entre las opciones bianuales y perennes, con menores variabilidades en otoño se destaca AA pura y sus mezclas en el segundo y tercer año.

En invierno con coeficientes de variación menores al 25% los presentaron las mezclas de TR+TB y LC+TB ambas de segundo año, AA de tercer año, TB+LC+AA y GP+TB+AA, las dos en su segundo y tercer año de edad.

En verano, con variabilidades de 20% o menores están TR+TB en su primer y segundo año, LC+TB en su primer año, AA en su segundo y tercer año, la mezclas TB+LC+AA en los tres años y GP+TB+AA en su segundo año. El predominio de menores variabilidades estivales en pasturas que integran AA es esperable dado su alto potencial de crecimiento estival, uso eficiente del agua y capacidad de extraer agua desde zonas profundas del suelo, característica que le otorga mayor independencia de las precipitaciones con relación a las restantes especies.

Considerando todas las estaciones con excepción de otoño e invierno del primer año, la asociación TB+LC+AA fue la que presentó menor variabilidad, seguida por AA en

siembra pura, por la mezcla TR+TB y por la asociación GP+TB+AA.

En las tres estaciones del año consideradas como períodos críticos de disponibilidad de forraje, en otoño las opciones de menor variabilidad fueron: TB+LC+AA de segundo (21%) y tercer año (18%), AA de segundo y tercer año con variabilidades de 21 y 23%, GP+TB+AA en su segundo (29%) y tercer año (27%) y avena en ML con 29%. En invierno con coeficientes de variación entre 18 y 19% se encuentran: raigrás Estanduela 284 y avena ambas en ML, TB+LC+AA y GP+TB+AA de segundo año, con variabilidades entre 21 y 22% se ubican AA y GP+TB+AA de tercer año, TR+TB y LC+TB de segundo año. En verano las opciones menos variables con coeficientes entre 18 y 21% fueron: TB+LC+AA de primer, segundo y tercer año, AA de segundo y tercer año, GP+TB+AA de segundo y tercer año, TR+TB de primer y segundo año y LC+TB de primer año.

Interesa resaltar que entre las opciones de mayor seguridad productiva debe tenerse en cuenta que frente a períodos de estrés hídrico intenso y prolongado las mezclas con gramínea perenne+leguminosas del segundo año en adelante, no produjeron prácticamente forraje durante el período de sequía debido a que la interferencia de las GP anuló la capacidad de crecimiento de las leguminosas asociadas, hecho que no ocurrió con las mismas mezclas de leguminosas pero sin GP (Formoso, 2011).

11.4 CONSIDERACIONES GENERALES

- En los verdeos de invierno durante otoño se generaron diferencias productivas a favor del mínimo laboreo comparativamente con la siembra directa. A partir del inicio del invierno en adelante los rendimientos fueron semejantes entre ambas opciones de siembra.
- Dentro de las gramíneas anuales, avena se destaca netamente como la especie más precoz, especialmente en los primeros 45 días del otoño (O1), donde los rendimientos de forraje de ambos cultivares de raigrás son bajos, éstos, en el segundo período de otoño (O2) aumentaron su producción, aunque no superaron a la avena.

- Los rendimientos de otoño (O1+O2) de las leguminosas y mezclas forrajeras en el año de siembra fueron bajos.
- En los 90 días de otoño, las opciones de rendimientos de forraje de mayor a menor fueron: TB+LC+AA de segundo año, avena en ML, TB+LC+AA de tercer año, AA de tercer año y avena en SD.
- En invierno, los rendimientos de forraje superiores a 3.000 kg MS/ha correspondieron a: raigrás Estanduela 284 en ML y en SD, GP+TB+AA de tercer año y TR+TB de segundo año.
- Las producciones estivales que superaron los 4.000 kg MS/ha fueron por su orden (de mayor a menor): asociación GP+TB+AA de primer año, la mezcla TB+LC+AA de primer y tercer año, GP+TB+LC de primer año, TR+TB de segundo año, TR de primer año y AA de tercer año.
- En producción total del año, el verdeo con máximos registros productivos fue avena en ML y en SD.
- Los rendimientos superiores en el primer año para opciones bianuales y/o perennes correspondieron a TR en siembra pura o en mezcla, TR+TB; en el segundo año los mayores registros ordenados de mayor a menor correspondieron a las opciones de: TB+LC+AA, AA, TR+TB, GP+TB+AA, GP+TB+LC, en tanto el ordenamiento para el tercer año fue: AA, TB+LC+AA, GP+TB+AA y GP+TB+LC.
- Los rendimientos acumulados de otoño+invierno superiores entre el máximo y 90% de éste, correspondieron a la mezclas de TB+LC+AA en su segundo año, le sigue avena en mínimo laboreo y posteriormente mezclas que integran AA en su composición, TB+LC+AA y GP+TB+AA, ambas en su tercer año; con producciones entre el 90 y 70% del máximo se ubicaron avena en siembra directa y raigrás Estanduela 284 en mínimo laboreo, seguidos por la mezcla TR+TB en su segundo año, GP+TB+AA de segundo año, AA de tercer año, raigrás Estanduela

284 sembrado en directa y GP+TB+LC de tercer año.

- Los mayores coeficientes de variación se registraron durante las etapas próximas a la siembra, primer otoño en los verdeos anuales y primer otoño+invierno en las opciones bianuales y perennes, con capacidades de crecimiento inicial menor, en estas, a partir de primavera la variabilidad disminuyó.
- En los verdeos, la opción de ML presentó menor variabilidad que la SD y en general las mezclas de leguminosas presentaron menores coeficientes de variación que las siembras puras de éstas
- Estacionalmente, avena en ML en otoño e invierno y raigrás Estanduela 284 en ML en invierno presentaron la menor variabilidad entre los verdeos, mientras que en las opciones bianuales y perennes, con menores variabilidades en otoño se destaca AA pura y sus mezclas en el segundo y tercer año.
- En invierno, coeficientes de variación menores al 25% correspondieron a las opciones de TR+TB y LC+TB, ambas de segundo año, AA de tercer año, TB+LC+AA y GP+TB+AA ambas en su segundo y tercer año de edad.
- En verano, con variabilidades de 20% o menores están TR+TB en su primer y segundo año, LC+TB en su primer año, AA en su segundo y tercer año, la mezclas TB+LC+AA en los tres años y GP+TB+AA en su segundo año.
- Considerando todas las estaciones, con excepción de otoño e invierno del primer año, la asociación TB+LC+AA fue la que presentó menor variabilidad, seguida por AA en siembra pura, por la mezcla TR+TB y por la asociación GP+TB+AA.
- En las tres estaciones del año consideradas como períodos críticos de disponibilidad de forraje, en otoño las opciones de menor variabilidad fueron: TB+LC+AA de segundo y tercer año, AA de segundo y tercer año, GP+TB+AA en su segundo y tercer año y avena en ML. En invierno las menores variaciones se dieron en: raigrás Estanduela 284 y avena ambas en ML, TB+LC+AA y GP+TB+AA de segundo

año, AA y GP+TB+AA de tercer año, TR+TB y LC+TB de segundo año. En verano las opciones menos variables fueron: TB+LC+AA de primer, segundo y tercer año, AA de segundo y tercer año, GP+TB+AA de segundo y tercer año, TR+TB de primer y segundo año y LC+TB de primer año.

11.5 COMENTARIOS GENERALES

La posibilidad que brinda avena del tipo Estanduela 1095 a en siembras tempranas determina que sea de las mejores opciones disponibles como verdeo de invierno, especialmente en esquemas intensivos de producción. Esto se debe a: su muy buena tolerancia a altas temperaturas y capacidad de germinación con baja humedad en el suelo, alto potencial de rebrote y producción en otoño e invierno, muy buena precocidad en la entrega de forraje para realizar un primer pastoreo y el muy bajo riesgo de encañado precoz de otoño. Estos atributos deberían utilizarse para evitar sobre-pastoreos de praderas de alto potencial en otoño-invierno, deteriorando su capacidad de producción en esos períodos. Los riesgos superiores de avena frente a ataques tempranos de pulgones, actualmente pueden ser superados mediante la cura de la semilla con insecticidas específicos. El segundo riesgo de esta especie consiste en infestaciones tempranas con roya cuando el ambiente se presenta propicio para su desarrollo. A pesar de que en el cultivar sugerido este problema no llega a tener la dimensión que presentan otros materiales, el hecho de fertilizar adecuadamente con nitrógeno y fósforo minimiza el problema, si además no se permiten períodos de rebrote prolongados y acumulaciones excesivas de forraje, lo que aumenta los riesgos de roya cuando las condiciones ambientales son propicias. Este verdeo produce eficientemente bajo pastoreos frecuentes tal como fue mostrado en esta publicación, especialmente si la nutrición nitrogenada es correcta.

Los comentarios precedentes priorizan el uso de este cultivar de avena o similar al

mismo y no excluye el uso de materiales de raigrás, especialmente de floración temprana y ciclo corto, tipo Estanzuela 284 o similares que presenten alto potencial productivo en invierno.

Si bien el establecimiento de un verdeo de avena tiene un costo superior al de raigrás, por los mayores requerimientos de densidades de siembra, las ventajas que ofrece avena por su rendimiento de forraje y su temprana disponibilidad, en siembras oportunas, posibilita mejorar el manejo de praderas permanentes potenciando su productividad en otoño-invierno. Sumando estas ventajas, generalmente el costo del kilo de materia seca producido termina siendo inferior al de los verdeos de raigrás, a pesar de que éste tenga menores costos de instalación.

Aceptando que generalmente en verano comienzan a gestarse los problemas de baja oferta forrajera para el otoño-invierno venidero, especialmente en los veranos secos y calurosos, se resalta el uso de las mezclas en base a TR+TB en situaciones de rotaciones cortas y a las opciones que integran AA en rotaciones más largas, de tres a seis años.

La inclusión de AA pura o en mezcla, especie relativamente independiente de las precipitaciones estivales y otoñales, asegura altos rendimientos durante estas estaciones. En otoño, al bajar la oferta de forraje disponible como consecuencia de la disminución de las áreas efectivas de pastoreo, el uso de AA en mezcla, en siembra temprana, asegura disponibilidades adecuadas de forraje ya desde la primera mitad de otoño. Sin despreciar la capacidad de producción invernal de AA y sus mezclas, que en general deben integrar al trébol blanco Estanzuela Zapicán, durante esta estación los aportes de avena y/o raigrás tipo 284 en sistemas pecuarios racionales deben proveer de un porcentaje importante del forraje necesario por pastoreo directo, minimizando las necesidades de suplementación, especialmente en los predios más intensivos, que tienen cargas animales por unidad de superficie superiores.

Otro de los factores que se destaca radica en que el uso de avena más proporciones importantes de AA, sola o en mezclas, disminuye los riesgos de carencias de forraje frente a problemas de índole climática,

sequías o exceso de heladas durante las estaciones consideradas problemáticas desde el punto de vista de la oferta de forraje: verano, otoño e invierno.

Se resaltan dos aspectos a tener en cuenta, además, en la elaboración de las rotaciones: los cultivares de raigrás sembrados temprano pueden perderse total o parcialmente por muerte por desecación ante períodos de altas temperaturas y baja disponibilidad de agua. Un segundo aspecto a considerar radica en que frente a déficit hídricos importantes las mezclas de leguminosas especialmente que incluyan AA y no presenten gramíneas anuales o perennes cuando tienen edades de pastura de dos o más años, producen sustancialmente más forraje que las que incluyen gramíneas perennes en su composición, ya que éstas pueden anular parcial o totalmente por interferencia la capacidad de producción de las leguminosas en la mezcla (Formoso, 2010).

Remitimos también a la citada publicación para evaluar el potencial de inclusión de la alfalfa en las rotaciones forrajeras de sistemas pecuarios, en cuanto a adaptación a distintos tipos de suelos, productividad, estacionalidad de la producción, comportamiento ante situaciones de estrés climático, etc. En la medida que en la elaboración de las rotaciones forrajeras se tengan en cuenta las sugerencias comentadas, sin duda los sistemas tendrán menores riesgos productivos y de inversión ante estreses climáticos y elevarán sustancialmente el producto animal obtenible por unidad de superficie.

Finalmente se recuerda que en las siembras realizadas, con buena semilla y de origen garantizado, se utilizó la tecnología disponible, a efectos de asegurar las mismas y disminuir variabilidad, atributos que se lograron. Obviamente, la ejecución de siembras al voleo o con otro tipo de abresurcos, es esperable que origine resultados en términos de producción y variabilidad superiores a los mostrados. La utilización de curasemillas, ausencia de gramilla, fertilizaciones adecuadas, tanto en fósforo como en nitrógeno, y períodos de barbecho adecuados son también factores que contribuyen a aumentar rendimientos y brindar mayor seguridad de inversión.

12. HERBICIDAS SUGERIDOS PARA CONTROLAR MALEZAS EN AVENA Y RAIGRÁS

A continuación se resumen las recomendaciones de uso de herbicidas para control de malezas en avena y raigrás (Rios, A., 2006).

Herbicidas recomendados para el control de malezas de hoja ancha

2,4D (48%).....	0.8 a 1.2 l/ha.
2,4D + Dicamba (48%).....	0.8+0.15 a 1.2+0.18 l/ha
2,4D+ Picloram (24%).....	0.8+0.10 a 1.2+0.12 l/ha

Control de Margarita de Piria: *Coleostephus myconis*

Avena.....	clorsulfuron (75%)	15 a 20 g/ha
	metsulfuron (50%)	12 g/ha
Raigrás.....	Metsulfuron (50%)	10 g/ha

La susceptibilidad de los diferentes cultivares de raigrás a aplicaciones de sulfonilureas como metsulfuron es muy variable, por lo cual es imprescindible asesorarse con la empresa propietaria o licenciataria para evitar daños irreversibles con el herbicida.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- ACOSTA AZPIROZ, Y.** 1980. Comparaciones productivas entre líneas puras y mezclas de *Avena byzantina* C. Koch. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía.
- ALBURQUERQUE, H.** 1962. Fertilización nitrogenada de raigrás (*Lolium multiflorum*). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía.
- ALLEGRI, M.; FORMOSO, F.; AROCENA, M.** 1977. Verdeos de invierno en suelos arenosos. Montevideo, CIAAB. Boletín de divulgación no. 32.
- ALLEGRI, M.; AROCENA, M.; FORMOSO, F.** 1980. Fertilización nitrogenada de gramíneas anuales invernales en suelos arenosos. Investigaciones Agronómicas (Montevideo) 1(1): 51-55.
- ALLEGRI, M.; FORMOSO, F.; AROCENA, M.** 1981. Evaluación de gramíneas anuales invernales en suelos arenosos. Investigaciones Agronómicas (Montevideo) 2(1): 51-56.
- AROCENA, C.; DIGHIERO, A.** 1999. Evaluación de la producción y calidad de carne de cordero sobre una mezcla forrajera de avena y raigrás, bajo los efectos de carga animal, suplementación y sistemas de pastoreo para la región de basalto. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía.
- ARROQUY, J.I.; ARZADÚN, M.J.; TORREA, M.; LABORDE, H.; PEVSNER, D.; BREDAN, R.; PALOMO, I.R.** 1997. Efecto de la intensidad de pastoreo sobre la producción de trigo doble propósito. In Congreso Binacional de Producción Animal Argentina-Uruguay, (1., 1997, Paysandú, UY). Revista Argentina de Producción Animal (Balcarce) 17(supl.1): 110-111.
- AYALA, W.** 1992. Producción de forraje de verdeos puros y asociados. INIA Treinta y Tres. Resultados experimentales 1991-1992, 10-24.
- AYALA, W.; BERMÚDEZ, R.; CARÁMBULA, M.; RISSO, D.; TERRA, J.** 2000. Tecnologías para la mejora de la producción de forraje en suelos de Lomadas del Este. In Risso, D.F., Berretta, E.J., ed. Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos de Uruguay. Montevideo, INIA. Boletín de Divulgación no. 76, 69-108.
- BEMHAJA, M.** 1996. INIA Caracé *Triticale*. Montevideo, INIA. Serie Técnica no. 77.
- BERMÚDEZ, R.** 1992. Fertilización nitrogenada de verdeos. In Verdeos de invierno. Resultados experimentales 1991-1992. INIA Treinta y Tres, n. 53, 37-44.
- CARÁMBULA, M.** Verdeos de invierno. Ed. Hemisferio Sur. 178 p.
- CARÁMBULA, M.; AYALA, W.; BERMÚDEZ, R.; CARRIQUIRY, E.** 1996. Verdeos de invierno asociados. Montevideo, INIA. Boletín de Divulgación no. 58.
- DÍAZ ROSSELLO, R.; LEGUÍSAMO, N.; URCHIPIÁ, A.** 1993. Pastoreo de trigo. Montevideo, INIA. Serie Técnica no. 36.
- CHIARA, G.** 1975. Verdeos de invierno. Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos del Uruguay, 2. etapa, (2):25-28.
- CIBILS, R.** 1984. Trigo doble propósito. In [Jornada de] Cultivos de Invierno (1984, La Estanzuela, Colonia, UY). Uruguay. CIAAB. [s.p.].
- CIBILS, R.** 1989. Trigo de pastoreo. Revista Plan Agropecuario (Montevideo) 17(47): 24-25.
- CIBILS, R.; MARTINO, D.; ABADIE, T.** 1987. Manejo del pastoreo en trigo. CREA Boletín mensual de FUCREA. Comunicación N° 138, 9-13.
- CUITIÑO, V.; HOWE, A.** 2001. Alternativas para cereales doble propósito. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía.
- FAGGI, D.H.** 1978. Utilización de cultivos anuales con vacas lecheras. In CIAAB (Centro de Investigaciones Agrícolas «Alberto Boerger», UY). Pasturas IV. Montevideo, MAP. Miscelánea no. 18, 205-210.
- FERRARI, J.M.** 1974. Efecto de la carga animal en pasturas de raigrás sobre el crecimiento pos-destete de corderos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía.
- FORMOSO, F.** 2005a. Eficiencia de la producción y utilización de forraje en otoño e invierno. In Jornada de Producción Animal Intensiva (2005, La

Estanzuela, Colonia, UY). INIA. Serie Actividades de Difusión no. 406, 59-66.

- FORMOSO, F.** 2005b. Comportamiento de 12 especies forrajeras sembradas sobre diferentes rastrojos de cultivos de verano en siembra directa. In Día de Campo Manejo de Cultivos y Pasturas en Siembra Directa (2005, La Estanzuela, Colonia, UY). INIA. Serie Actividades de Difusión no. 430, 1-4.
- FORMOSO, F.** 2005c. Siembras de marzo-abril de especies forrajeras sembradas en directa y convencional. In Día de Campo Manejo de Cultivos y Pasturas en Siembra Directa (2005, La Estanzuela, Colonia, UY). INIA. Serie Actividades de Difusión no. 430, 17-19.
- FORMOSO, F.** 2005d. Respuesta al nitrógeno en producción de forraje de avena, raigrás y avena + raigrás sembrados en directa y convencional. In Día de Campo Manejo de Cultivos y Pasturas en Siembra Directa (2005, La Estanzuela, Colonia, UY). INIA. Serie Actividades de Difusión no. 430, 20-26.
- FORMOSO, F.** 2005e. Manejo de defoliación en verdeos de invierno en siembra directa. In Día de Campo Manejo de Cultivos y Pasturas en Siembra Directa (2005, La Estanzuela, Colonia, UY). INIA. Serie Actividades de Difusión no. 430, 27-29.
- FORMOSO, F.** 2006a. Instalación y Manejo de Pasturas para el Litoral Oeste. INIA La Estanzuela, Seminario de Actualización Técnica, junio 2006, 1-8.
- FORMOSO, F.** 2006b. Producción de forraje invernal. In Jornada Técnica de lechería (2006, Florida, UY). INIA. Serie Actividades de Difusión no. 455, 53-61.
- FORMOSO, F.** 2007a. V. Incidencia de la compactación del suelo en el período húmedo y de la calidad de la semilla sobre la implantación de distintas especies sembradas en directa. In Avances en la siembra directa de pasturas. Montevideo, INIA. Serie Técnica no. 161, 83-93.
- FORMOSO, F.** 2007b. Crecimiento de 12 especies forrajeras sembradas en mayo-junio después de cultivos de verano. In Avances en la siembra directa de pasturas. Montevideo, INIA. Serie Técnica no. 161, 139-150.
- FORMOSO, F.** 2007c.VI. Producción de pasturas sembradas en directa, puras o asociadas a trigo. In Avances en la siembra directa de pasturas. Montevideo, INIA. Serie Técnica no. 161, 95-112.
- FORMOSO, F.** 2007d. Conceptos sobre implantación de pasturas. In Jornada de Instalación y Manejo de Pasturas (2007, Colonia del Sacramento, UY). INIA. Serie Actividades de Difusión no. 483, 17-37.
- FORMOSO, F.** 2007e. Como enfrentar el invierno en un año especialmente complicado. INIA La Estanzuela. Jornada de producción animal. Actividades de difusión, Colonia del Sacramento, Mayo 30 de 2007, 1-6.
- FORMOSO, F.** 2007f. VIII. Crecimiento de 12 especies forrajeras sembradas en Mayo-Junio después de cultivos de verano. In Avances en la siembra directa de pasturas. Montevideo, INIA. Serie Técnica no. 161, 139-149.
- FORMOSO, F.** 2008a. Fertilización nitrogenada de verdeos. In Jornada de Divulgación (2008, San José de Mayo, UY). ¿Cómo incrementar la producción de leche en invierno? INIA. Serie Actividades de Difusión no. 529, 8-15.
- FORMOSO, F.** 2008b. Principales variables a considerar para aumentar la eficiencia de la producción y utilización de forraje, especialmente en otoño e invierno. In Jornada de Producción Animal (2008, La Estanzuela, Colonia, UY INIA. Serie Actividades de Difusión no. 532, 1-20.
- FORMOSO, F.** 2009. Eficiencia de la producción y utilización de forraje en otoño e invierno. In Jornada de Divulgación Alternativas Tecnológicas para la Mejora de la Productividad de Pasturas en los Sistemas de Invernada Bovina (2009, Colonia del Sacramento, UY). INIA Serie Actividades de Difusión no. 532, 1-8.
- FORMOSO, F.** 2011. Manejo de mezclas forrajeras, leguminosas puras y gramilla, producción y calidad del forraje. Montevideo, INIA. Serie Técnica. En prensa.
- GALLINAL, F.; SCARON, J.** 2000. Implantación y productividad de verdeos invernales introducidos en siembra directa, sobre tapices naturales

mejorados con *Lotus subbiflorus* cv. El Rincón. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía.

GARCÍA, J.A. 1998. Titán y Cetus: nuevos cultivares de raigrás de INIA. In Jornada de Lechería y Pasturas (1998, La Estanzuela, Colonia, UY). INIA. Serie de Actividades de Difusión no. 163, 91-94.

GARCÍA, J.A. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. Montevideo, INIA. Serie Técnica no. 133.

GARDNER, A.L.; ALBUQUERQUE, H.E.; DE LUCÍA, G.R. 1968. Producción de forraje de raigrás anual y cereales de invierno en La Estanzuela. MGA. CIAAB. Boletín Técnico no. 9.

GÓMEZ, I. 2000. Evaluación de la productividad de diferentes verdeos de invierno. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía.

GUTIÉRREZ, L.M.; VIVIANI ROSSI, E.M. 1997. Fertilización con nitrógeno y parámetros cualitativos en silajes de raigrás anual. In Congreso Binacional de Producción Animal Argentina-Uruguay, (1., 1997, Paysandú, UY). Revista Argentina de Producción Animal (Balcarce) 17(supl.1):182-183.

INASE (INSTITUTO NACIONAL DE SEMILLAS, UY). 1993-2008.* Resultados Experimentales de la Evaluación Nacional de Cultivares de Especies Forrajeras. Anuales, Bianuales y Perennes. Información extraída de las publicaciones anuales editadas entre 1993 y 2008.

JOSIFOVICH, J.; MADDALONI, J.; SERRANO, H. 1968. Producción de forraje verde y semilla de gramíneas anuales de invierno según época de siembra. [s.l.], INTA. Informe Técnico no. 72.

LAURENZO, L.; GIL, A.; RUBIO, L. 2003. Efecto de la suplementación energética con fuentes de diferentes degradabilidad ruminal sobre el consumo y comportamiento ingestivo de novillos Hereford pastoreando en dos asignaciones de forraje sobre una mezcla de avena y raigrás en estado vegetativo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía.

MESA, J.; ELOLA, U. 1996. Estudio comparativo de implantación de diferentes verdeos asociados a una mezcla. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía.

MILLOT, J.C.; ACOSTA, Y. 1979. Avenas amarillas, comparación entre líneas puras y mezclas. In Reunión Técnica de la Facultad de Agronomía (2., 1979, Montevideo, UY). Montevideo, Facultad de Agronomía, 6.

MILLOT, J.C.; REBUFFO, M.I.; ACOSTA, Y. M. 1981. Manejo: una condicionante de éxito en variedades de avena. La Estanzuela, CIAAB. Miscelánea no. 36, 13-22.

OLMOS, F. 1994. Métodos de siembra de pasturas para brunosoles del noreste. In Jornada (1994, Tacuarembó, UY). INIA. Serie Actividades de difusión no. 2, 1-29.

FIGURINA, G. 1992. Usos alternativos de grano y forraje de cebada cervecera en la alimentación de rumiantes. In Reunión Nacional de Investigadores de Cebada (3., Minas, Lavalleja, UY). [s. l.], Mesa Nacional de Entidades de Cebada Cervecera. p. 90-98.

PERRONE, D.; TALMON, F. 2000. Caracterización productiva de verdeos invernales puros y en mezclas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía.

PRIORE, E.; URANGA, P. 1983. Efecto del manejo de la fertilización nitrogenada en la producción estacional y total de la mezcla avena-raigrás en suelos muy diferenciados. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía.

REBUFFO, M. 1995. Fertilización nitrogenada en verdeos de invernales. In Jornada de Cultivos de Invierno (1995, La Estanzuela, Colonia, UY). Serie de Actividades de Difusión no. 50. INIA La Estanzuela, 55-61.

REBUFFO, M. 1998. *Avena sativa* INIA Polaris. In Jornada de Lechería y Pasturas (1998, La Estanzuela, Colonia, UY). INIA. Serie de Actividades de Difusión no. 163, 95-102.

RIOS, A.; FAGGI, N.; SCREMINI, G. 1997a. Control de gramilla (*Cynodon dactylon*) en sistemas pastoriles con aplicaciones de glifosato. In Congreso Nacional de

Ingeniería Agronómica(7., 1997, Montevideo, UY). Jornada de Siembra Directa: compendio de trabajos presentados. Montevideo, AIA, 137-138.

- RIOS, A.; BONINO, F.; PANIZZA, C.; FORMOSO, F.** 1997. Control de gramilla (*Cynodon dactylon*) en siembra directa y convencional de pasturas. In Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica (7., 1997, Montevideo, UY). Jornada de Siembra Directa: compendio de trabajos presentados. Montevideo, AIA, 139-140.
- RIOS, A.** 2001. Dinámica y control de *Cynodon dactylon* en sistemas mixtos de siembra directa y laboreo convencional. In Díaz Rossello, R. ed. Siembra directa en el Cono Sur. Montevideo, IICA/PROCISUR, 211-224.
- RIOS, A.** 2006. Manejo integrado para el control de gramilla. In Seminario de Actualización Técnica Manejo de Malezas (2., 2006, La Estanzuela, Colonia, UY). INIA. Serie Actividades de Difusión no. 465, 65-82.
- RIOS, A.** 2006. Margarita de Piria «Codo a codo» podemos controlarla. Revista INIA (Montevideo, UY), no.8, 15-20.
- SALDANHA, S.** 2010. Efecto de la intensidad de pastoreo sobre la estructura de una pastura de *Lolium perenne cv Horizon*. Tesis Maestría C. Agrarias. Montevideo, Facultad de Agronomía. En prensa.
- SOCA, P.** 2001. Efecto de la asignación de forraje y fertilización nitrogenada sobre la productividad de verdeo de invierno raigrás. INIA Titán. Cangüé. (21):23-26.
- VERA, R.** 1965. Respuesta del raigrás (*Lolium multiflorum*) a dosis y fuentes de nitrógeno y a épocas de aplicación. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía.
- ZANONIANI, R.; DUCAMP, F.** 2000. Consideraciones a tener en cuenta en la elección de verdeos de invierno. Cangüé (18):22-26.
- ZANONIANI, R.; DUCAMP, F.; BRUNO, M.** 2000. Utilización de verdeos de invierno en sistemas de producción animal. Proyecto difusión para todos. Cartilla N° 17,1-9.
- ZANONIANI, R.A.; DUCAMP, F.** 2000. Consideraciones a tener en cuenta en la elección de verdeos de invierno. Rev. E.E. «Dr. Mario Cassinoni» N° 12, pp. 22-26. Fac. Agronomía, Paysandú, Uruguay.
- ZANONIANI, R.A.; NÖELL, S.** 1997. Verdeos de invierno. UEDY Plan Agropecuario. Cartilla N° 2. 4p.

Impreso en Editorial Hemisferio Sur S.R.L.
Buenos Aires 335
Montevideo - Uruguay

Depósito Legal 353.112/10