

T. 3127

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**IMPLANTACIÓN Y PRODUCCIÓN DE ESPECIES FORRAJERAS
EN SIEMBRA DIRECTA Y CONVENCIONAL SOBRE
RASTROJOS DE SORGO**

por

Enrique ALBANELL BENSICH
Martín LAGE PONCE de LEÓN

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo. :
(Orientación Agrícola – Ganadera)

MONTEVIDEO
URUGUAY
2003

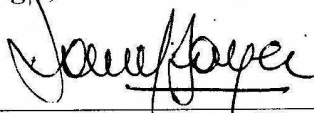
Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr., M. Sc. Francisco Formoso

Ing. Agr., M. Sc., Dr. Sc. Amalia Rios

Ing. Agr., Ph. D. Fernando García Préchac,



Ing. Agr. Daniel Bayce

Fecha:

Autor:

Enrique Albanell

Martín Lage

AGRADECIMIENTOS

A los Ing. Agr. Amalia Rios y Francisco Formoso por darnos la oportunidad de realizar este trabajo y brindarnos su apoyo en todo sentido, además de sus continuos aportes técnicos que contribuyeron en nuestra formación.

A Eduardo Calistro, Mauricio Cabrera y al personal de Forrajeras por la colaboración brindada y su apoyo durante todo el trabajo.

Aj INIA, Estación Experimental La Estanzuela.

A Luis Améndola, Santiago Armentano, Francisco Haedo, Pablo Rostand y Pablo Domínguez por su colaboración en la etapa de campo.

A nuestras familias y novias por el apoyo durante la realización de este trabajo.

A todos aquellos que de una u otra manera contribuyeron con esta tesis.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VI
 1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	 1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. <u>IMPLANTACIÓN DE ESPECIES FORRAJERAS</u>	2
2.1.1. <u>Etapas de la implantación de especies forrajeras</u>	2
2.1.1.1. Germinación.....	2
2.1.1.2. Emergencia	3
2.1.1.3. Implantación o establecimiento	3
2.1.2. <u>Factores que afectan la implantación de especies forrajeras</u>	4
2.1.2.1. Época de siembra	4
2.1.2.1.1. Temperatura ambiente y del suelo	4
i. Gramíneas	4
ii. Leguminosas	5
2.1.2.1.2. Humedad del suelo	5
2.1.2.2. Método de siembra.....	5
2.1.2.2.1. Siembra directa	5
2.1.2.2.2. Laboreo convencional.....	7
2.1.2.3. Factores de competencia	7
2.1.2.3.1. Nutrientes.....	7
i. Nitrógeno	7
ii. Fósforo	7
iii. Potasio.....	8
2.1.2.4. Cultivo antecesor	9
2.1.2.4.1. Volumen y tipo de rastrojo	9
2.1.2.4.2. Alelopatías	10
i. Interacción de alelopatías con otros factores ...	11
ii. Alelopatías causadas por <i>Sorghum</i>	13
ii.a. Efecto de los genotipos de sorgo	15
ii.b. Efecto de las partes de la planta de sorgo	15
ii.c. Efecto del largo de barbecho	15
2.1.2.5. Calidad de la semilla.....	16
 3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	 17
3.1. <u>UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO</u>	17
3.2. <u>DESCRIPCIÓN EDÁFICA</u>	17

3.3. ANTECEDENTES	17
3.4. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO	17
3.5. TRATAMIENTOS EVALUADOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	19
3.6. DETERMINACIONES	20
3.6.1. <u>Porcentaje de área cubierta</u>	20
3.6.2. <u>Rendimiento de forraje</u>	20
3.6.3. <u>Análisis de suelos</u>	21
3.6.4. <u>Control de malezas</u>	21
3.7. CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE EL ENSAYO	22
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	26
4.1. <u>ÁREA CUBIERTA</u>	26
4.1.1. <u>Área cubierta al 05/09/02; 119 días post siembra</u>	26
4.1.1.1. Área cubierta según volumen de rastrojo, al 05/09/02	27
4.1.1.2. Área cubierta según método de laboreo, al 05/09/02	28
4.1.2. <u>Área cubierta al 22/10/02, 166 días post siembra</u>	31
4.1.2.1. Área cubierta según volumen de rastrojo, al 22/10/02	32
4.1.2.2. Área cubierta según método de laboreo, al 22/10/02	33
4.2. <u>PRIMER CORTE</u>	36
4.2.1. <u>Producción de forraje</u>	36
4.2.1.1. Producción de forraje según volumen de rastrojo	38
4.2.1.2. Producción de forraje según método de laboreo	39
4.2.2. <u>Tasa de crecimiento</u>	41
4.3. <u>SEGUNDO CORTE</u>	43
4.3.1. <u>Producción de forraje</u>	43
4.3.1.1. Producción de forraje según volumen de rastrojo	44
4.3.1.2. Producción de forraje según método de laboreo	45
4.3.2. <u>Tasa de crecimiento</u>	47
4.3.3. <u>Altura de meristemo apical en Titán</u>	49
4.4. <u>TERCER CORTE</u>	50
4.4.1. <u>Producción de forraje</u>	50
4.4.1.1. Producción de forraje según método de laboreo	51
4.4.2. <u>Tasa de crecimiento</u>	52
4.5. <u>CUARTO CORTE</u>	53
4.6. <u>QUINTO CORTE</u>	54
4.7. <u>PRODUCCIÓN ACUMULADA DE LOS TRES</u> <u>PRIMEROS CORTES</u>	56
4.8. <u>PRODUCCIÓN ACUMULADA DE CINCO CORTES</u>	61
5. <u>CONCLUSIONES</u>	65
6. <u>RESUMEN</u>	67
7. <u>SUMMARY</u>	69
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	71

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro N°	Página
1. Análisis físico - químico de los 20 cm superiores del perfil del suelo.	17
2. Rastrojo remanente de sorgo en las dos situaciones: cosecha de grano húmedo y de planta entera.	18
3. Preparación de suelo con LC según las dos situaciones de rastrojo.	18
4. Características químicas del suelo, muestreo del 02/05/02.	19
5. Cultivares sembrados y densidad de siembra.	19
6. Situaciones de la interacción método de laboreo y volumen de rastrojo.	20
7. Nivel de fósforo y potencial de mineralización de nitrógeno del suelo, muestreo del 26/08/02.	21
8. Precipitación diaria (mm) en mayo a partir de la fecha de siembra, realizada el 09/05/02. INIA La Estanzuela.	24
9. Área cubierta por cultivar según volumen de rastrojo, al 05/09/02.	27
10. Área cubierta por malezas según volumen de rastrojo, al 05/09/02.	28
11. Área cubierta por cultivar según método de laboreo, al 05/09/02.	29
12. Área cubierta por malezas según cultivar y método de laboreo, al 05/09/02.	31
13. Área cubierta por cultivar según volumen de rastrojo, al 22/10/02.	32
14. Área cubierta por malezas según volumen de rastrojo, al 22/10/02.	33
15. Área cubierta por cultivar según método de laboreo, al 22/10/02.	34
16. Área cubierta por malezas según cultivar y método de laboreo, al 22/10/02.	35
17. Producción de forraje por cultivar, al primer corte.	36
18. Caracterización de cultivares según sensibilidad al método de laboreo.	41
19. Tasa de crecimiento por cultivar, para el intervalo siembra - primer corte.	42
20. Producción de forraje por cultivar, al segundo corte.	43
21. Caracterización de cultivares según sensibilidad al método de laboreo.	47
22. Tasa de crecimiento por cultivar, para el intervalo primer corte - segundo corte.	48
23. Producción de forraje por cultivar, al tercer corte.	51
24. Tasa de crecimiento por cultivar, para el intervalo segundo	

corte - tercer corte.....	53
25. Producción de forraje por cultivar, al cuarto corte	53
26. Producción de forraje por cultivar según método de laboreo, al cuarto corte.....	54
27. Producción de forraje por cultivar, al quinto corte	55
28. Producción de forraje por cultivar según método de laboreo, al quinto corte	55
29. Producción de forraje acumulada por cultivar, para los tres primeros cortes.....	57
30. Producción de forraje acumulada por cultivar según volumen de rastrojo, para los tres primeros cortes	60
31. Producción de forraje acumulada por cultivar según método de laboreo, para los tres primeros cortes.....	61
32. Producción de forraje acumulada total por cultivar.....	62
33. Producción de forraje acumulada total por cultivar según método de laboreo.....	63

1. Precipitación media mensual; año 2002-2003 y serie histórica. INIA La Estanzuela.	22
2. Temperatura de suelo cubierto a 5 cm. de profundidad; año 2002-2003 y serie histórica. INIA La Estanzuela.	22
3. Temperatura de suelo desnudo a 5 cm. de profundidad; año 2002-2003 y serie histórica. INIA La Estanzuela.	23
4. Temperatura de suelo desnudo vs. cubierto a 5 cm. de profundidad; año 2002-2003. INIA La Estanzuela.	23
5. Temperatura ambiente media; año 2002-2003 y serie histórica. INIA La Estanzuela.	24
6. Ocurrencia de heladas durante el año 2002 a partir	
7. de la siembra. INIA La Estanzuela.	25
8. Producción de forraje por cultivar según volumen de rastrojo, al primer corte.	38
9. Producción de forraje por cultivar según método de laboreo, al primer corte.	39
10. Producción de forraje por cultivar según volumen de rastrojo, al segundo corte.	45
11. Producción de forraje por cultivar según método de laboreo, al segundo corte.	46
12. Porcentaje de macollas principales con meristemos apicales situados a distintas alturas desde el nivel del suelo en Titán.	49
13. Producción de forraje por cultivar según método de laboreo, al tercer corte.	52
14. Tasa de crecimiento según período de crecimiento para anuales.	59
15. Tasa de crecimiento según período de crecimiento para leguminosas perennes y achicoria.	63

1. INTRODUCCIÓN

La planificación de las rotaciones agrícola - forrajeras es fundamental para lograr el óptimo beneficio productivo y económico de cada componente y de éstas en su conjunto. Se debe buscar la sustentabilidad del sistema en el tiempo, haciendo un uso eficiente de los recursos involucrados. A su vez la diagramación de las rotaciones debe minimizar los efectos perjudiciales de cada componente sobre el siguiente.

El uso de reservas para suplementación ha adquirido gran relevancia en los sistemas agrícola - ganaderos. En este sentido, el sorgo granífero ha aumentado considerablemente su área por ser una opción de gran adaptabilidad ambiental y que posee varias alternativas de uso. Dentro de éstas, el silo de planta entera y silo de grano húmedo constituyen las opciones más empleadas, generándose situaciones de volumen de rastrojo diferentes a partir de cada una de ellas.

El sorgo granífero, sin dudas, es el más problemático como cultivo precedente en una rotación, debido a que ejerce efectos negativos, tanto físicos como químicos, sobre el cultivo o pastura siguiente.

A partir del conocimiento de las causas de dichos efectos negativos, así como también de la magnitud de los mismos, es posible realizar un mejor ajuste de las medidas de manejo, seleccionando aquellas que generen los mayores resultados productivos.

Una de las medidas de manejo que influye marcadamente sobre el resultado productivo de la rotación es el método de laboreo. En el Uruguay la siembra directa ha tenido una mayor adopción en cultivos cerealeros y oleaginosos en relación a los forrajeros. Sin embargo, el uso de esta tecnología en sistemas agrícola - forrajeros permitiría intensificar las rotaciones, disminuyendo la duración de los periodos improductivos de las pasturas, minimizando los riesgos de erosión y aumentando las oportunidades de pastoreo.

El objetivo de este trabajo es evaluar la implantación y productividad de doce cultivares de especies forrajeras en respuesta al método de laboreo, siembra directa y laboreo convencional, y al volumen de rastrojo de sorgo, alto y bajo, a efectos de caracterizar las distintas situaciones y seleccionar la combinación de prácticas de manejo que optimicen la implantación y productividad en el primer año de los cultivares evaluados.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. IMPLANTACIÓN DE ESPECIES FORRAJERAS

2.1.1. Etapas de la implantación de especies forrajeras

2.1.1.1. Germinación

Se define como el proceso por el cual bajo condiciones apropiadas, el embrión comienza su desarrollo. La germinación es un proceso que consume energía, la cual proviene de la degradación de sustancias de reserva de la propia semilla (Carvalho 1983).

Para que una semilla sea capaz de germinar es necesario que primero logre la imbibición, pero la actividad metabólica activada por la imbibición requiere oxígeno. Como en todo fenómeno fisiológico, la temperatura también es determinante (Côme 1970, 1975, citado por Côme 1988). En ciertas especies la luz también tiene un efecto importante sobre la germinación (Evenari 1965; Côme 1970; Rollin 1975, citados por Côme 1988).

En las leguminosas el proceso germinativo se inicia con la protrusión de la radícula, mientras que en las gramíneas el coleoptile y la radícula irrumpen simultáneamente, tras la ruptura de la semilla. Estos procesos ocurren una vez que la semilla se ha embebido en agua y dependen de factores tanto externos como internos. Los principales factores externos, como ya fue mencionado, son la temperatura, la luz y la humedad, mientras que los factores internos son la dureza y dormancia de las semillas. La dureza se debe a la existencia de un pericarpio que no permite la entrada del agua, por lo cual impide su absorción y la posterior germinación. Del mismo modo, la dormancia se define como el estado fisiológico en el cual existe inhibición de semillas viables y completamente embebidas en agua (Muslera y Ratera 1984).

Las semillas de leguminosas absorben agua mucho más rápido que las de gramíneas, germinando con mayor rapidez. El grado de contacto entre la cubierta seminal y la humedad del suelo durante los procesos de absorción favorece ésta, aún con altos potenciales de agua (McWilliam *et al.* 1970; Dowling *et al.* 1971, citados por Muslera y Ratera 1984).

El porcentaje de germinación de un lote de semillas está determinado por la proporción de semillas que crecen normalmente bajo condiciones de laboratorio controladas y estandarizadas. Las condiciones de laboratorio dan la posibilidad de que cada semilla germine según su máximo potencial. Sin embargo, estas condiciones

difieren de lo que generalmente ocurre en el campo, donde la germinación va a depender de la interacción semilla - ambiente.

2.1.1.2. Emergencia

La emergencia consiste en la aparición de la plántula sobre la superficie del suelo. La velocidad en esta fase es muy importante, ya que el crecimiento de la plántula depende en ella casi exclusivamente de las reservas de la semilla, al no existir actividad fotosintética. Aquí tienen gran importancia los factores externos desfavorables: costra del terreno, temperatura, y humedad (Muslera y Ratera 1984).

La velocidad con que las semillas se transforman en plantas autosuficientes es una característica relevante en los procesos de implantación, a la cual se denomina vigor de la plántula.

Una característica de plántulas con alto vigor es la habilidad para movilizar las reservas de carbohidratos del endosperma y para transportarlas a los puntos de crecimiento. Existen grandes diferencias entre las especies en el crecimiento inicial, y gran parte de éstas se deben a las diferencias en la movilización de las reservas (Askin 1990).

2.1.1.3. Implantación o establecimiento

En este período la competencia entre las plántulas por luz, humedad y nutrientes es intensa. Sólo aquellas semillas con capacidad de emerger rápido y soportar condiciones de temperatura y humedad desfavorables y también con la capacidad de tolerar ataques de insectos y enfermedades, serán las que sobrevivirán. En pasturas, muchas plántulas mueren durante esta etapa de mayor susceptibilidad (Askin 1990), lo cual se ve agravado en pasturas polifíticas.

Las rápidas y tempranas tasas de crecimiento son dependientes, al menos en parte, de las reservas de la semilla, pero también están afectadas por factores como la perennialidad y la ploidía.

Si el agua y los nutrientes no son limitantes, las condiciones que conducen a un rápido establecimiento de especies forrajeras son la temperatura favorable y la tolerancia de los procesos de crecimiento a temperaturas no óptimas. La capacidad de tolerancia es diferente según las características de los cultivares (Hill *et al.* 1985, citado por Charlton *et al.* 1986).

2.1.2. Factores que afectan la implantación de especies forrajeras

2.1.2.1. Época de siembra

La época de siembra tiene gran importancia debido a que condiciona los principales factores abióticos que regulan las etapas de implantación. Dichos factores son los que definen la época de siembra. A continuación se describen los más relevantes.

2.1.2.1.1. Temperatura ambiente y del suelo

Las temperaturas durante la estación de siembra pueden no afectar la germinación final, pero sí la tasa de germinación (Charlton *et al.* 1986). Sin embargo, Carvalho (1983) señala que temperaturas menores a la óptima, al reducir la velocidad de germinación, exponen a la planta a factores adversos del ambiente por un período más prolongado, lo que puede conducir a una reducción en la germinación final.

Al sembrarse pasturas polifíticas, la competencia que se da entre distintas especies puede verse acentuada a medida que las temperaturas del suelo decrecen por debajo del óptimo (Stapledon y Davies 1928, citados por Charlton *et al.* 1986).

i. Gramíneas

Las diferentes especies y cultivares de gramíneas forrajeras presentan marcadas diferencias en el porcentaje de germinación en condiciones de temperatura óptima (Hampton y Young 1985, citados por Charlton *et al.* 1986).

La tasa de germinación de gramíneas forrajeras se enlenteció en todas las especies estudiadas a medida que la temperatura disminuía por debajo de la óptima. Para todas las temperaturas evaluadas fue siempre mayor para los raigrases (*Lolium perenne* L., *L. multiflorum* Lam.) que para las otras especies (*Dactylis glomerata*, *Phalaris aquatica*, *Festuca arundinacea*, *Paspalum dilatatum*). Las temperaturas óptimas para las velocidades de crecimiento fueron de 20-25 °C para raigrases, falaris y festuca y de 20°C para dactylis y paspalum (Charlton *et al.* 1986).

A medida que disminuyó la temperatura, el retraso en la germinación dentro de los raigrases aumentó de 3 días a 25°C, a 8 días a 10°C y 17-19 días a 5°C. En las otras especies, fue mayor el número de días para el comienzo de la germinación, variando de 4-6 días a 25°C, 7-14 días a 10°C y 16-32 días a 5°C. Los cultivares de dactylis fueron los que más demoraron en alcanzar 75% de germinación, mientras que ésta fue rápida para un cultivar de festuca a 20°C y 25°C (Charlton *et al.* 1986). Sin embargo, para condiciones de Uruguay, García (1995) señala que la implantación de *Dactylis glomerata* cv. INIA LE Oberón es más rápida que la de *Festuca arundinacea* cv. Tacuabé.

Las variaciones diurnas en las temperaturas por ej. 5/10°C pueden aumentar el retraso en la tasa de germinación, aunque alternancias a temperaturas mayores por ej. 13/18°C pueden promoverla (Hill *et al.* 1985, citado por Charlton *et al.* 1986).

ii. Leguminosas

Evaluando la germinación de leguminosas en un rango de temperaturas de 5°C a 20°C, se determinó que no existieron diferencias en el porcentaje de germinación final de *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* y *Medicago sativa*, dentro de ese rango de temperaturas. Sin embargo, la germinación de *Lotus pedunculatus* cv. Maku fue reducida significativamente a 5°C y en la alternancia de 5/10°C (Hampton *et al.* 1987).

Al evaluar la tasa de germinación, ésta se redujo en todas las especies a medida que la temperatura se alejaba del óptimo. No existieron diferencias en esta variable para trébol blanco y alfalfa entre 5°C y 15°C. A su vez, la tasa de germinación de trébol rojo fue igual que la de trébol blanco y alfalfa a 20°C, pero menor en el resto de las temperaturas evaluadas (Hampton *et al.* 1987).

El porcentaje de germinación en las leguminosas está afectado por la presencia de semilla dura (Scott y Hampton 1985, citados por Hampton *et al.* 1987). Altos niveles de semilla dura en un lote pueden ser reducidos por escarificación y naturalmente se promueve la germinación de semillas duras en las siembras en cobertura de otoño, que enfrentan bajas temperaturas invernales y luego días cálidos y noches frescas en primavera (Hampton *et al.* 1987).

2.1.2.1.2. Humedad del suelo

Condiciones de humedad adecuadas determinan un porcentaje de germinación rápido y uniforme. No obstante, existen diferencias entre especies con relación a las necesidades de agua para germinar. Así, las leguminosas requieren niveles menores que las gramíneas, y a su vez la imbibición es más rápida (Mc William *et al.* 1970).

2.1.2.2. Método de siembra

Independientemente del método de siembra empleado, las semillas requieren adecuados niveles de humedad, temperatura, nutrientes y luz para germinar y crecer vigorosamente (Askin 1990).

2.1.2.2.1. Siembra directa

La siembra directa, en comparación con el laboreo convencional, genera significativos ahorros en tiempo y labores (Askin 1990). Martino (1995) y García (1998) mencionan algunas ventajas de la siembra directa de pasturas en sistemas intensivos.

dentro de las cuales se destaca la posibilidad de incrementar la oferta forrajera sembrando en suelos no arables por riesgo de erosión o exceso de agua, y mayor porcentaje de utilización del forraje ofrecido por las pasturas en períodos de exceso de agua sin afectar al suelo y al cultivo. Además Martino (1994) agrega que la rotación de cultivos anuales con pasturas no sería necesaria para recuperar la fertilidad del suelo al usar el sistema de siembra directa.

Asimismo, la fecha de siembra puede ser más crítica que en laboreo convencional, sobretodo cuando la semilla queda mal tapada, y entonces es importante sembrar en suelo húmedo y cuando se asegure humedad adecuada luego durante la etapa de establecimiento (Askin 1990).

En sistemas de siembra directa cobra especial importancia el manejo de los residuos de cosecha del cultivo antecesor. Los residuos presentes sobre la superficie de siembra directa modifican la dinámica de agua y nutrientes; alteran el balance de radiación; son sustrato para el desarrollo de patógenos; al descomponerse liberan sustancias tóxicas para las plantas; inmovilizan nutrientes y consumen oxígeno; afectan la dinámica poblacional de malezas y dificultan la operación de las sembradoras (Martino 1997).

Trabajos de evaluación de implantación de alfalfa realizados en Argentina (Fontanetto y Keller 1998), indican que la siembra directa de esta especie tuvo resultados diferentes según el cultivo anterior. Se determinaron implantaciones entre 60% y 90%, tomando como 100% la implantación cuantificada con laboreo convencional. Los mayores porcentajes se obtuvieron sobre girasol (90%), moha (90%), soja (85%), maíz para silo (85%) y trigo (83%), y los menores después de maíz para grano y sorgo granífero.

Los menores porcentajes de implantación, evaluados sobre rastrojo de sorgo y maíz para grano, podrían estar determinados, según los autores, por los altos volúmenes de rastrojos que dejan estos cultivos sobre el suelo, que se convierten en un impedimento físico para un normal crecimiento de las plántulas de alfalfa, determinando que las mismas sean ahiladas y con el tiempo se pierda la mayoría (Fontanetto y Keller 1998).

Existe una variada gama de sembradoras, con distintos tipos de trenes de siembra y abre surcos (Baker *et al.* 1987, citado por Askin 1990), determinando distintos tipos de surco realizado. Generalmente muchas plántulas no sobreviven porque las semillas son ubicadas en surcos poco profundos y mal cubiertos, lo que provoca su desecamiento (Askin 1990).

2.1.2.2.2. Laboreo convencional

El laboreo convencional, cumple con el objetivo de generar una cama de siembra afinada, firme, nivelada, húmeda y libre de malezas (Askin 1990). Debe ser fina y firme para asegurar que las pequeñas semillas de forrajeras gramíneas y leguminosas logren un buen contacto con partículas de suelo húmedo.

Una cama de siembra firme también previene que las semillas queden sembradas muy profundas (Askin 1990), y además permite que la sembradora se desplace correctamente colocando las semillas siempre a la profundidad debida (Sheldrick 2000). La estructura del suelo debe ser buena, ya que si no se formará una costra impenetrable luego de una fuerte lluvia y posterior secado (Askin 1990).

Si no existe un íntimo contacto semilla - suelo, el establecimiento de la pastura puede resultar desuniforme y se establecerán malezas compitiendo con las plantas de la pastura (Askin 1990).

2.1.2.3. Factores de competencia

2.1.2.3.1. Nutrientes

i. Nitrógeno

La utilización del nitrógeno de “arranque” favorece la emergencia y establecimiento de las plántulas y puede ser útil tanto en gramíneas como en leguminosas (Vallentine 1990).

En las leguminosas, aplicaciones de dosis moderadas de nitrógeno generan un mayor número de sitios para nodulación, lo cual favorece la implantación de las mismas (Vallis 1978). Asimismo, Hallsworth (1958), señala que dosis pequeñas de nitrógeno favorecen a las leguminosas, lográndose un incremento en el área foliar, promoviendo una rápida translocación de metabolitos a los nódulos.

Sin embargo, las altas dosis de nitrógeno pueden interferir en el proceso de nodulación, favoreciendo un mayor efecto competitivo por parte de las gramíneas presentes en el tapiz. En tal sentido, dosis superiores a 40 unidades de nitrógeno por hectárea pueden tener efectos depresivos sobre la fijación biológica de nitrógeno (Carámbula 1997).

ii. Fósforo

La concentración óptima de fósforo en la solución del suelo varía según las especies (Asher y Loneragan 1967, Fox *et al.* 1990, citados por Morón 1995). El valor

de 0.2 µg P/ml ha sido utilizado por diversos autores (Beckwith 1965, Juo y Fox 1977, citados por Morón 1995). La habilidad de un suelo de retener fósforo, caracterizado por las isotermas de adsorción, se relaciona negativamente con la eficiencia de utilización del fertilizante fosfatado soluble aplicado (Barrow 1975, citado por Morón 1995). En Uruguay, Escudero y Morón (1978) determinaron para un amplio rango de suelos, que el aumento en la capacidad de retención de fósforo de los suelos se encontraba asociado con el incremento en el contenido de óxidos de hierro y arcilla.

Cuando el suelo presenta alta retención de fósforo, puede ser ventajoso aplicar el fertilizante con la semilla o en una banda próxima y debajo de la semilla, considerando la inmovilidad de este elemento y su rápida fijación. En la siembra de leguminosas la acidez del superfosfato puede afectar los rizobios (Askin 1990).

El establecimiento de las leguminosas se ve notablemente favorecido por la fertilización fosfatada. Sin embargo, parece bien claro que existen diferencias importantes entre especies. Así, mientras el género *Lotus* muestra una gran eficiencia en la utilización de este nutriente aún a bajas concentraciones (Caradus 1980, citado por Carámbula 1997), el trébol blanco requiere una disponibilidad más alta (Carámbula 1997).

De acuerdo con Gillingham *et al.* (1980), citados por Carámbula (1997), el 90% del fósforo absorbido por una pastura proviene de los primeros 7 cm del suelo, siendo improbable que ocurra una absorción apreciable de este nutriente a profundidades mayores a 30 cm.

No obstante, las diferentes especies en estado adulto varían en su capacidad para utilizar el fósforo disponible, presentándose trébol blanco y lotus con raíces ramificadas y fibrosas más eficientes que trébol rojo y otras especies de raíces pivotantes profundas (Carámbula 1997).

Santiñaque (1999) manifiesta que la fertilización fosfatada afecta más el crecimiento inicial de las plántulas que la implantación. Además, señala que la concentración de raíces en superficie, en respuesta a las fertilizaciones en cobertura, puede condicionar la sobrevivencia de las plántulas frente a períodos de déficit hídricos.

iii. Potasio

Las leguminosas son menos competitivas que las gramíneas en extraer el potasio disponible, por lo que una deficiencia de éste puede resultar en un pobre establecimiento de las leguminosas (Askin 1990).

2.1.2.4. Cultivo antecesor

El cultivo precedente juega un papel importante en el rendimiento del cultivo siguiente. Su influencia se produce a través de un complejo de factores y varía para cada cultivo, tanto precedente como sucesor. Por consiguiente es posible pensar en soluciones que corrijan los efectos no deseados, basados en el planeamiento de rotaciones y en el manejo de los residuos de cosecha (Triñanes y Uriarte 1984).

Experiencias realizadas en Argentina (Fontanetto y Keller 1998), en las que se evaluó el efecto del cultivo antecesor en la siembra de avena en siembra directa, determinaron que los niveles de N-NO_3^- a la siembra fueron modificados por los cultivos antecesores debido al tipo y cantidad de rastrojo. Los mayores contenidos se midieron con la pastura degradada, luego con moha y finalmente con sorgo forrajero y sorgo granífero. Los rendimientos de la avena estuvieron relacionados con el tenor de agua y de N-NO_3^- , resultando ser la pastura degradada el mejor cultivo antecesor y el sorgo granífero el menos favorable.

2.1.2.4.1. Volumen y tipo de rastrojo

El sistema de labranza, la secuencia y el tipo de cultivos, las prácticas agrícolas como fertilización y riego, el pastoreo en los sistemas mixtos, la confección de reservas y su redistribución en el sistema y finalmente el acondicionamiento de los rastrojos son prácticas que provocan cambios de calidad, cantidad, distribución y ubicación de los residuos de cosecha, generando diversas situaciones para la implantación de especies (Ormeño y Quiroga 2001).

El volumen y tipo de rastrojo dependen del tipo y productividad del cultivo y de prácticas tales como la quema, el enfardado o pastoreo. En rastrojos de maíz y sorgo voluminosos, la siembra de cultivos de invierno se puede ver afectada por excesos de humedad y bajas temperaturas del suelo (Martino 1997).

La distribución espacial del rastrojo puede ser modificada por la altura de corte y el picado y desparramado de los residuos. Estas variables afectan principalmente la cantidad de energía que llega al suelo y las tasas de evaporación de agua, así como también la operación de las sembradoras. Un rastrojo alto tiende a disminuir la velocidad del viento sobre la superficie del suelo, y por lo tanto, reduciría las pérdidas por evaporación (Martino 1997).

La distribución uniforme de la paja y el casullo es esencial para mejorar el funcionamiento posterior del sistema, a través de: facilitar la operación de las sembradoras, acelerar la descomposición de los rastrojos, reducir el inóculo de enfermedades y mejorar la efectividad de herbicidas del suelo. El uso de picadores y

desparramadores de paja y casullo a la cosecha es esencial para el logro de ese objetivo cuando los rastrojos son voluminosos (Stobbe, citado por Martino 1997).

Del mismo modo, los problemas de toxicidad a campo son observados con mayor probabilidad cuando se producen gavillas donde se concentra el rastrojo, al producirse una distribución no homogénea de la cola de trilla (Berg 1986, citado por Purvis 1990).

Según Hawkins (1925), citado por Triñanes y Uriarte (1984), con trabajos culturales no se revierten las condiciones físicas en que queda el suelo luego de un sorgo, ya que se dificulta su desagregación. El sorgo suele permanecer verde, mientras otros cultivos se secan. Sus raíces no sólo no se descomponen sino que siguen extrayendo nutrientes y agua.

El sorgo deja un volumen importante de rastrojo, con una alta relación carbono/nitrógeno, lo que conduce a una menor disponibilidad de nitrógeno para el cultivo siguiente, ya que los microorganismos aprovechan el rastrojo para su nutrición, lo que se denomina como inmovilización.

2.1.2.4.2. Alelopatías

Se define el término "alelopatías" como los efectos directos o indirectos, depresivos o benéficos de una planta o microorganismo a través de la producción de compuestos químicos que se liberan al ambiente (Rice 1984).

Bajo ciertas condiciones, las plantas de cultivos y pasturas germinando en la proximidad de material de plantas en descomposición, pueden ser inhibidas por sustancias fitotóxicas. Las raíces son particularmente sensibles a estas toxinas, y frecuentemente se observan malformaciones, acortamientos, engrosamientos, necrosis y pérdida de desarrollo de pelos radicales (Patrick 1971, Macfarlane *et al.* 1982, citados por Purvis 1990).

El efecto de compuestos hidrosolubles inhibitorios asociados con plantas alelopáticas es generalmente más pronunciado sobre el crecimiento radicular que sobre el porcentaje de germinación (Hegde y Miller 1990) o el crecimiento de la parte aérea (Kimber 1973, Bowmick y Doll 1982, citados por Ben-Hammouda *et al.* 1995) de una planta indicadora.

Los síntomas que se observan a campo y se piensa se deben a fitotoxicidad pueden variar con las distintas especies, pero la disminución en el porcentaje de germinación, la falta de vigor en la plántula, la muerte de la plántula, el amarillamiento de hojas, el reducido macollaje, y raíces y brotes aéreos cortos o deformados, son comúnmente reportados (McCalla *et al.* 1963, McCalla y Haskins 1964, Patrick y Toussoun 1965, Kimber 1967, Rice 1974, citados por Cochran *et al.* 1977). Este

problema tiene muchas similitudes con las deficiencias de nutrientes, pero es sólo corregido parcialmente con el agregado de fertilizantes (McCalla y Haskins 1964, Kimber 1967, Kimber 1973, citados por Cochran *et al.* 1977).

Cuando los factores necesarios para el crecimiento no son limitantes para el cultivo involucrado, la inhibición del crecimiento de ese cultivo por el mismo cultivo o por otro en un sistema de rotaciones, se denomina autotoxicidad o alelopatía, respectivamente (Hegde y Miller 1990).

Los aleloquímicos son generalmente considerados productos secundarios o productos de desecho de las principales vías metabólicas de las plantas (Swain 1977, citado por Miller 1996). Estas pueden ser sustancias solubles en agua liberadas directamente de las plantas al ambiente a través del lavado, exudados radiculares y volatilización, así como también por descomposición de residuos de las plantas. La actividad microbiana genera muchas moléculas complejas y de alto peso molecular durante la descomposición de restos vegetales, las que también pueden producir efectos alelopáticos (Miller 1996).

Varios miles de aleloquímicos han mostrado ser liberados activa o bien pasivamente desde las plantas hacia el ambiente. Estos incluyen ácidos orgánicos tanto simples como complejos, fenoles simples, ácidos fenólicos y fenilacéticos, coumarinas, quinonas, flavonoides y taninos, terpenoides, alkaloides, aminoácidos, esteroides, glicósidos y glucosinolatos cianogénicos (Moreland *et al.* 1966, Horsley 1977, Bell y Charlwood 1980, Rice 1984, citados por Purvis 1990).

Estos aleloquímicos pueden ser de importancia al diagramar rotaciones de cultivos en agricultura bajo laboreo mínimo y cero laboreo, donde los residuos de cultivos son dejados sobre la superficie del suelo después de la cosecha (Miller 1996). La toxicidad en suelo debida a constituyentes orgánicos está más frecuentemente asociada con suelos pesados, pobremente aireados e inundados (Patrick 1971).

i. Interacción de las alelopatías con otros factores

Es corriente el hecho de que estreses tanto abióticos como bióticos durante el crecimiento causen generalmente en las plantas un incremento de producción de metabolitos secundarios (Bell 1981, Timmermann *et al.* 1984, Gerzhenson 1984, citados por Einhellig 1996).

Las alelopatías interaccionan fuertemente con otros estreses del ambiente agrícola, incluyendo insectos, enfermedades, temperaturas extremas, variaciones en los niveles de nutrientes y humedad, radiación y herbicidas. Las condiciones de estos estreses muchas veces agravan la producción de aleloquímicos; por lo tanto aumentan el potencial de interferencia alelopática. La información indica que el crecimiento de los

cultivos es más sensible a las alelopatías cuando las condiciones de humedad, temperatura y nivel de nutrientes son menores a las óptimas. La interacción de los múltiples estreses en el ambiente del cultivo determinará el impacto relativo de las alelopatías (Einhellig 1996).

El origen de un aleloquímico es en general poco claro y su actividad biológica se puede reducir o agravar por acción microbiana, oxidación y otras transformaciones. Posibles fuentes de aleloquímicos en el ambiente del cultivo incluyen numerosos microorganismos, algunas malezas, cultivo antecesor, o el mismo cultivo (Einhellig 1996).

Varios experimentos han establecido que combinaciones de aleloquímicos actúan en forma aditiva o sinérgica para inhibir el crecimiento. Las concentraciones de inhibidores menores a su nivel de acción, incluso de sustancias de distintas clases, actuarán en forma conjunta y por lo tanto contribuirán a la inhibición alelopática en situaciones de campo (Einhellig 1996).

Los compuestos fenólicos son solubles en agua, se lavan desde el tejido vegetal, forman enlaces débiles con las partículas de suelo y son inactivados por los microorganismos (Horsley 1977, Habeshaw 1980, citados por Purvis 1990). Por lo tanto, las condiciones ambientales prevalentes, particularmente la intensidad y duración de las lluvias, van a determinar la tasa de liberación de los mismos desde los rastrojos y la subsecuente concentración en el suelo. Los rastrojos pueden contener aleloquímicos adicionales a los compuestos fenólicos, pero la actividad biológica de éstos también va a ser concentración dependiente. Esto indica que la especie receptora puede ser estimulada con concentraciones muy bajas, e inhibida a mayores concentraciones, para un mismo químico (Chatterji 1975, Leather 1983, Purvis y Jessop 1985, Stevens y Merrill 1985, citados por Purvis 1990).

Putnam y Duke (1978), citados por Purvis (1990) plantearon la hipótesis de que los aleloquímicos serían rápidamente inactivados en suelos con alto contenido de materia orgánica, debido al número de sitios de adsorción disponibles y al nivel de actividad microbiana de esos suelos. El enfoque alternativo es que los aleloquímicos adsorbidos a las partículas de suelos de textura fina son más resistentes al lavado o descomposición y por lo tanto capaces de acumularse en concentraciones tóxicas en la rizosfera (Rice 1979, Rice 1984, citado por Purvis 1990). Más aún, los aleloquímicos adsorbidos pueden permanecer biológicamente activos (Rice 1984).

En ensayos realizados por Forney y Foy (1985), el tratamiento de híbridos de sorgo y sudangrás (*Sorghum bicolor* * *Sorghum sudanense*) con herbicidas resultó en un incremento de la fitotoxicidad de estas plantas. El tratamiento con sethoxydim (0.5 kg/ha) causó el mayor incremento en la fitotoxicidad, seguido por el glifosato (2 kg/ha) y finalmente el paraquat (0.5 kg/ha). Las dosis corresponden al producto comercial.

ii. Alelopatías causadas por *Sorghum*

Varias especies de sorgo han mostrado fuerte interferencia alelopática (Rice 1984, Panasiuk *et al.* 1986, Geneve y Weston 1988, Einhellig y Souza 1992, citados por Nimbal *et al.* 1996). La parte aérea del sorgo libera glucósidos cianogénicos y varios productos catabólicos fenólicos de estos glucósidos contribuyen en el corto plazo a la supresión del crecimiento de las plantas (Guenzi y McCalla 1966, Putnam y DeFrank 1983, Weston *et al.* 1989, Einhellig y Rasmussen 1993, citados por Nimbal *et al.* 1996).

Los aleloquímicos del sorgo alteran diferentes procesos fisiológicos y es probable que algunos compuestos tengan efectos inhibitorios en forma sinérgica. La alelopatía causada por *Sorghum spp.* incluye múltiples compuestos que afectan varias fases del metabolismo de las plantas, incluyendo relaciones hídricas (Einhellig 1996).

El porcentaje de germinación y el crecimiento de plántulas de muchas especies son reducidos por extractos acuosos de follaje y raíces de varias especies del género *Sorghum* (Lawrence y Kilcher 1961, Abdul-Wahab y Rice 1967, Lehle y Putnam 1982, citados por Miller 1996). Ácidos fenólicos, durrina y p-hydroxibenzaldehído contribuyen a esa inhibición. Guenzi y McCalla (1966) encontraron los ácidos ferúlico, p-coumárico, siríngico, vanílico y p-hydroxibenzoico en hidrolizados de residuos de sorgo.

Un inhibidor fitotóxico más potente ha sido descubierto entre los exudados radiculares de sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L. Moench) (Nimbal *et al.* 1996). Netzly y Butler (1986) aislaron sorgoleone {2-hydroxi-5-methoxy-3-[(8',11',14'-pentadecatriene]-p-benzoquinona} de exudados radiculares hidrofóbicos del sorgo. Sorgoleone, la mayor p-benzoquinona, y otras tres p-benzoquinonas menores relacionadas estructuralmente constituyen, en conjunto, más del 90% de los exudados radiculares (Nimbal *et al.* 1966).

Sorgoleone es un producto natural de las plantas que presenta actividad herbicida en concentraciones muy bajas. La actividad biológica de este compuesto es mucho mayor a aquella de muchos fenólicos, flavonoides, coumarinas y lactosesquiterpenos (Einhellig *et al.* 1970, Einhellig 1986, Scholes 1987, Einhellig y Rasmussen 1989, Harr 1990, citados por Nimbal *et al.* 1996), y puede ser comparada con la de herbicidas sintéticos como diuron, atrazina y metribuzin, que inhiben la fotosíntesis (Nimbal *et al.* 1996).

En determinaciones realizadas por Nimbal *et al.* (1996), se observó que sorgoleone provoca clorosis en algunos tejidos sensibles de ciertas especies, lo que indica que esta sustancia puede inhibir la síntesis de clorofila.

Otros estudios mostraron que sorgoleone es exudado en grandes cantidades por las raíces vivas de varios cultivares de sorgo y especies relacionadas y es frecuentemente producido a niveles mayores al 1% del total del peso seco de las plantas (Nimbal *et al.* 1996, citado por Weston 1996).

En condiciones controladas, Purvis (1990), estudió el efecto del rastrojo de sorgo fresco en descomposición en la germinación de trigo, observando pérdida de geotropismo con coleoptiles que fueron curvados, necrosados y muy quebradizos, emergiendo las hojas lateralmente y por debajo de la superficie del suelo. Las raíces de las plantas que crecieron con rastrojo fueron más cortas y en menor número que aquellas que se desarrollaron en suelo sin rastrojo.

Purvis (1990), evaluando la respuesta de crecimiento de trigo al rastrojo de sorgo encontró que la presencia del rastrojo resultó en una reducción del 20% en el rendimiento de trigo en un año (1982), pero en un aumento del 23% al año siguiente (1983). En estos experimentos, las condiciones fueron continuamente secas (1982) o continuamente húmedas (1983), previo a y durante el período de crecimiento, resultando en respuestas inhibitorias o estimulantes, respectivamente, en el trigo.

Roth *et al.* (2000) determinaron que los rastrojos de *Sorghum bicolor* laboreados, generalmente retrasaron el desarrollo del trigo siguiente, pero no afectaron los rendimientos en grano, probablemente debido a que los compuestos alelopáticos se degradaron en el suelo. A su vez, el rastrojo de sorgo que no recibió laboreo tuvo poco efecto en el establecimiento del stand de trigo, pero frecuentemente redujo los rendimientos en grano, posiblemente debido a que los compuestos alelopáticos se lavaron lentamente. Se encontró un pequeño efecto del rastrojo de sorgo no laboreado en la emergencia y establecimiento del trigo, y sugieren se deba a que los compuestos alelopáticos no hayan sido liberados inmediatamente al suelo.

Forney y Foy (1985), citados por Weston (1996), usaron híbridos de sorgo y sudangrás como cultivo protector muerto previo al establecimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.) sin laboreo a fines de verano. Las poblaciones de malezas se redujeron sensiblemente (en algunos casos hasta ocho veces) en alfalfa instalada después del híbrido sorgo-sudangrás, en comparación con la instalada sin rastrojo o con rastrojo de moha (*Setaria italica* L. P. Beauv.). Einhellig y Rasmussen (1989), citados por Weston (1996), estudiaron el efecto inhibitorio del sorgo y señalan que la densidad de malezas anuales, particularmente de hoja ancha, fue disminuida durante 1 año luego del establecimiento de sorgo como cultivo de verano, en comparación con parcelas precedidas por maíz o soja.

El potencial alelopático, definido como el grado de inhibición de crecimiento de una planta sobre otra, difiere entre las distintas especies vegetales (Kimber 1973, Bowmick y Doll 1982, citados por Ben-Hammouda *et al.* 1995), entre cultivares de una

misma especie (Guenzi *et al.* 1967, Rose *et al.* 1984, Hicks *et al.* 1989, citados por Ben-Hammouda *et al.* 1995) y entre partes de planta de un mismo cultivar (Guenzi *et al.* 1967, citados por Ben-Hammouda *et al.* 1995). Si bien no existe abundante información acerca de la variabilidad del potencial alelopático entre híbridos o entre partes de plantas de sorgo, a continuación se presentan algunas referencias sobre el tema.

ii.a. Efecto de los genotipos de sorgo

Existe considerable variabilidad entre los genotipos con relación a la cantidad de sorgoleone producida (Nimbal *et al.* 1996). Según estudios realizados por estos autores, bajo condiciones ambientales controladas, la producción y secreción de sorgoleone puede depender de los factores ambientales, así como también de las diferencias genéticas inherentes dentro de los genotipos de *Sorghum*. Es interesante observar que las especies de *Sorghum* varían no sólo en la cantidad de sorgoleone producido, sino también en la pureza del mismo, lo que puede sugerir interferencia alelopática diferencial entre los distintos genotipos (Nimbal *et al.* 1996).

Sin embargo, en determinaciones realizadas por Ben-Hammouda *et al.* (1995) se constató que en términos generales, los híbridos de sorgo difirieron significativamente con respecto a la inhibición del crecimiento de plántulas de trigo solamente en uno de los dos años evaluados.

ii.b. Efecto de las partes de la planta de sorgo

Ensayos de evaluación de la fitotoxicidad de sorgo sobre plántulas de trigo, realizados por Ben Hammouda *et al.* (1995) mostraron que todas las partes de la planta, sin importar el híbrido, contenían materiales hidrosolubles inhibitorios para el crecimiento de plántulas de trigo. Tallos, hojas y raíces fueron los componentes de la planta de sorgo más inhibitorios, reduciendo la elongación de la radícula del trigo, pero esta actividad varió con el híbrido y con el año. En general, los tallos fueron la parte de la planta más alelopática.

Guenzi *et al.* (1967), estudiaron el efecto inhibitorio de extractos acuosos de tallo de trigo, maíz, avena y sorgo sobre el crecimiento radicular de trigo. El orden creciente de inhibición en porcentaje fue 2, 11, 55 y 81, respectivamente. Extractos acuosos de raíz de estos cultivos mostraron sólo un pequeño efecto inhibitorio sobre las plántulas de trigo, salvo en el caso del sorgo, que tuvo 77% de inhibición en raíces y 69% en la parte aérea del trigo.

ii.c. Efecto del largo de barbecho

En condiciones de campo, algunos residuos de cultivos se descomponen con mayor facilidad que otros, de manera que los compuestos tóxicos contenidos en esos

residuos, o producidos durante la descomposición, pueden no permanecer por mucho tiempo en el suelo; incluso los compuestos más persistentes finalmente desaparecen del suelo (Nielsen *et al.* 1960).

Guenzi *et al.* (1967) determinaron que los residuos de trigo, avena, maíz y sorgo, colectados al momento de cosecha de cada cultivo, contenían materiales solubles en agua que eran tóxicos para el crecimiento de plántulas de trigo. El orden creciente de toxicidad de los residuos fue: trigo, avena, maíz y sorgo. Para evaluar la toxicidad potencial de un residuo se debe considerar el grado de descomposición del mismo. Los residuos de trigo y avena no contenían esencialmente ningún componente tóxico soluble en agua después de 8 semanas de exposición a las condiciones ambientales de campo. Los residuos de maíz y sorgo tenían considerablemente más materiales tóxicos a cosecha, y requirieron alrededor de 22 a 28 semanas de descomposición antes de que la porción soluble en agua de los residuos fuera relativamente no tóxica.

En evaluaciones realizadas por Purvis (1990) se determinó una relación lineal positiva entre el tiempo durante el cual el rastrojo de sorgo había estado en descomposición, a partir de la incorporación, y la producción de materia seca de trigo sembrado a continuación. El tiempo de barbecho máximo fue de 17 semanas y se registraron 231 mm de precipitación en ese período. El rendimiento de trigo crecido en presencia de rastrojo de sorgo, pero que había estado en descomposición por al menos 3 meses en el campo, fue el mismo que el rendimiento de parcelas sin sorgo y mayor que el de aquellas en las que se había removido el rastrojo.

2.1.2.5. Calidad de la semilla

Una medida indicadora de alta calidad es el peso individual de las semillas. Brown (1977), citado por Askin (1990), encontró que el crecimiento de la plántula era directamente proporcional al peso de la semilla en raigrás. Similares resultados indicaron Scott y Hampton (1985), citados por Askin (1990), en *Dactylis glomerata* y raigrás. Por lo tanto, semillas más grandes le dan a las plántulas un mejor comienzo en esa intensa competencia que ocurre en el establecimiento.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento fue realizado en I.N.I.A., Estación Experimental La Estanzuela, ubicada sobre ruta 50, kilómetro 12. Las evaluaciones de campo se realizaron durante el período comprendido entre mayo de 2002 y marzo de 2003.

3.2. DESCRIPCIÓN EDÁFICA

El suelo sobre el que se sembró el experimento es un Brunosol Eútrico Típico, perteneciente a la unidad Ecilda Paullier - Las Brujas. Las principales características de este suelo son presentadas en el cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis físico - químico de los 20 cm superiores del perfil del suelo.

pH (H ₂ O)	5.6
Materia orgánica (%)	4.6
C orgánico (%)	2.7
CIC a pH 7.0 (meq/100g)	25.8
% saturación (pH 7.0)	89.9
Textura	FAcL
Arena total (%)	9.5
Limo (%)	56.5
Arcilla (%)	34.0

3.3. ANTECEDENTES

Los cultivos precedentes a la instalación del experimento fueron gramíneas forrajeras anuales y perennes. Desde el año 1984 hasta el 1991 la chacra estuvo ocupada por un semillero fundación de festuca Tacuabé. En 1992 se sembró trigo con laboreo convencional y posteriormente falaris en siembra directa. En 1999 se instaló en siembra directa raigrás Titán y se mantuvo hasta octubre de 2001.

3.4. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

Previo a la siembra del sorgo, para controlar el rastrojo de raigrás Titán, se realizó una aplicación de Roundup Full (Glifosato 48%; 2 L/ha) + Gesaprim nueve O (Atrazina 90 %; 2 kg/ha) + Dual Gold (Alfa Metolaclor 960 gr./L; 0,7 L/ha), el 16/12/01. La siembra directa del sorgo, cultivar Relámpago, se realizó el 21/12/01, a razón de 20 kg/ha. Se fertilizó con 200 kg/ha de fosfato de amonio en la línea de siembra (18/46/0). El 16/01/02 se refertilizó con 100 kg/ha de urea.

La cosecha del sorgo se realizó el 08/04/02, tanto para silo de planta entera como para silo de grano húmedo; se obtuvo un rendimiento de grano de 4400 kg/ha.

Luego de cosechado el sorgo se evaluaron las cantidades remanentes de materia seca de la parte aérea y raíz correspondientes a rastrojo alto (RA) y bajo (RB) y se aplicó Roundup Full a toda el área experimental el 19/04/02, siendo la dosis utilizada de 3 L/ha.

Cuadro 2. Rastrojo remanente de sorgo en las dos situaciones: cosecha de grano húmedo y de planta entera.

		Rastrojo de sorgo (kg MS/ha)	
		Aéreo	Raíz
Volumen	Alto	5034	820
	Bajo	613	820

En la situación de laboreo convencional, el número de laboreos fue diferente dependiendo del volumen de rastrojo remanente (cuadro 3).

Cuadro 3. Preparación del suelo con LC según las dos situaciones de rastrojo.

Fecha	Herramienta	Nº de pasadas	
		RA	RB
25/04/02	Excéntrica	1	1
26/04/02	Excéntrica	4	2
03/05/02	Rastra de discos	3	2
06/05/02	Rastra de discos	1	1

En la situación de siembra directa, a ambas situaciones de rastrojo se les realizó otra aplicación de 3 L/ha de Roundup Full, el 06/05.

Se realizó análisis de suelo, tomando muestras con calador a una profundidad de 7,5 cm el 02/05.

Cuadro 4. Características químicas del suelo, muestreo del 02/05/02.

Volumen de Rastrojo	N-NO ₃ ⁻ (µg N/g)		Bray I (µg P/g)	
	SD	LC	SD	LC
RA	5.8	6.2	11.1	13.6
RB	5.9	7.9	14.5	13.2

Se inocularon las distintas leguminosas con la cepa de *Rhizobium* específica para cada especie. Todas las especies fueron sembradas el 09/05/02 en la línea, junto con el fertilizante, con una sembradora John Deere, modelo 750, de 16 líneas distanciadas a 19 cm. La avena y el trigo se sembraron a una profundidad de 2 cm y las demás especies a 1 cm. La fertilización se realizó a la siembra y consistió en una dosis de 150 kg/ha de fosfato diamónico.

Cuadro 5. Cultivares sembrados y densidad de siembra.

Especie	Cultivar	Densidad (kg/ha)
<i>Medicago sativa</i>	Crioula	15
<i>Lotus corniculatus</i>	San Gabriel	15
<i>Trifolium pratense</i>	Estanzuela 116	15
<i>Trifolium alexandrinum</i>	INIA Calipso	15
<i>Trifolium repens</i>	Estanzuela Zapicán	5
<i>Cichorium intibus</i>	INIA Lacerta	5
<i>Festuca arundinacea</i>	Estanzuela Tacuabé	15
<i>Dactylis glomerata</i>	INIA Oberón	15
<i>Lolium multiflorum</i>	INIA Titán	15
<i>Avena byzantina</i>	LE 1095a	120
<i>Triticum aestivum</i>	Torcaza	120
<i>Lolium multiflorum</i>	LE 284	15

Las diferentes especies de gramíneas y la achicoria fueron refertilizadas el 06/08, con 150 kg/ha de urea, y después de cada corte con 100 kg/ha de urea.

3.5. TRATAMIENTOS EVALUADOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

La combinación del tipo de laboreo, laboreo convencional (LC) y siembra directa (SD) y del volumen de rastrojo de sorgo, alto (RA) y bajo (RB), determinó cuatro tratamientos para cada uno de los doce cultivares sembrados.

Cuadro 6. Situaciones de la interacción método de laboreo y volumen de rastrojo.

		Volumen de rastrojo	
		Alto	Bajo
Método de laboreo	Siembra directa	SD RA	SD RB
	Laboreo convencional	LC RA	LC RB

El diseño experimental fue de bloques divididos donde los dos tipos de laboreo (LC y SD) y dos tipos de rastrojos de sorgo (RA y RB) fueron dispuestos en arreglos factoriales 2 por 2 en parcelas grandes, localizándose 12 especies forrajeras distribuidas al azar en parcelas chicas. Los tratamientos conformaron así un factorial de dos métodos de laboreo, por dos manejos de rastrojo de sorgo por doce especies forrajeras. Se incluyeron 4 repeticiones. Los análisis de varianza fueron realizados con el programa SAS (Statistical Analysis System, 1985) y las medias fueron separadas por Mínima Diferencia Significativa al nivel 5 % de probabilidad.

El tamaño de la parcela fue de 8 surcos separados a 0.19 m por 10 m de longitud.

3.6. DETERMINACIONES

3.6.1. Porcentaje de área cubierta

La implantación de las especies se evaluó visualmente a través de la cobertura del surco por la especie sembrada, previo a la realización del primer y segundo corte de forraje. Para la estimación de la cobertura del surco se utilizaron cuadros de 152 x 50 cm, dispuestos en forma transversal a los surcos, por lo que cada cuadro abarcaba los 8 surcos correspondientes a cada especie. Se evaluaron 10 cuadros por parcela y los resultados se expresan en porcentaje de área cubierta del surco por la forrajera sembrada. El 05/09 y el 22/10 se cuantificó el área cubierta para la especie sembrada y las malezas.

El análisis estadístico de los porcentajes de área cubierta se realizó utilizando la transformación de arcoseno.

3.6.2. Rendimiento de forraje

Para las evaluaciones de producción de forraje se realizaron cortes cuando se consideraba que en la mayoría de las parcelas las especies ameritaban ser cortadas. Salvo el primer corte, realizado con tijera, los restantes se efectuaron con rotativa Honda, regulada para dejar un rastrojo residual de 4 cm de altura. El corte con Honda se realizaba en una superficie central de 9 m de largo por 0,525 de ancho. El primer corte,

efectuado con tijera, se reguló para dejar un rastrojo de 4 cm de altura. Se cortaron 5 cuadros de 0,57 * 0,5 m. Todo el forraje se pesaba en fresco, tomándose una muestra de aproximadamente 300 g que fue secada en estufa de ventilación forzada y mantenida en la misma hasta peso seco constante. A partir de la misma se determinaba porcentaje de materia seca y las producciones de forraje se expresan en kilos de materia seca por hectárea.

Los cortes se realizaron en las siguientes fechas: 10/09; 23/10; 28/11; 22/01 y 17/03.

Después de cada corte, el experimento se pastoreaba con ovinos y luego se realizaba un corte de uniformización con rotativa Honda, dejando un remanente de 4 cm. A su vez se fertilizaban las gramíneas y la achicoria con 100 kg/ha de urea (46 kg N/ha).

3.6.3. Análisis de suelos

El 26/08 se tomaron muestras de suelo a 7,5 cm de profundidad en la entrefila de raigrás Titán, lotus y festuca, para determinar el nivel de fósforo y el potencial de mineralización de nitrógeno, los resultados se reportan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Nivel de fósforo y potencial de mineralización de nitrógeno del suelo, muestreo del 26/08/02.

	Bray I ($\mu\text{g P/g}$)	PMN (mg/kg N-NH_4)
SD RA	14.0	37.5
SD RB	17.3	41.0
LC RA	12.4	43.0
LC RB	15.5	32.7

3.6.4. Control de malezas

El 27/09 se realizó una aplicación de Preside (Flumetsulam 120gr/L; 0,5 L/ha) + Agral 90 (Oxido de etileno 950 gr/L; 100 cc/100 L de agua) para el control de malezas.

Con el objetivo de simplificar los cuadros y figuras en las secciones correspondientes a resultados y discusión, las especies serán indicadas utilizando solamente los cultivares.

3.7. CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE EL ENSAYO

El nivel de precipitaciones, la temperatura del aire y la temperatura del suelo, del año de evaluación y la comparación con la serie histórica se detallan en las figuras 1-5 y en el cuadro 8. En la figura 6 se presentan los registros de heladas para el primer año a partir de la siembra.

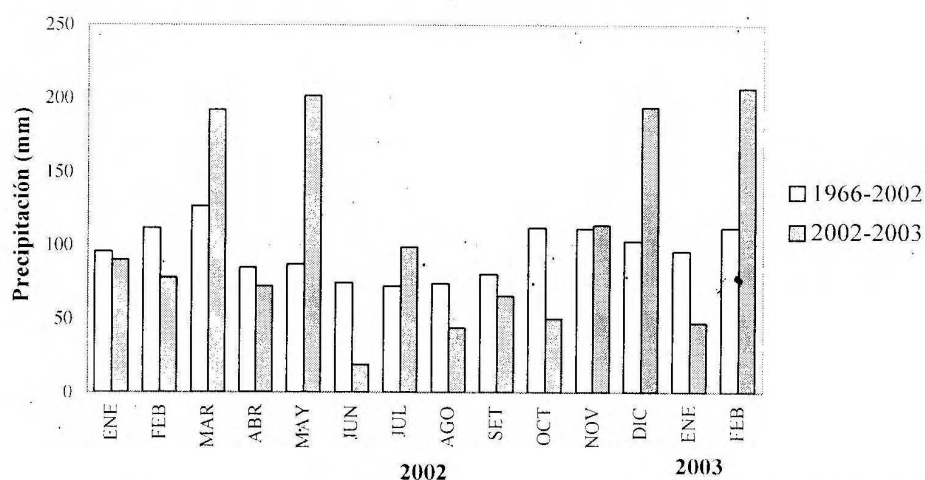


Figura 1. Precipitación media mensual; año 2002-2003 y serie histórica. INIA La Estanzuela.

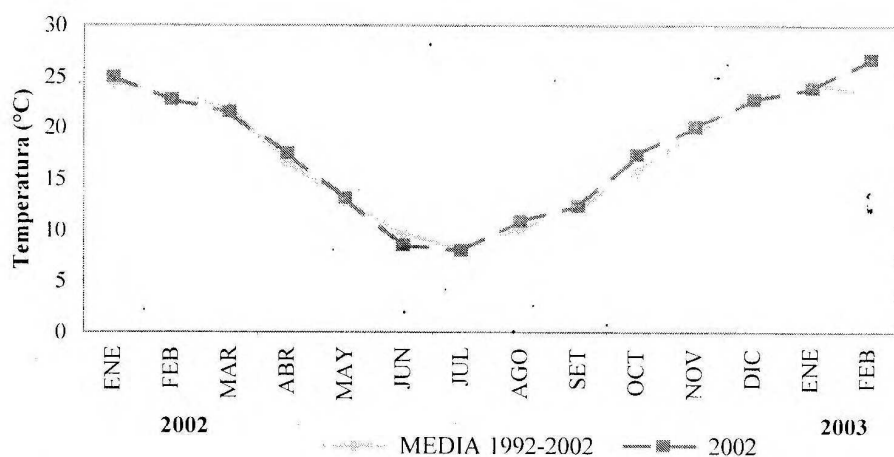


Figura 2. Temperatura de suelo cubierto a 5 cm de profundidad; año 2002-2003 y serie histórica. INIA La Estanzuela.

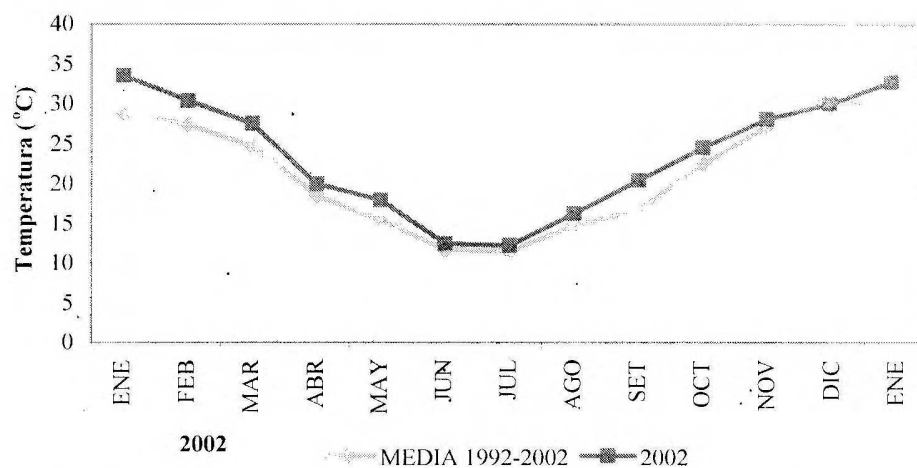


Figura 3. Temperatura de suelo desnudo a 5 cm de profundidad; año 2002-2003 y serie histórica. INIA La Estanzuela.

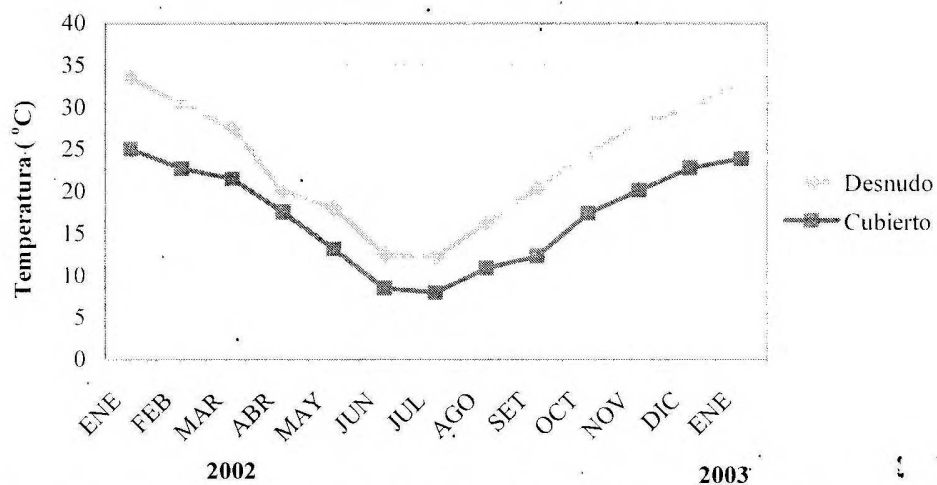


Figura 4. Temperatura de suelo desnudo vs. cubierto a 5 cm de profundidad; año 2002-2003. INIA La Estanzuela.

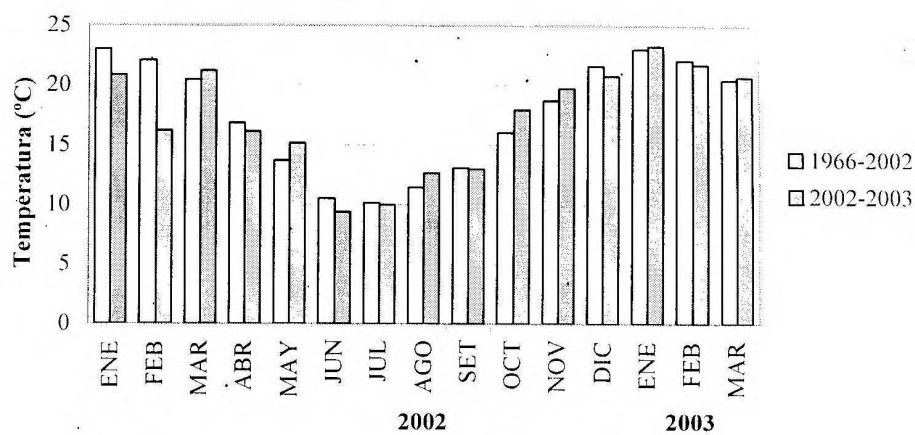


Figura 5. Temperatura ambiente media; año 2002-2003 y serie histórica. INIA La Estanzuela.

Cuadro 8. Precipitación diaria (mm) en mayo a partir de la fecha de siembra, realizada el 09/05/02. INIA La Estanzuela.

Día	PP (mm/día)	PP acumulada (mm)
12/5	36.7	36.7
13/5	19.5	56.2
14/5	76.8	133
15/5	8	141
16/5	3	144
17/5	2	146
18/5	3	149
28/5	39	188
29/5	13.5	201.5

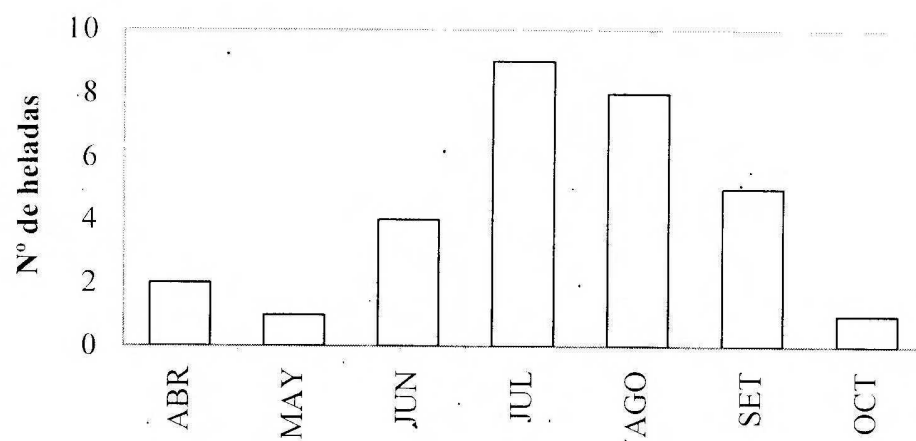


Figura 6. Ocurrencia de heladas durante el año 2002 a partir de la siembra. INIA La Estandzuela.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ÁREA CUBIERTA

La implantación de las especies se estimó a partir del área cubierta por la forrajera sembrada, evaluada a los 119 y 166 días de la siembra. Simultáneamente se determinó el área cubierta por malezas.

Esta evaluación se realizó a través de una estimación visual, comparativamente entre los distintos tratamientos y repeticiones de cada especie. El área cubierta representa el número de plantas, la arquitectura y el crecimiento acumulado de las mismas.

Ninguno de los cultivares logró una buena implantación para las distintas situaciones de siembra evaluadas. Las condiciones climáticas post - siembra fueron determinantes de los resultados obtenidos y tuvieron un peso relativo mayor a los tratamientos estudiados.

En ambas evaluaciones trébol blanco se encontraba aún en estado de roseta, es decir, sin emitir estolones que pudieran haber colonizado áreas del surco de siembra sin plantas de trébol blanco.

Es importante señalar que en Oberón se sembraron 15 kg/ha de unidades de semillas simples, desconociéndose el número de unidades de semillas múltiples sembrada. Esto pudo haber condicionado los resultados de área cubierta y rendimiento.

4.1.1. Área cubierta al 05/09/02, 119 días post siembra

Se detectaron efectos significativos ($p < 0.05$) para los factores especies, métodos de laboreo y para la interacciones especies por rastros y especies por laboreos.

Ninguna de las especies evaluadas logró, independientemente del tratamiento aplicado, porcentajes de área cubierta superiores a 65 %. Esto evidencia problemas de implantación, que se originaron a consecuencia de la intensidad de algunas de las precipitaciones registradas durante los días 12/5 al 15/5, cuadro 8.

Estas determinaron cierto grado de arrastre de semillas en los surcos de siembra y en la situación de laboreo convencional además se generó un encostramiento muy importante que dificultó la implantación.

4.1.1.1. Área cubierta según volumen de rastrojo, al 05/09/02

En cuanto al volumen de rastrojo, si bien para el conjunto de cultivares existió respuesta significativa en el porcentaje de área cubierta ($p < 0.05$), cuadro 9, pocos cultivares reportaron respuesta significativa a este factor. En este sentido, Estanzuela 116 y Crioula presentaron implantaciones significativamente menores en RB respecto a RA. La mejor implantación lograda por Estanzuela 116 en RA, se tradujo al momento del primer corte en rendimientos significativamente mayores en esta situación de rastrojo, figura 7.

Cabe destacar que no se obtuvieron efectos significativos en el porcentaje de área cubierta en función del volumen de rastrojo de las distintas gramíneas evaluadas, Friesen *et al.* (2002), tampoco detectaron diferencias en el porcentaje de implantación de gramíneas sembradas en situación de RA y RB de sorgo.

Cuadro 9. Área cubierta por cultivar según volumen de rastrojo, al 05/09/02.

Cultivar	Área cubierta (%)	
	RA	RB
LE 284	62 Aa	61 Aa
INIA Titán	54 Ba	51 Ba
San Gabriel	49 Ca	45 Ca
Calipso	48 Ca	44 Ca
Estanzuela Zapicán	46 CDa	40 CDa
Estanzuela 116	42 DEa	35 EFb
INIA Oberón	39 EFa	42 Ca
LE 1095a	36 FGa	32 EFGa
Estanzuela Tacuabé	35 FGa	36 DEa
INIA Lacerta	33 GHa	30 FGa
Crioula	29 HIa	20 Hb
Torcaza	26 Ia	28 Ga

Para cada cultivar valores con distinta letra minúscula difieren estadísticamente ($p < 0.05$).
Dentro de un volumen de rastrojo valores con distinta letra mayúscula difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

Al igual que en la evaluación de área cubierta por la especie sembrada, donde pocos cultivares tuvieron respuesta diferencial al volumen de rastrojo, la cobertura del surco por malezas resultó significativa solamente en Crioula, Zapicán, Calipso y Estanzuela 116, siendo el grado de enmalezamiento mayor en RB, cuadro 10. Estos cultivares tuvieron una mejor cobertura de surco en RA, cuadro 9, aunque no en todos significativa, pero esto indica igualmente una asociación inversa entre el área cubierta de la maleza y de la especie sembrada.

El enmalezamiento se caracterizaba por estar compuesto predominantemente por especies anuales, siendo las de mayor frecuencia: *Stachis arvensis*, *Polygonum aviculare*, *Rapistrum rugosum*, *Raphanus raphanistrum* y *Stellaria media*.

Cuadro 10. Área cubierta por malezas según cultivar y volumen de rastrojo, al 05/09/02.

Cultivar	Área cubierta (%)	
	RA	RB
Estanzuela Tacuabé	31 Aa	32 Aa
Torcaza	31 Aa	32 Aa
INIA Oberón	29 Aa	28 BCda
LE 1095a	28 Aa	30 ABCa
Crioula	24 Bb	31 ABa
San Gabriel	24 Ba	24 EFa
INIA Lacerta	22 BCa	27 CDEa
Estanzuela Zapicán	21 BCb	26 DEa
INIA Titán	20 Ca	21 Fa
Calipso	17 Db	24 EFa
Estanzuela 116	16 Db	25 Ea
LE 284	16 Da	17 Ga

Para cada cultivar valores con distinta letra minúscula difieren estadísticamente ($p < 0.05$).
Dentro de un volumen de rastrojo valores con distinta letra mayúscula difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

4.1.1.2. Área cubierta según método de laboreo, al 05/09/02

La implantación de los cultivares varió diferencialmente con los métodos de laboreo (interacción especies * laboreo significativa), especialmente porque estos generaron dos situaciones muy diferentes de encostramiento.

En términos generales, dentro de las gramíneas, ambos cultivares de raigrás fueron los que presentaron los más altos porcentajes de implantación, cuadro 11, sin diferenciarse entre métodos de laboreo, LC o SD. A su vez, la cobertura de LE 284 fue superior a la de Titán tanto en SD como en LC. La cobertura de surco en SD de las leguminosas trébol alejandrino cv. Calipso, trébol blanco cv. Estanzuela Zapicán y lotus cv. San Gabriel, no se diferenció estadísticamente de la registrada por el raigrás cv. INIA Titán.

Cuadro 11. Área cubierta por cultivar según método de laboreo, al 05/09/02.

Cultivar	Área cubierta (%)	
	LC	SD
LE 284	59 Aa	65 Aa
INIA Titán	51 Ba	54 Ba
LE 1095a	40 Ca	28 Eb
San Gabriel	37 CDb	57 Ba
Calipso	35 DEb	56 Ba
INIA Oberón	35 DEb	47 Ca
Estanzuela Tacuabé	33 DEFa	38 Da
Estanzuela Zapicán	31 EFb	55 Ba
Estanzuela 116	29 Fb	48 Ca
Torcaza	29 Fa	25 Ea
INIA Lacerta	21 Gb	42 Da
Crioula	8 Hb	41 Da

Para cada cultivar valores con distinta letra minúscula difieren estadísticamente ($p < 0.05$).
Dentro de un método de laboreo valores con distinta letra mayúscula difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

En el total de cultivares evaluados en el experimento, cuando se consideran las gramíneas, se observa que el ranking de área cubierta de éstas es, a excepción de lo que ocurre en LE 1095a y Oberón, similar en ambos métodos de laboreo. Por el contrario, en las leguminosas se alteran los niveles de implantación al comparar SD con LC, ya que las mismas logran mejores niveles de área cubierta con SD. Esto determina que la dispersión de valores de área cubierta del total de cultivares evaluados en el experimento sea menor en SD. En tal sentido, se determinó el coeficiente de variación para cada uno de los métodos de laboreo, siendo éste de 25 % en SD y de 37 % en LC.

Como se indicó previamente, las abundantes precipitaciones registradas post - siembra provocaron encostramiento del suelo, limitando así la emergencia de las plántulas, especialmente en LC.

Las principales diferencias con relación al área cubierta de las especies según el método de laboreo, estarían explicadas por un mayor grado de enmalezamiento y de suelo desnudo en la situación de LC con relación a la SD.

Dentro de las gramíneas anuales el trigo cv. Torcaza presentó el porcentaje de implantación más bajo para ambos métodos de laboreo, incluso menores que los de ambas gramíneas perennes. Estos bajos valores de implantación del trigo contrastan marcadamente con los resultados indicados por Friesen *et al.* (2002) para trigo cv. Tijereta y cv. LE2265, quienes señalan porcentajes de implantación en LC sobre rastrojo de sorgo de 86 y 78 % respectivamente. En SD obtuvieron implantaciones de 65 % para

Tijereta y de 67 % para LE2265, significativamente menores a lo logrado con LC. La siembra del experimento realizado por Friesen *et al.* (2002) fue el 29/05, coincidiendo con condiciones hídricas y térmicas post siembra muy favorables.

LE 1095a fue la única gramínea anual que presentó respuesta diferencial al método de laboreo, a favor del LC. Este efecto positivo del LC señalado para la avena concuerda con los datos de porcentaje de implantación obtenidos por Friesen *et al.* (2002), que indican para este mismo cultivar un incremento de 19 puntos porcentuales en la situación de LC con relación a SD.

Para Tacuabé y los raigrases, no hay diferencias significativas al método de laboreo en ninguno de los dos trabajos, sin embargo se observan tendencias contrarias. Friesen *et al.* (2002), detectaron mejores resultados en LC para raigrás cv. LE 284 y festuca cv. Tacuabé, mientras que en este trabajo se manifestó una tendencia a favor de la SD. En raigrás cv. INIA Titán en ambos trabajos se registró una tendencia hacia una mejor implantación en SD.

En achicoria cv. INIA Lacerta y en todas las leguminosas, los cultivares tuvieron mejor comportamiento en SD, concordando con lo señalado por Friesen *et al.* (2002) para estos mismos cultivares.

Dentro de las leguminosas, alfalfa en LC fue el material marcadamente más afectado en su implantación por los excesos hídricos y el encostramiento.

Con la excepción de avena cv. LE 1095a, que presentó un área cubierta por las malezas similar entre SD y LC, cuadro 12, en las restantes forrajeras el área cubierta por las malezas fue significativamente inferior bajo situaciones de SD comparativamente con LC.

Cuadro 12. Área cubierta por malezas según cultivar y método de laboreo, al 05/09/02.

Cultivar	Área cubierta (%)	
	LC	SD
Estanzuela Tacuabé	37 Aa	26 Bb
INIA Oberón	35 ABa	22 Cb
Torcaza	35 ABa	27 ABb
Crioula	33 BCa	22 Cb
INIA Lacerta	32 BCa	16 DEb
San Gabriel	30 CDa	18 Db
Estanzuela Zapicán	30 CDa	18 Db
LE 1095a	28 DEa	30 Aa
Calipso	28 DEa	13 EFb
INIA Titán	27 DEa	14 Eb
Estanzuela 116	26 Ea	15 DEb
LE 284	22 Fa	11 Fb

Para cada cultivar valores con distinta letra minúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Dentro de un método de laboreo valores con distinta letra mayúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

En leguminosas, Lacerta y Oberón existe una asociación inversa entre el área cubierta por el cultivo y el área cubierta por las malezas. Esto significa que cuando hay diferencias significativas en la cobertura del cultivar a favor de SD, el nivel de enmalezamiento es significativamente menor en esta situación.

También se detectaron diferencias en cuanto al tipo de enmalezamiento, siendo en LC mayor la diversidad de especies, en relación a SD.

Al comparar los cuadros 10 y 12, los cuales caracterizan el enmalezamiento en función de los distintos factores estudiados, se puede determinar que el método de laboreo tiene mayor influencia que el volumen de rastrojo en determinar los niveles de enmalezamiento.

4.1.2. Área cubierta al 22/10/02, 166 días post siembra

Se determinaron efectos significativos ($p < 0,05$) para los factores especies, métodos de laboreo y para la interacción especies * volúmenes de rastrojo y especies * métodos de laboreo.

En esta segunda determinación de área cubierta se registraron niveles de cobertura de surco por la especie sembrada muy superiores a los determinados previo al

primer corte de forraje, en ambas situaciones de volumen de rastrojo y de laboreo evaluadas, cuadros 13 y 15.

4.1.2.1. Área cubierta según volumen de rastrojo, al 22/10/02

A más de 160 días de la siembra, continúan manifestándose respuestas positivas al mayor volumen de rastrojo, en los mismos cultivares que en la medición anterior, cuadro 13. Además trébol blanco cv. Estanzuela Zapicán tuvo en esta determinación una cobertura de surco significativamente mayor en RA. De estos cultivares, Estanzuela 116 fue el único que en producción de forraje al 23/10 logró un rendimiento significativamente mayor en RA, figura 9.

Cuadro 13. Área cubierta por cultivar según volumen de rastrojo, al 22/10/02.

Cultivar	Área cubierta (%)	
	RA	RB
LE 284	92 Aa	95 Aa
INIA Titán	88 Aa	85 Ba
Calipso	81 Ba	74 Ca
Estanzuela 116	72 Ca	59 EFb
Estanzuela Zapicán	70 Ca	59 EFb
San Gabriel	69 Ca	71 CDa
INIA Oberón	67 Ca	64 DEa
INIA Lacerta	59 Da	56 Fa
Estanzuela Tacuabé	45 Ea	45 Ga
LE 1095a	43 EFa	39 Ga
Crioula	37 Fa	18 Ib
Torcaza	28 Ga	30 Ha

Para cada cultivar valores con distinta letra minúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Dentro de un volumen de rastrojo valores con distinta letra mayúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Analizando la evolución del enmalezamiento en función del volumen de rastrojo, desde la primera a la segunda determinación, cuadros 10 y 14, se detectaron cambios en los porcentajes de área cubierta. Dentro de la familia de las gramíneas existieron cambios tanto en magnitud como en dirección de respuesta. Así, Torcaza, LE 1095a y Tacuabé tuvieron incrementos en el enmalezamiento, debido a un lento rebrote luego del primer corte, asociado a una baja cobertura de surco en Tacuabé y por el muy bajo número de plantas en la hilera en Torcaza y LE 1095a. Por el contrario, Oberón y los raigrases sufrieron una disminución del enmalezamiento, que en los raigrases fue comparativamente más importante que el aumento mencionado en los cultivares anteriores.

Cuadro 14. Área cubierta por malezas según volumen de rastrojo, al 22/10/02.

Cultivar	Área cubierta (%)	
	RA	RB
Torcaza	44 Aa	45 Aa
Estanzuela Tacuabé	42 Aa	38 Ba
LE 1095a	33 Ba	39 Ba
Crioula	31 Bb	42 ABa
INIA Lacerta	21 Cb	28 Ca
INIA Oberón	20 Ca	22 Da
San Gabriel	18 CDa	16 EFa
Estanzuela 116	15 Da	18 DEa
Estanzuela Zapicán	15 Da	19 DEa
Calipso	9 Ea	12 FGa
INIA Titán	5 EFa	7 GHa
LE 284.	3 Fa	2 Ha

Para cada cultivar valores con distinta letra minúscula difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

Dentro de un volumen de rastrojo valores con distinta letra mayúscula difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

4.1.2.2. Área cubierta según método de laboreo, al 22/10/02

Con relación al método de laboreo, las diferencias observadas a favor de la SD para las leguminosas en la determinación del 05/09/02, se mantuvieron al momento de esta segunda observación, pero existió un incremento del porcentaje de área cubierta tanto en SD como en LC, cuadro 15.

Cuadro 15. Área cubierta por cultivar según método de laboreo, al 22/10/02.

Cultivar	Área cubierta (%)	
	LC	SD
LE 284	92 Aa	93 Aa
INIA Titán	88 Aa	84 BCa
Calipso	64 Bb	90 ABa
San Gabriel	54 Cb	85 BCa
INIA Oberón	54 Cb	76 Da
LE 1095a	53 Ca	29 Fb
Estanzuela 116	51 CDb	80 CDa
Estanzuela Zapicán	46 Db	81 CDa
INIA Lacerta	38 Eb	76 Da
Estanzuela Tacuabé	35 Eb	53 Ea
Torcaza	34 Ea	23 Fb
Crioula	6 Fb	48 Ea

Para cada cultivar valores con distinta letra minúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Dentro de un método de laboreo valores con distinta letra mayúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

El raigrás cv. LE 284 continúa siendo el de mejor implantación para el total de cultivares evaluados tanto en LC como en SD, no diferenciándose estadísticamente del raigrás cv. INIA Titán en la situación de LC, ni del trébol alejandrino cv. Calipso en SD. En SD, el raigrás cv. INIA Titán, el lotus cv. San Gabriel y el trébol blanco cv. Estanzuela Zapicán presentan, al igual que en la determinación anterior, elevados valores de área cubierta dentro del total de cultivares evaluados. También se registró un alto porcentaje de cobertura en trébol rojo cv. Estanzuela 116, sin diferencias estadísticas con éstos últimos cultivares.

La avena cv. LE 1095a y el trigo cv. Torcaza fueron los únicos que tuvieron un mayor porcentaje de área cubierta en LC respecto a SD. Dentro de SD fueron los que lograron los valores más bajos, y ninguno de estos cultivares logró aumentar en esta segunda determinación el valor de área cubierta obtenido bajo SD en la evaluación del 05/09/02.

Para las leguminosas, achicoria y gramíneas perennes el método de laboreo resultó ser altamente significativo en cuanto a la cobertura del surco, a favor de la SD. A su vez, dentro de este método de laboreo y exceptuando a Crioula, no existieron diferencias significativas entre las leguminosas perennes.

El principal factor que explica el gran incremento en el porcentaje de área cubierta por la especie sembrada en la mayoría de los cultivares, entre la primera y la segunda evaluación, es la disminución en el grado de enmalezamiento, principalmente

en SD, cuadro 16. El corte de uniformización que se realizó luego del primer corte de forraje, sumado al control químico, lograron disminuir sensiblemente la competencia de las malezas, y por consiguiente los cultivares forrajeros lograron una mayor proporción de cobertura del surco de siembra.

No obstante, en LC, Crioula, Tacuabé, Torcaza y Lacerta tuvieron un elevado porcentaje del surco cubierto por malezas. Estos cultivares lograron muy bajas coberturas en la determinación del 05/09, cuadro 11, asociadas a elevados enmalezamientos, cuadro 12. Esto determinó una menor oportunidad de competencia frente a las malezas, que reinfestaron luego del control químico. A su vez, en Tacuabé y Crioula las bajas tasas de crecimiento de primer año limitaron la capacidad de competencia frente a las malezas.

Cuadro 16: Área cubierta por malezas según cultivar y método de laboreo, al 22/10/02.

Cultivar	Área cubierta (%)	
	LC	SD
Crioula	54 Aa	19 Cb
Estanzuela Tacuabé	47 Ba	33 Bb
Torcaza	47 Ba	42 Aa
INIA Lacerta	38 Ca	11 DEb
LE 1095a	31 Db	40 Aa
INIA Oberón	29 DEa	13 Db
San Gabriel	26 DEa	7 EFGb
Estanzuela Zapicán	26 Ea	8 DEFb
Estanzuela 116	24 Ea	9 DEF b
Calipso	18 Fa	3 GHb
INIA Titán	8 Ga	4 FGHa
LE 284	4 Ga	1 Ha

Para cada cultivar valores con distinta letra minúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Dentro de un método de laboreo valores con distinta letra mayúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

En esta segunda determinación continúa existiendo una relación inversa entre el área cubierta por la especie sembrada y por la maleza en la mayoría de los cultivares. Esta relación se observa al analizar los resultados entre cultivares dentro de un método de laboreo y también dentro de un cultivar entre LC y SD.

Analizando comparativamente los cuadros 12 y 16 se puede observar que para la mayoría de los cultivares existió una disminución del grado de enmalezamiento desde la primera a la segunda evaluación. No obstante, en festuca cv. Tacuabé, trigo cv. Torcaza y avena cv. LE 1095a se dio un efecto contrario y éstos se vieron afectados por mayor enmalezamiento tanto en LC como en SD. Alfalfa cv. Crioula y achicoria cv. Lacerta también registraron mayor enmalezamiento en esta segunda determinación en LC.

4.2. PRIMER CORTE

4.2.1. Producción de forraje

En la primera determinación de rendimiento, a los 123 días de la siembra, se obtuvieron efectos significativos ($p < 0,05$) para los factores laboreo y especie, así como también para las interacciones especie * rastrojo y especie * laboreo.

En el cuadro 17 se presenta el ranking productivo de todos los cultivares evaluados, para la media de las situaciones de siembra estudiadas.

Cuadro 17. Producción de forraje por cultivar, al primer corte.

Cultivar	Forraje (kg MS/ha)
LE 1095a	1026 A
LE 284	953 A
Calipso	868 AB
INIA Titán	772 B
Torcaza	467 C
Estanzuela 116	316 CD
INIA Oberón	281 D
Estanzuela Zapicán	261 D
INIA Lacerta	244 DE
San Gabriel	241 DE
Estanzuela Tacuabé	184 DE
Crioula	84 E

Valores con distinta letra difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Teniendo en cuenta un período de crecimiento de 123 días entre la siembra y el primer corte, los rendimientos obtenidos son inferiores a los registrados en evaluaciones de estos cultivares realizados a nivel nacional. En este sentido, resultados de la evaluación de especies forrajeras (Vilaró 2003, Vilaró *et al.* 2003) para el mismo período de crecimiento, invierno de 2002, registraron valores muy superiores a los obtenidos en el experimento bajo estudio. Así, las gramíneas anuales rindieron en el experimento un 30% con relación a lo que produjeron dichas especies en el programa nacional de evaluación de cultivares. Del mismo modo, un guarismo del 40% se determinó en Calipso y Lacerta.

Los menores rendimientos obtenidos en este experimento se explicarían por varios factores. En primer término la fecha de siembra, el nueve de mayo, puede haber enlentecido los procesos de germinación y nodulación, así como el crecimiento inicial de

las plántulas, debido a las bajas temperaturas y a la mayor probabilidad de ocurrencia de heladas. En este sentido, Carámbula *et al.* (1994), evaluaron la producción de forraje al primer corte para tres épocas de siembra, abril, mayo y junio, promedio de tres años, y señalan que el atraso en la fecha de siembra afecta negativamente la implantación y en consecuencia la contribución de las especies en el primer corte. Mientras que San Gabriel y Zapicán son muy sensibles a los atrasos en la siembra, reduciendo a la mitad su rendimiento en siembras de mayo con relación a las de abril, en LI 284 las depresiones son de menor magnitud.

Para avena, Rosso y Chifflet de Verde (1992), analizando la producción al primer corte para una serie de años, señalan la importancia de éste en la producción de materia seca total. Así, indican que en promedio este corte logra un aporte de 44 % de la producción total, lo que mostraría la importancia de hacer la siembra temprana para tener producción de forraje en otoño e invierno, momento crítico para el crecimiento de las pasturas, en general.

En Calipso, determinaciones realizadas por García (2000), señalan reducciones de 47 % en la producción de materia seca en siembras de fines de mayo respecto a siembras de mediados de abril, siendo la producción total 5,3 t MS/ha en siembras de abril y 2,79 t MS/ha en siembras de mayo.

Para alfalfa, Rebuffo (2000), indica que las siembras de otoño temprano, fines de marzo y abril, son las más adecuadas ya que el clima templado permite un rápido desarrollo de las plántulas, tanto de la parte aérea como radical, permitiéndoles acumular reservas en raíces y desarrollar una buena nodulación.

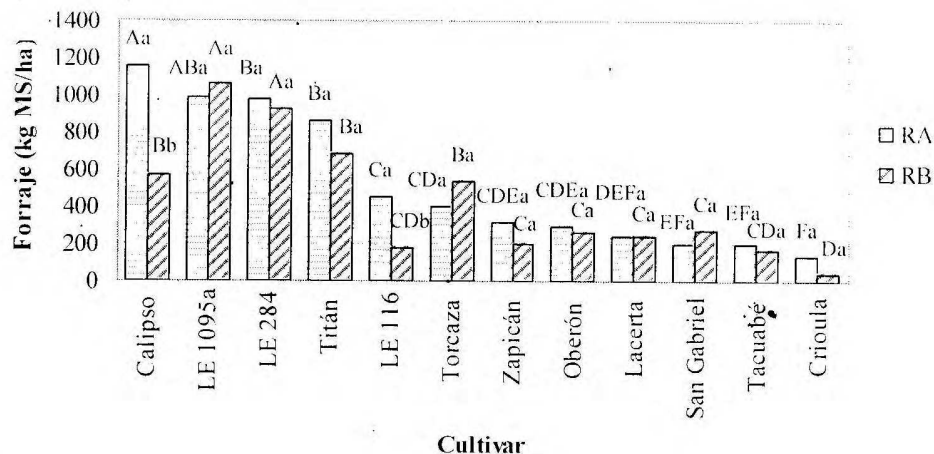
En segundo lugar, otro de los factores que explicarían los bajos rendimientos obtenidos, sería los excesos hídricos registrados en los días inmediatos post-siembra. Estos determinaron esporádicas condiciones de anegamiento del suelo, que podrían disminuir la disponibilidad de oxígeno, ocasionando una reducción en la actividad biológica y menor crecimiento radical.

Las especies que presentan mayor producción en este primer corte son las de ciclo anual, lo que evidencia su mayor precocidad con respecto a las de tipo perenne. Esto se explicaría por las características genéticas diferenciales entre ambos grupos, donde las anuales poseen mayor velocidad de crecimiento inicial. El mayor tamaño y peso de semilla de éstas, determina más cantidad de reservas, las cuales son indispensables al momento de la germinación y crecimiento inicial de las forrajeras.

Este ranking observado a nivel general se mantiene de manera similar al considerar el volumen de rastrojo, RA y RB, y método de laboreo, SD y LC, si bien existen especies con comportamiento diferencial en cada situación, tal como lo indica la significancia de las interacciones respectivas.

4.2.1.1. Producción de forraje según volumen de rastrojo.

Los datos de rendimiento en función de la cantidad de rastrojo se presentan en la figura 7.



Para cada cultivar valores con distinta letra minúscula difieren estadísticamente ($p < 0.05$).
Dentro de un volumen de rastrojo valores con distinta letra mayúscula difieren estadísticamente ($p < 0.05$).
Figura 7. Producción de forraje por cultivar según volumen de rastrojo, al primer corte.

Se detectaron efectos significativos del volumen de rastrojo solamente en Calipso y Estanzuela 116. En ambas leguminosas se obtuvo un rendimiento superior en más del 100% en RA, en comparación con RB.

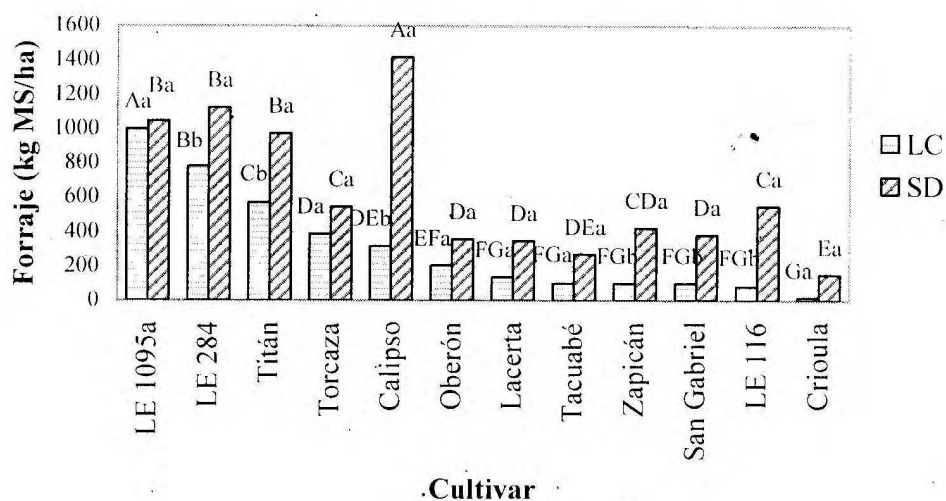
Los resultados obtenidos en este primer corte son contrarios a los constatados por otros autores, que señalan efectos depresivos en el rendimiento inicial de cultivos y pasturas por altos volúmenes de rastrojo de sorgo. En este sentido Oudri (1976 -1978) encontró que el rastrojo de sorgo inhibió en 50% el rendimiento de trigo sembrado a continuación en forma directa.

Dicha depresión se explicaría por una alta inmovilización de nitrógeno por parte de los microorganismos del suelo, asociado a mayores cantidades de rastrojo, lo cual se traduciría en una menor disponibilidad de este nutriente en el suelo. Asimismo existiría un mayor potencial alelopático en situaciones de altos volúmenes de rastrojo. Morón (2001), sostiene que debido a los altos volúmenes de rastrojo que deja el sorgo en suelo y a su alta relación C/N, se determina una gran inmovilización de nitrógeno. Asimismo, Morón y Beathgen (1996) y Morón (1995) informan la asociación entre la velocidad de descomposición de diferentes rastrojos y la FDN, donde rastrojos con 69.6% de FDN

como la caña de sorgo demoran más del doble de tiempo en descomponerse, en comparación a la descomposición de la parte aérea de trébol blanco, el cual tiene 31,5% de FDN.

4.2.1.2. Producción de forraje según método de laboreo

Analizando el comportamiento productivo de las especies en función del método de laboreo, se detectaron ventajas a favor de la SD en la mayoría de las especies, figura 8. Al igual que en el estudio comparativo de rastreo, en esta situación se mantiene, en términos generales, el orden productivo general de las especies.



Para cada cultivar valores con distinta letra minúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).
Dentro de un método de laboreo valores con distinta letra mayúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).
Figura 8. Producción de forraje por cultivar según método de laboreo, al primer corte.

Los rendimientos obtenidos en SD fueron mayores a los de LC, siendo las leguminosas las de mayor incremento en SD, en relación con las gramíneas. No obstante, es importante señalar que LE 284 y Titán también presentaron una producción marcadamente superior en SD.

Este comportamiento diferencial podría estar asociado a que las plántulas de leguminosas son más sensibles a las adversidades climáticas. En este sentido la permanencia de rastreo en superficie generó una situación favorable, disminuyendo el efecto negativo de las heladas. Ernst y Siri (1997) detectaron que la temperatura del suelo se modifica según sea el método de laboreo, siendo la amplitud térmica en SD menor. La magnitud del cambio depende de la estación del año considerada, siendo en invierno entre 2 y 4 °C menor. Dicha variación se produce dentro de un rango de alta

respuesta vegetal a la temperatura y depende de la cantidad de rastrojo que queda sobre el suelo y su geometría.

Otra ventaja a favor de mantener el rastrojo en superficie, se debe a la protección física de éste frente a los excesos hídricos. Como se indica en el cuadro 8, se registraron precipitaciones mayores a 140 mm durante la primera semana post-siembra. En este sentido el rastrojo actúa disminuyendo el escurrimiento superficial, minimizando el lavado de suelo, así como también protegiendo al suelo del impacto de las gotas. Esto generó una situación diferencial entre LC y SD, donde bajo LC se constató la presencia de un muy alto grado de encostramiento. Este perjudica la emergencia de plántulas, especialmente de leguminosas.

Dentro de las leguminosas, la especie más sensible a los excesos hídricos es alfalfa, lo cual se evidenció en la pobre implantación que obtuvo el cv. Crioula en este experimento. Este efecto negativo condicionó el rendimiento de la misma en todas las evaluaciones posteriores, especialmente en las situaciones de LC. Rebuffo (2000) indica que en las siembras realizadas durante los meses de invierno las plántulas son más sensibles a daños por frío; a su vez aumenta el riesgo de sufrir periodos de anegamiento que pueden ser letales en estados juveniles.

El mayor rendimiento de las especies sembradas en SD se explicaría también por el menor enmalezamiento en esta situación con respecto a LC. Al remover el suelo, el laboreo estimula la germinación de las semillas de malezas que se encuentran en el banco de semillas del suelo.

En este sentido, Ríos (2001) reporta que los residuos de cultivos en superficie del suelo modifican el tipo de radiación que llega al mismo, su temperatura, la dinámica de nutrientes y agua, alterando la comunidad de malezas con relación a las situaciones con laboreo. A su vez señala que los rastrojos inhiben la emergencia y posterior crecimiento de las malezas.

En LE 116 y Calipso se registraron marcadas diferencias productivas a favor de SD. A su vez, estas fueron las únicas dos especies con respuesta significativa al volumen de rastrojo, lo que podría estar indicando un efecto asociado positivo de la permanencia del rastrojo en superficie, SD, y la mayor cantidad de este, RA.

De acuerdo a la sensibilidad de respuesta de las especies al método de laboreo, las mismas se agruparon cualitativamente en alta, media y baja respuesta, según el cociente de rendimiento SD/LC, cuadro 18.

Cuadro 18. Caracterización de cultivares según sensibilidad al método de laboreo.

Sensibilidad	SD/LC	Cultivar
Baja	< 1,5	LE 1095a; LE 284; Torcaza
Media	1,5 – 4	Titán; Oberón; Lacerta; Tacuabé; San Gabriel
Alta	> 4	Crioula; LE 116; Zapicán; Calipso

El grupo de baja sensibilidad está integrado exclusivamente por gramíneas anuales, lo que concuerda con lo señalado anteriormente de que este grupo se comporta de forma similar en ambos métodos de laboreo. Contrariamente, las leguminosas se encuentran principalmente en el grupo de alta respuesta.

A excepción de LE 1095a y Oberón, las gramíneas presentaban un porcentaje de área cubierta similar en SD y en LC, cuadro 9, pero el hecho de haber una densidad y diversidad de malezas mayor en LC deprimió el crecimiento de las forrajeras en esta situación. Las mayores diferencias entre SD y LC para las leguminosas se deben a que éstas, en LC, además del problema de enmalezamiento, presentaron menores implantaciones y crecimiento inicial que en SD, probablemente por ser más susceptibles frente a situaciones de alto grado de encostramiento y anoxia.

4.2.2. Tasa de crecimiento

El período considerado para el cálculo de las tasas de crecimiento corresponde al intervalo siembra (09/05/02) – primer corte (10/09/02), sin tener en cuenta el momento de emergencia de cada especie. Los valores registrados indican un lento crecimiento inicial en todos los cultivares, cuadro 19:

Cuadro 19. Tasas de crecimiento por cultivar, para el intervalo siembra - primer corte.

Cultivar	Forraje (kg MS/ha/día)
LE 1095a	8
LE 284	8
Calipso	7
INIA Titán	6
Torcaza	4
Estanzuela 116	3
INIA Oberón	2
Estanzuela Zapicán	2
INIA Lacerta	2
San Gabriel	2
Estanzuela Tacuabé	2
Crioula	1

Este período de crecimiento corresponde al último mes de otoño y todo el invierno, lo cual se asocia a condiciones de bajas temperaturas y luminosidad, lo que limitaría las tasas de fotosíntesis, traduciéndose en menores tasas de crecimiento.

Sin embargo, es posible identificar especies con tasas de crecimiento superiores, como son las anuales. Dicho comportamiento evidencia la necesidad de las mismas por lograr un rápido crecimiento y desarrollo en corto tiempo para cumplir con su ciclo productivo.

El análisis conjunto de varios años en experimentos realizados en INIA La Estanzuela para Zapicán, LE 116, San Gabriel y alfalfa cv. Chaná por Díaz Lago *et al.* (1996), indican que el período de implantación y las bajas temperaturas del invierno determinaron que la producción de forraje en el otoño – invierno del primer año fuera siempre reducida. Las tasas de crecimiento aumentaron progresivamente recién a fines de agosto. Chaná y San Gabriel presentaron las menores tasas máximas de primer año: 30 y 31 kg MS/ha/día, Zapicán ocupó una posición intermedia: 43 kg MS/ha/día y el mayor valor correspondió a LE 116: 72 kg MS/ha/día.

Las tasas de crecimiento calculadas para los períodos de crecimiento siguientes a partir del primer corte muestran importantes aumentos con respecto a los valores indicados en el cuadro 19.

4.3. SEGUNDO CORTE

4.3.1. Producción de forraje

En la segunda determinación de producción de forraje, realizada el 23/10/02, al igual que en el primer corte, se detectaron efectos significativos ($p < 0,05$) para las variables especie, método de laboreo y para las interacciones especie * rastrojo y especie * laboreo. El período de crecimiento desde el primer al segundo corte fue de 43 días.

Es importante señalar que luego del primer corte se realizó una uniformización del tapiz con rotativa Honda, dejándose un césped residual de 4 cm. Esto modificó la arquitectura del residuo de sorgo que estaba en superficie, ya que el mismo fue picado y quedó disperso sobre el suelo.

En el cuadro 20 se indican los rendimientos de materia seca para todos los cultivares, media de las distintas situaciones de siembra estudiadas.

Cuadro 20. Producción de forraje por cultivar, al segundo corte.

Cultivar	Forraje (kg MS/ha)
LE 284	2452 A
INIA Titán	1778 B
Calipso	1323 C
LE 1095a	1274 C
INIA Lacerta	1162 CD
INIA Oberón	1133 CD
Torcaza	986 DE
Estanzuela 116	834 EF
San Gabriel	806 EF
Estanzuela Zapicán	731 F
Estanzuela Tacuabé	390 G
Crioula	159 H

Valores con distinta letra difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Todos los cultivares presentaron rendimientos muy superiores a los registrados en la primera evaluación. Esto se atribuye a que este corte representa el primer crecimiento primaveral, donde los factores ambientales que determinan el crecimiento vegetal son más favorables con respecto al período de crecimiento anterior. A su vez en este período no intervienen las limitantes propias de la etapa de implantación.

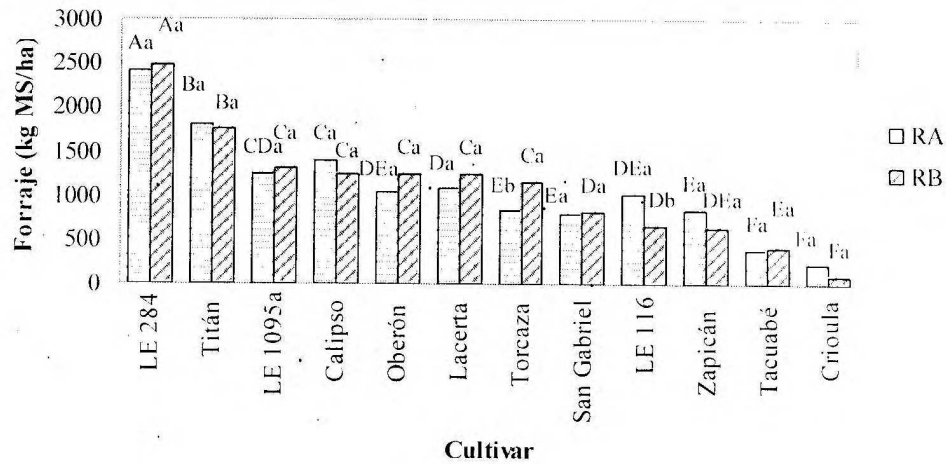
Al igual que en el primer corte las anuales son las de mayor aporte, si bien existen diferencias marcadas entre ellas. En tal sentido, al comparar los raigrases con la avena, la menor producción de ésta se debe a que la fecha de siembra del experimento, en otoño tardío, el nueve de mayo, afectaría más a esta especie, dado que no le permite expresar su precocidad otoñal y a su vez condiciona su rebrote. Otra causa de esta diferencia es la pobre implantación que presentó la avena con relación a los raigrases. El stand de plantas no logró cerrar el entresurco, y esto tampoco fue compensado por una alta tasa de macollaje.

A excepción de Titán, el resto de las gramíneas anuales se encontraban al momento de este corte en estado reproductivo; el trigo estaba en estado de embuche, mientras que raigrás LE 284 y avena estaban en espigazón. Esta es una de las causas del mayor aporte de LE 284 con respecto a Titán, ya que éste último se caracteriza por elongar los entrenudos más tardíamente (García 2000).

Trébol rojo, blanco y lotus se caracterizaron por un bajo rendimiento de materia seca, siendo muy escasas las diferencias entre ellos, con rendimientos que no superaron los 850 kg MS/ha, mientras que alfalfa, especie que presentó serios problemas de implantación, registró valores tan bajos como 159 kg MS/ha. Zapicán no expresó su potencial de aporte primaveral temprano, característico por su ciclo invernal, lo que determinó que no se diferencie de San Gabriel. En este sentido Díaz Lago *et al.* (1996) señala que en el primer año en primavera Zapicán produce 2,64 t MS/ha, mientras que San Gabriel produce 2,14 t MS/ha.

4.3.1.1. Producción de forraje según volumen de rastrojo.

Al igual que en el primer corte el efecto del volumen de rastrojo se restringió a algunas especies y las magnitudes de las diferencias entre RA y RB son menores, figura 9.

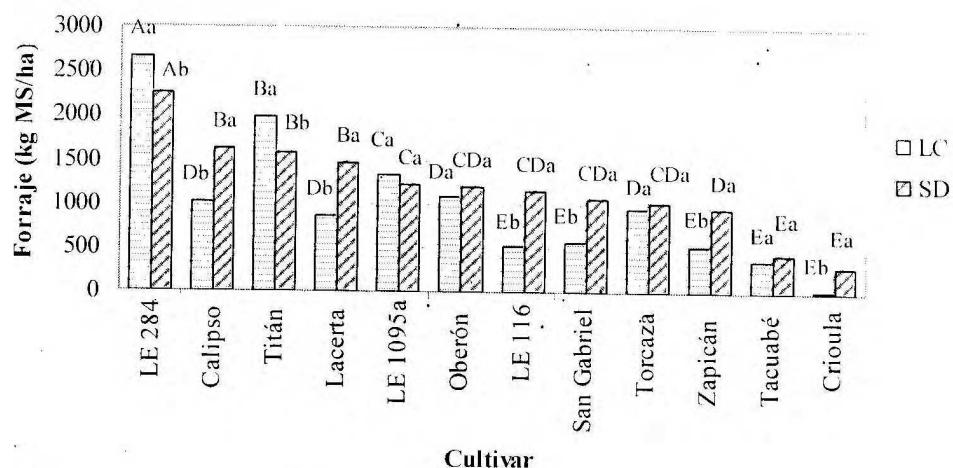


Para cada cultivar valores con distinta letra minúscula difieren estadísticamente ($p < 0.05$).
 Dentro de un volumen de rastrojo valores con distinta letra mayúscula difieren estadísticamente ($p < 0.05$).
 Figura 9. Producción de forraje por cultivar según volumen de rastrojo, al segundo corte.

Al comparar las producciones entre las situaciones de RA y RB, se observa que en Calipso se equiparan los rendimientos, y la misma tendencia se da en trébol rojo. Esto sugiere que los efectos atribuidos a los volúmenes de rastrojo en el primer corte se diluyen al segundo corte, probablemente debido a condiciones climáticas más favorables para el crecimiento y actividad de microorganismos; de esta forma la tasa de descomposición del rastrojo sería mayor.

4.3.1.2. Producción de forraje según método de laboreo.

Las leguminosas siguen presentando un comportamiento similar al cuantificado en el primer corte; mayores rendimientos en SD con respecto a LC, figura 10.



Para cada cultivar valores con distinta letra minúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).
 Dentro de un método de laboreo valores con distinta letra mayúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).
 Figura 10. Producción de forraje por cultivar según método de laboreo, al segundo corte.

Los efectos benéficos directos del rastrojo en superficie, en condiciones de SD, reportados en el primer corte, fueron modificados para el período de crecimiento en estudio, dado el corte de homogeneización, realizado con rotativa Honda. Esto determinó que el rastrojo en pie fuera cortado a 4 cm de altura, picado y desparramado uniformemente en superficie. No obstante, se mantendrían efectos residuales, ya que el mejor crecimiento inicial en SD, permitiría un rebrote más rápido y consecuentemente mayores rendimientos en el segundo corte.

La respuesta de los raigrases al método de laboreo es inversa a la obtenida en el corte anterior, ya que éstos manifestaron mayores rendimientos en LC. En leguminosas las diferencias entre SD y LC se diluyen, aunque siguen manifestándose mayores rendimientos bajo SD.

El mayor rendimiento en LC de los raigrases, podría explicarse por dos factores. En primer lugar, durante el período siembra - primer corte el nivel de nitratos en suelo puede haber sido muy bajo en LC, debido a la mayor inmovilización de dicho nutriente por parte de los microorganismos en las primeras etapas post - laboreo. En este sentido, Ernst (1999) señala que laboreos tardíos, de mayo, sumados a rastrojos de gran volumen y baja calidad, de difícil descomposición, determinan una baja disponibilidad de nitrógeno a la siembra, de 2 ppm de $N-NO_3^-$. Luego en el período primer - segundo corte aumentaría el nivel de nitratos en suelo. Sin embargo, en la situación de SD, al eliminar el laboreo, el aporte de nitrógeno se produciría más tarde en la estación de crecimiento (Ernst 1999). Es importante destacar que tanto en LC como en SD se refertilizaron las gramíneas y la achicoria con 100 kg/ha de urea.

En segundo término, la eliminación de la competencia de malezas, dado por los efectos aditivos del primer corte más aplicación de herbicida, explicaría el mejor desempeño de ambos cultivares de raigrás en LC. Conjuntamente, el mayor crecimiento de las especies, potenció el control químico. A su vez, al disminuir las malezas, el nitrógeno que aporta el suelo sería absorbido por las especies forrajeras y no por las malezas.

La sensibilidad productiva al método de siembra, SD y LC, se estudia en función del cociente productivo SD/LC, cuadro 21.

Cuadro 21. Caracterización de cultivares según sensibilidad al método de laboreo.

Sensibilidad	SD/LC	Cultivar
Baja	< 1,5	LE 1095a; LE 284; Torcaza; Tacuabé; Oberón; Titán
Media	1,5 – 4	Lacerta; Calipso; LE 116; San Gabriel; Zapicán
Alta	> 4	Crioula

La información presentada en el cuadro 21 constata lo descripto anteriormente, de que la respuesta diferencial de las especies al método de laboreo no es tan marcada en relación al primer corte. No obstante, continúan habiendo diferencias, presentándose las gramíneas con mayor versatilidad al método de laboreo que las leguminosas y la achicoria.

4.3.2. Tasa de crecimiento

Se determinó la tasa de crecimiento para el intervalo primer corte - segundo corte, el cual fue de 43 días, cuadro 22.

Cuadro 22. Tasa de crecimiento por cultivar, para el intervalo primer corte - segundo corte.

Cultivar	Forraje (kg MS/ha/día)
LE 284	57
INIA Titán	41
Calipso	31
LE 1095a	30
INIA Lacerta	27
INIA Oberón	26
Torcaza	23
Estanzuela 116	19
San Gabriel	19
Estanzuela Zapicán	17
Estanzuela Tacuabé	9
Crioula	4

Los bajos valores para alfalfa concuerdan con lo reportado por Díaz Lago *et al.* (1996), quienes obtuvieron tasas de crecimiento para un promedio de varios años durante este período menores a 5 kg MS/ha/día. Los autores sostienen que el primer año de esta especie estuvo siempre muy influido por el período de implantación, presentando las menores tasas de crecimiento. Particularmente en este experimento, la lenta velocidad de crecimiento de la alfalfa responde en gran parte al bajo stand logrado.

La tasa calculada para LE 284, es similar a la reportada por Chiara (1975) citado por Carámbula (1977), durante setiembre - octubre, quienes indican valores de 45 kg MS/ha/día.

Para Calipso, García (2000), detectó tasas de crecimiento que oscilan desde 25 a 80 kg MS/ha/día en nueve experimentos (1995 - 1998) para el período setiembre - octubre. En el presente experimento el valor registrado en Calipso se encuentra próximo al límite inferior del rango anteriormente mencionado (cuadro 22).

4.3.3. Altura de meristemos apicales en Titán

El objetivo de esta determinación fue conocer la altura de meristemos apicales. Es importante destacar que existen marcados paralelismos entre las tasas evolutivas de alargamiento de entrenudos, las tasas de crecimiento y las tasas de requerimiento de nutrientes del cultivo (Formoso 1995).

La medición se realizó sobre las macollas principales de cada planta. Las macollas formadas temprano en la estación de crecimiento, durante otoño e invierno presentan una alta capacidad de procesamiento de las señales inductivas del ambiente, fundamentalmente las fototérmicas.

El 96 % de las macollas presentó su punto de crecimiento por encima de los tres centímetros de altura en la fecha de realización del segundo corte. Esta elevada proporción de macollas en etapa de elongación de entrenudos se debe a que el cálculo se realizó sobre las macollas principales de cada planta evaluada.

El límite considerado de tres centímetros, representa la altura máxima que evitaría la eliminación del meristemo apical en pastoreos racionales (Formoso 1995).

En la figura 11 se presenta la distribución en altura de los meristemos apicales al 22/10/02.

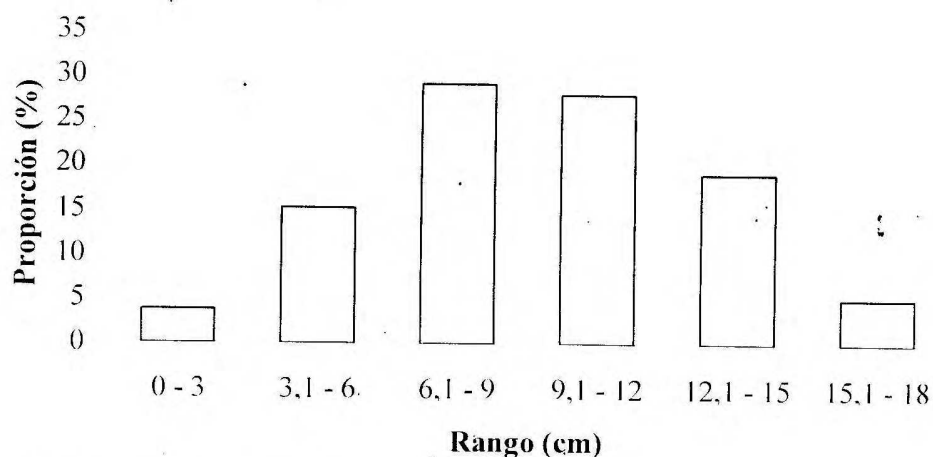


Figura 11. Porcentaje de macollas principales con meristemos apicales situados a distintas alturas desde el nivel del suelo en Titán.

El estado fenológico de cada macolla representa la interacción de factores genéticos y señales del ambiente. En este sentido, Titán no presentaba al momento del segundo corte ninguna planta totalmente encañada, mientras que en LE 284 la totalidad de las macollas principales estaban espigadas. Dicho comportamiento es el reflejo de la necesidad de acúmulo de frío por parte de Titán para florecer, requerimiento que no presenta el raigrás LE 284 que florece más temprano. Esto explica la diferencia de ciclo entre ambas especies, siendo la fase vegetativa más prolongada en Titán.

4.4. TERCER CORTE

4.4.1 Producción de forraje

El corte se realizó el 28 de noviembre, comprendiendo un período de crecimiento para las especies de 36 días. Los mismos coinciden con las condiciones ambientales más favorables para las especies, en términos de temperatura y precipitaciones (figuras 1-5).

En este período se verificaron diferencias significativas para el factor especie y la interacción especie * laboreo, en tanto la interacción especie * rastrojo fue no significativa ($p < 0,05$).

Estos resultados indican que los efectos físicos y químicos del rastrojo se disipan en el tiempo. Si bien la dilución de estos efectos ya se manifestaba al momento del segundo corte, se hace más evidente en este tercer corte.

En esta evaluación, avena y trigo no presentaron rebrote como consecuencia de que el corte anterior fue realizado con la totalidad de sus macollas elongadas.

En este tercer corte, las mayores producciones correspondieron a cultivares perennes, a diferencia de lo ocurrido en los cortes anteriores, cuadro 23.

Cuadro 23. Producción de forraje por cultivar, al tercer corte.

Cultivar	Forraje (kg MS/ha)
Estanzuela 116	1589 A
Estanzuela Zapicán	1493 AB
Calipso	1421 ABC
San.Gabriel	1378 BC
INIA Lacerta	1301 C
INIA Titán	944 D
INIA Oberón	923 D
Crioula	714 E
Estanzuela Tacuabé	661 E
LE 284	618 E

Valores con distinta letra difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Las condiciones ambientales para el crecimiento vegetal durante el intervalo segundo - tercer corte, como fue mencionado al inicio de este ítem, favorecieron la producción de forraje, principalmente en las leguminosas perennes. Esto determinó modificaciones en el ranking productivo de las especies, donde se evidencia un aumento significativo de éstas con relación a las gramíneas.

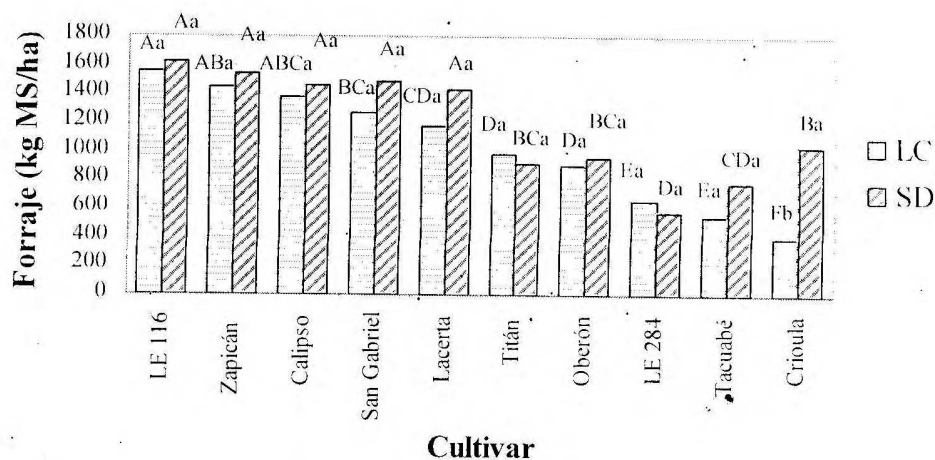
A su vez, dentro de las anuales, es importante señalar que este es el primer corte en que Calipso supera a los raigrases, principalmente a LE 284, en respuesta a diferencias en cuanto al largo del ciclo de cada especie. Debido a que el largo del ciclo de Titán se asemeja al de Calipso, éstos se complementarían positivamente en verdeos mezcla (García 2000).

En este sentido, García (2000) destaca la performance de la mezcla Titán con Calipso. En dos años de evaluación esta mezcla presentó el balance gramínea - leguminosa más estable a lo largo del año, en comparación con Calipso + avena Polaris y LE 116 + avena Polaris, por el ciclo tardío y mayor potencial de raigrás Titán para producir forraje en primavera.

4.4.1.1. Producción de forraje según método de laboreo

Las leguminosas lograron compensar el efecto negativo que ocasionó el LC en el rendimiento de los primeros cortes, consecuencia del encostramiento del suelo generado por la alta intensidad de precipitaciones sobre suelo afinado con numerosas pasadas de discos, lo cual evidenciaría la plasticidad de este grupo de especies y su capacidad de minimizar los efectos depresivos del laboreo en el largo plazo.

El único cultivar que aún mostró respuesta significativa al método de laboreo fue Crioula, figura 12.



Para cada cultivar valores con distinta letra minúscula difieren estadísticamente ($p < 0.05$).
Dentro de un método de laboreo valores con distinta letra mayúscula difieren estadísticamente ($p < 0.05$).
Figura 12. Producción de forraje por cultivar según método de laboreo, al tercer corte.

En lo que refiere a alfalfa, si bien ésta presentó un incremento productivo muy importante en LC, sigue teniendo un comportamiento muy inferior a SD. Esto se adjudica a las pérdidas de plantas que se originaron en la situación de LC, consecuencia del exceso hídrico y alto grado de encostramiento verificado en este tratamiento.

4.4.2. Tasa de crecimiento

El intervalo entre el segundo corte - tercer corte fue de 36 días, siendo el menor en todo el experimento. Esto se debe a que representa el momento del año con condiciones ambientales más favorables para las especies evaluadas.

A excepción de las gramíneas anuales, todas las especies alcanzaron en este período su mayor tasa de crecimiento, cuadro 24.

Cuadro 24. Tasa de crecimiento por cultivar, para el intervalo segundo corte - tercer corte.

Cultivar	Forraje (kg MS/ha/día)
Estanzuela 116	44
Estanzuela Zapicán	42
Calipso	40
San Gabriel	38
INIA Lacerta	36
INIA Titán	26
INIA Oberón	26
Crioula	20
Estanzuela Tacuabé	18
LE 284	17

En el estudio realizado por Díaz Lago *et al.* (1996) para LE 116, Zapicán y San Gabriel indican tasas de crecimiento en noviembre de: 72, 43 y 31 kg MS/ha/día respectivamente, que representan las máximas para el primer año. Esta información concuerda con lo señalado en el cuadro 24 para Zapicán, pero muestra una amplia diferencia con relación a trébol rojo.

4.5. CUARTO CORTE

A causa de la fecha en que se realizó este corte, 22/01/03, las especies anuales no fueron evaluadas, ya que habían culminado su ciclo.

Se detectaron efectos significativos ($p < 0,05$) para el factor especie y la interacción especie * laboreo. La dispersión de los rendimientos de forraje para el conjunto de los cultivares es menor a la obtenida en los cortes anteriores, cuadro 25.

Cuadro 25. Producción de forraje por cultivar, al cuarto corte.

Cultivar	Forraje (kg MS/ha)
San Gabriel	2085 A
INIA Lacerta	1774 A
Estanzuela 116	1376 B
Crioula	1027 C
Estanzuela Zapicán	1022 C
INIA Oberón	854 C
Estanzuela Tacuabé	786 C

Valores con distinta letra difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Las producciones de materia seca de las distintas especies se agruparon en tres grandes grupos, según la significancia estadística de las diferencias. San Gabriel integró el grupo de mayor producción, dado por su ciclo estival, acompañado por Lacerta, que presenta ciclo tardío.

Las gramíneas perennes junto a Zapicán componen el grupo de baja producción, siendo la causa principal de esto el ciclo invernal de las mismas. De todas formas la producción de trébol blanco no es despreciable, teniendo en cuenta la fecha de corte. Las abundantes precipitaciones registradas en el intervalo tercer - cuarto corte (242 mm) son las determinantes de este comportamiento, porque ésta es la especie más sensible al déficit hídrico.

LE 116 ocupó una situación intermedia, ya que si bien logra acumular altos volúmenes de forraje a fines de primavera, la tasa de crecimiento decrece a partir de diciembre.

Respecto a la interacción especie * laboreo, ésta mostró un comportamiento muy similar a la del tercer corte. La única especie que presentó respuesta diferencial al método de laboreo fue alfalfa, cuadro 26.

Cuadro 26. Producción de forraje por cultivar según método de laboreo, al cuarto corte.

Cultivar	Forraje (kg MS/ha)	
	LC	SD
San Gabriel	2086 Aa	2084 Aa
INIA Lacerta	1692 Ba	1856 ABa
Estanzuela 116	1363 Ba	1389 BCa
INIA Oberón	997 Ca	710 Da
Estanzuela Zapicán	965 Ca	1079 Ca
Estanzuela Tacuabé	785 Ca	786 Da
Crioula	403 Db	1651 Ba

Para cada cultivar valores con distinta letra minúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Dentro de un método de laboreo valores con distinta letra mayúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

4.6. QUINTO CORTE

Esta evaluación, realizada el 17/03/03, representa la segunda mitad del período correspondiente al crecimiento estival de las especies, y podría considerarse que también incluye la producción de otoño temprano. Se detectaron efectos significativos ($p < 0,05$) para los factores especies, laboreos y la interacción especies * laboreos.

San Gabriel, debido a su ciclo estival, continúa siendo, al igual que en el corte anterior, el cultivar de mayor rendimiento. Las diferencias más sobresalientes con relación al corte de enero son el aumento en producción de LE 116 y Oberón y el menor aporte de Lacerta, cuadro 27.

Cuadro 27. Producción de forraje por cultivar, al quinto corte.

Cultivar	Forraje (kg MS/ha)
San Gabriel	1841 A
Estanzuela 116	1724 A
INIA Oberón	1348 B
Estanzuela Zapicán	1342 B
INIA Lacerta	1340 B
Crioula	1198 B
Estanzuela Tacuabé	693 C

Valores con distinta letra difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

El menor rendimiento de Lacerta se explicaría por el hecho de que ésta se encontraba en enero en estado reproductivo, y por lo tanto parte del rendimiento estaba representado por el vástago, mientras que en el corte de marzo estaba compuesto exclusivamente por hojas.

Para Oberón los datos obtenidos concuerdan con los de la evaluación de cultivares (Vilaró *et al.* 2003), que en siembras de otoño de 2001, señalan una tendencia de aumento de rendimiento de mediados de enero hasta principios de abril.

Respecto a la interacción especie * laboreo, Zapicán y Crioula fueron los únicos cultivares que presentaron respuesta diferencial, a favor de la SD, cuadro 28.

Cuadro 28. Producción de forraje por cultivar según método de laboreo, al quinto corte.

Cultivar	Forraje (kg MS/ha)	
	LC	SD
San Gabriel	1931 Aa	1750 Aa
Estanzuela 116	1659 ABa	1789 Aa
INIA Oberón	1406 BCa	1289 Ba
INIA Lacerta	1212 Ca	1468 ABa
Estanzuela Zapicán	1182 Cb	1502 ABa
Crioula	714 Db	1681 Aa
Estanzuela Tacuabé	662 Da	723 Ca

Para cada cultivar valores con distinta letra minúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).
Dentro de un método de laboreo valores con distinta letra mayúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Las diferencias estadísticamente significativas entre los rendimientos estivales de *dactylis* cv. INIA Oberón y de *festuca* cv. Tacuabé en ambos métodos de laboreo tienen grandes implicancias en el resultado productivo de las praderas polifíticas. Esto se debe a que la gramínea perenne incluida en una mezcla de cultivares debe tener buen crecimiento estival para poder ejercer suficiente competencia al *Cynodon dactylon*, maleza altamente responsable de la disminución de la vida útil de las praderas sembradas en el Uruguay.

Los resultados indicados en el cuadro 28, constatan una superioridad productiva de Oberón respecto a Tacuabé, lo que implicaría un mayor sombreado y competencia de la gramilla por parte del primero con relación al segundo. En este sentido García (1995), al evaluar la evolución del engramillamiento en diferentes praderas mezcla, indica que aquellas con componentes gramínea activos durante el verano fueron donde el *Cynodon* se desarrolló menos y más lentamente y destaca al *dactylis* cv. INIA Oberón por haber realizado muy buena competencia a esta maleza.

4.7. PRODUCCIÓN ACUMULADA DE LOS TRES PRIMEROS CORTES

La acumulación de los rendimientos de materia seca correspondiente a los tres primeros cortes realizados el: 10/9, 23/10 y 28/11 posibilita considerar simultáneamente todas las forrajeras estudiadas, anuales y perennes, permitiendo cuantificar diferencias productivas entre las mismas en situaciones de siembra tardía, tal como en general sucede luego de los cultivos de sorgo.

Por tratarse de materiales forrajeros muy diferentes, debe tenerse presente que en esta comparación tanto el trigo cv. Torcaza como la avena cv. LE 1095a no produjeron forraje en el tercer corte debido a que en el segundo (23/10) presentaban todas las macollas elongadas y consecuentemente las mismas fueron decapitadas. Por otra parte los restantes materiales forrajeros anuales evaluados, LE 284, INIA Titán e INIA Calipso finalizaron su ciclo productivo al tercer corte realizado el 28/11.

Se determinaron efectos significativos ($p < 0,05$) para las variables especie, laboreo y para las interacciones especie * rastrojo y especie * laboreo.

Considerando las especies, LE 284, Calipso y Titán fueron los cultivares que presentaron mayores rendimientos de materia seca acumulada desde la siembra al 28/11, dado básicamente por su ciclo anual. No obstante, tanto el trigo Torcaza como la avena LE 1095a tuvieron producciones inferiores inclusive a algunas especies perennes, tal como se reporta en el cuadro 29. Dicho comportamiento se explicaría por problemas de implantación del trigo y la avena, especies sensibles a los excesos hídricos y al encostramiento y porque además al haberse sembrado tardíamente dichos cultivares en el segundo corte se encontraban encañados y por lo tanto no rebrotaron al tercer corte.

A su vez, la fecha de siembra del experimento, nueve de mayo, no permitió que la avena exprese su potencial de producción temprano en otoño, limitando su producción total. Por estas razones los rendimientos para avena en este experimento son menores que los reportados en la evaluación de cultivares (Vilaró *et al.* 2003), donde se señala un rendimiento total de 7774 kg MS/ha en fecha de siembra 25/03/02, donde un 29 % de ese total representó la producción otoñal, abril - mayo.

Cuadro 29. Producción de forraje acumulada por cultivar, para los tres primeros cortes.

Cultivar	Forraje (kg MS/ha)
LE 284	4024 A
Calipso	3613 B
INIA Titán	3495 B
Estanzuela 116	2740 C
INIA Lacerta	2707 C
Estanzuela Zapicán	2486 CD
San Gabriel	2425 CD
INIA Oberón	2338 D
LE 1095a	2300 D
Torcaza	1453 E
Estanzuela Tacuabé	1236 EF
Crioula	958 F

Valores con distinta letra difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Como se indicó previamente, el rendimiento de la avena LE 1095a fue muy inferior a su potencial, y mostró grandes diferencias con los resultados obtenidos para LE 284 y Titán. Considerando que las condiciones de siembra fueron perjudiciales tanto para la avena como para los raigrases, si bien la fecha de siembra tardía afectó proporcionalmente más a la avena, estas diferencias indican mayor sensibilidad de LE 1095a que de los raigrases. En este sentido, Carámbula *et al.* (1979), citados por García (1996) detectaron que los coeficientes de variación de los verdeos anuales eran de 29% para avena y 25% para raigrás. A su vez García (1996) analizando los rendimientos de la avena y raigrás de varios años, encontró que los coeficientes de variación de estas especies fueron de 40 y 21% respectivamente, lo que confirma que la avena es más variable que el raigrás.

Trébol blanco, trébol rojo y lotus registraron rendimientos inferiores a los obtenidos por Díaz Lago *et al.* (1996). En este sentido los rendimientos indicados en el cuadro 25 representan el 46, 65 y 82 % para LE 116, Zapicán y San Gabriel respectivamente, de lo reportado por estos autores.

Los resultados de este experimento son también inferiores a los señalados por otros autores para gramíneas perennes (García 1995), quien señala producciones otoño – invierno – primaverales mayores a 4000 kg MS/ha en Tacuabé y Oberón.

Para trébol alejandrino cv. Calipso, García (2000) indica para una serie de experimentos realizados en el período de 1991 a 1999 que el máximo rendimiento obtenido fue de 11,6 y el mínimo de 3,4 t MS/ha; la producción de Calipso en este experimento fue de 3,6 ton MS/ha, el cual está próximo al límite inferior de este rango de rendimientos. Según García (2000), los bajos rendimientos están generalmente asociados a inviernos muy fríos y primaveras secas.

Al comparar la producción de INIA Lacerta de estos tres cortes con la obtenida en la evaluación de cultivares forrajeros (Labandera *et al.* 2001) en cortes de invierno y primavera para un promedio de producción de tres años, se detectan diferencias importantes. Así, el rendimiento en este experimento fue un 57 % menor a la producción promedio de tres años reportada por Labandera *et al.* (2001). La baja producción de la achicoria en la suma de estos tres cortes es explicada por los rendimientos registrados en los dos primeros, ya que la evaluación de noviembre representó la mitad del aporte acumulado. Cabe señalar que en el tercer corte INIA Lacerta presentaba el vástago elongado, lo cual se tradujo en un aumento significativo de la materia seca total.

Asimismo, Friesen *et al.* (2002), para Estanzuela 116, Zapicán, San Gabriel, Oberón y Tacuabé, bajo las mismas condiciones de método de laboreo y tipo y volumen de rastrojo, reportan rendimientos acumulados hasta primavera superiores a los registrados en este experimento. En LE 116, San Gabriel y Tacuabé, las diferencias fueron de más de 1200 kg MS/ha, mientras que en Zapicán y Oberón fueron de 717 y 376 kg MS/ha, respectivamente.

En la figura 13 se resumen las tasas de crecimiento de las especies anuales para los tres primeros cortes. En la misma se visualizan las diferencias estacionales entre las especies. En este sentido se observa el aporte de forraje más temprano de LE 284 con relación a Titán y la baja performance de avena y trigo.

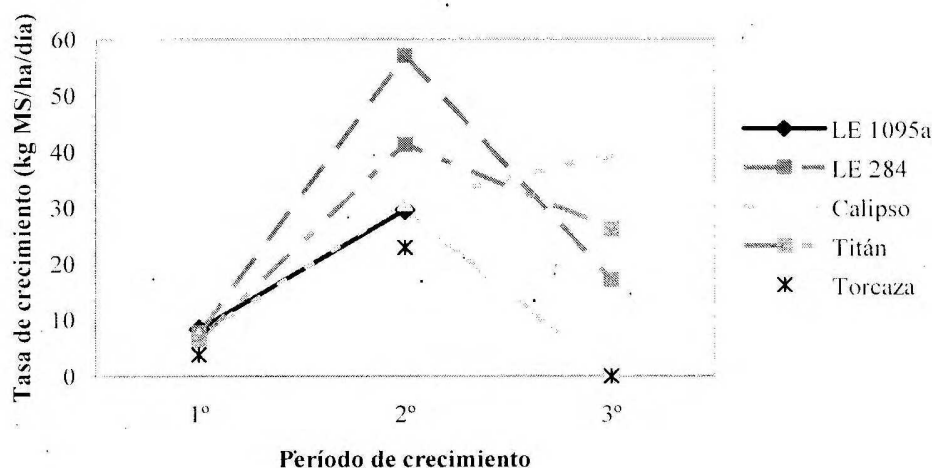


Figura 13. Tasa de crecimiento según período de crecimiento para anuales.

El volumen de rastrojo afectó diferencialmente el comportamiento productivo de los cultivares.

Calipso, Estanzuela 116 y Crioula manifestaron diferencias significativas con el volumen de rastrojo a favor del RA. Esta diferencia se explica principalmente por el primer corte, ya que en éste fue donde se detectaron los mayores rendimientos de estos cultivares en RA frente a RB. Esta diferencia se diluyó en el segundo corte y desapareció en el tercero, sin embargo en el análisis acumulado de los tres cortes se mantiene la interacción, cuadro 30.

Cuadro 30. Producción de forraje acumulada por cultivar según volumen de rastrojo, para los tres primeros cortes.

Cultivar	Forraje (kg MS/ha)	
	RA	RB
LE 284	4032 Aa	4015 Aa
Calipso	3942 ABa	3284 Bb
INIA Titán	3584 Ba	3406 Ba
Estanzuela 116	3074 Ca	2406 CDb
Estanzuela Zapicán	2693 Da	2279 Da
INIA Lacerta	2636 Da	2779 Ca
San Gabriel	2304 DEa	2547 CDa
LE 1095a	2220 DEa	2380 CDa
INIA Oberón	2148 Ea	2528 CDa
Torcaza	1230 Fa	1677 Ea
Estanzuela Tacuabé	1199 Fa	1273 Ea
Crioula	1153 Fa	763 Fb

Para cada cultivar valores con distinta letra minúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Dentro de un volumen de rastrojo valores con distinta letra mayúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Friesen *et al.* (2002), al evaluar la producción de materia seca para invierno y primavera del primer año en función del volumen de rastrojo, no detectaron efectos significativos para Estanzuela 116, y obtuvieron rendimientos de 6138 kg MS/ha y 5834 kg MS/ha para RB y RA, respectivamente. Sin embargo, en alfalfa dichos autores determinaron para el mismo período una respuesta significativa en producción de forraje a favor del RB, o sea, un resultado opuesto al reportado en el cuadro 30.

El análisis conjunto de la producción de los tres primeros cortes según el tipo de laboreo, muestra efectos significativos a favor de la SD para todas las leguminosas evaluadas, cuadro 31.

Cuadro 31. Producción de forraje acumulada por cultivar según método de laboreo, para los tres primeros cortes.

Cultivar	Forraje (kg MS/ha)	
	LC	SD
LE 284	4096 Aa	3951 Ba
INIA Titán	3528 Ba	3461 Ca
Calipso	2718 Cb	4508 Aa
LE 1095a	2333 CDa	2267 Ea
INIA Oberón	2178 Da	2497 Ea
Estanzuela 116	2164 Db	3316 CDa
INIA Lacerta	2153 Db	3262 CDa
Estanzuela Zapicán	2060 Db	2912 Da
San Gabriel	1928 Db	2923 Da
Torcaza	1339 Ea	1567 Fa
Estanzuela Tacuabé	1003 Ea	1469 Fa
Crioula	426 Fb	1490 Fa

Para cada cultivar valores con distinta letra minúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Dentro de un método de laboreo valores con distinta letra mayúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Como se indica en el análisis de producción y área cubierta del primer corte; la mala implantación en LC de las leguminosas condicionó los rendimientos invierno - primaverales.

No obstante, estos resultados no concuerdan con los reportados por Friesen *et al.* (2002), quienes para las mismas leguminosas en los tres cortes iniciales del primer año, no obtuvieron efectos significativos al método de laboreo.

Analizando los factores estudiados en el experimento, es importante destacar una mayor susceptibilidad de las especies al método de laboreo en comparación al volumen de rastrojo. Dentro de las especies, las leguminosas especialmente fueron las que presentaron una mayor depresión productiva bajo LC, probablemente explicado por el gran encostramiento verificado en esta situación.

4.8. PRODUCCIÓN ACUMULADA DE CINCO CORTES

El período siembra (09/05/02) - quinto corte (17/03/03) posibilita evaluar la performance de las especies perennes.

En el análisis conjunto de todos los cortes, se obtuvieron efectos significativos ($p < 0,05$) para los factores especie, laboreo y especie * laboreo.

En las leguminosas perennes existió a lo largo del primer año una notoria recuperación en cuanto a la producción de forraje de las mismas, lo que demuestra la plasticidad de estas especies, cuadro 32. A pesar de ello, no todas las especies alcanzaron producciones similares a las reportadas por Díaz Lago *et al.* (1996) en el primer año de evaluación.

Cuadro 32. Producción de forraje acumulada total por cultivar.

Cultivar	Forraje (kg MS/ha)
San Gabriel	6351 A
Estanzuela 116	5839 B
INIA Lacerta	5822 B
Estanzuela Zapicán	4849 C
INIA Oberón	4539 C
Crioula	3182 D
Estanzuela Tacuabé	2715 E

Valores con distinta letra difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

Las gramíneas perennes presentaron valores contrastantes con los obtenidos por Friesen *et al.* (2002) en rendimiento de materia seca al primer año. Mientras en este experimento Tacuabé produjo 30% menos que en el trabajo de estos autores, el rendimiento de Oberón indicado en el cuadro 28 es un 17% superior.

Al evaluar las tasas de crecimiento para leguminosas perennes y Lacerta se observa que las máximas se dan durante el tercer período, el cual correspondió a primavera tardía. Por su parte, las anuales salvo Calipso, como se observa en la figura 13 presentan sus máximos en el segundo período.

Al comparar las tasas en los diferentes períodos de crecimiento, quedan de manifiesto los distintos ciclos productivos. Así, Estanzuela Zapicán, dado su ciclo invernal, luego de la primavera presenta un descenso muy marcado en su tasa de crecimiento durante el verano, en tanto San Gabriel mantiene un buen potencial de crecimiento estival. Probablemente los problemas de implantación verificados en alfalfa determinaron que esta especie sea superada por lotus durante el verano, figura 14.

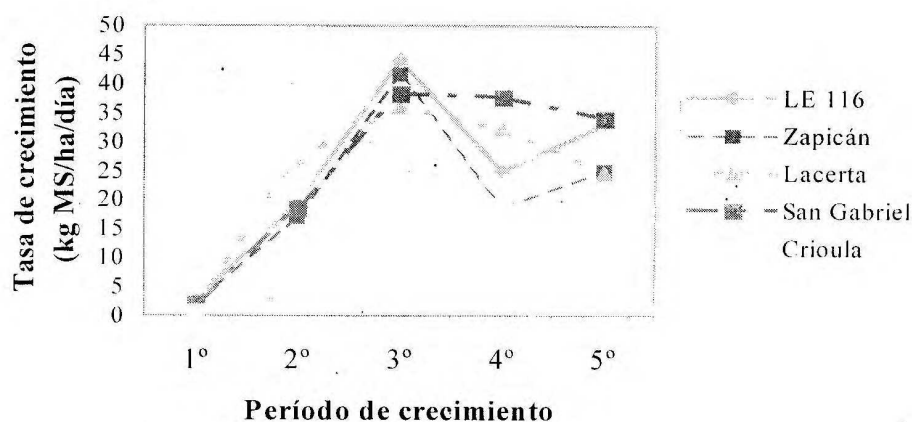


Figura 14. Tasa de crecimiento según período de crecimiento para leguminosas perennes y achicoria.

El método de laboreo, determinó diferencias de respuesta en función de los cultivares involucrados (interacción especie por laboreo significativa $p < 0,05$).

Mientras las leguminosas perennes y la achicoria cv. Lacerta acumularon significativamente menores rendimientos de forraje en el período considerado bajo la situación de LC comparativamente con SD, las gramíneas perennes fueron indiferentes productivamente al método de laboreo aplicado, cuadro 33.

Cuadro 33. Producción de forraje acumulada total por cultivar según método de laboreo.

Cultivar	Forraje (kg MS/ha)	
	LC	SD
San Gabriel	5945 Ab	6757 Aa
Estanzuela 116	5185 Bb	6494 Aa
INIA Lacerta	5057 Bb	6587 Aa
INIA Oberón	4582 Ca	4496 Ca
Estanzuela Zapicán	4206 Cb	5492 Ba
Estanzuela Tacuabé	2450 Da	2979 Da
Crioula	1543 Eb	4822 Ca

Para cada cultivar valores con distinta letra minúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Dentro de un método de laboreo valores con distinta letra mayúscula difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Las producciones obtenidas en condiciones de SD para las leguminosas, a excepción de LE 116, fueron superiores a las indicadas por Díaz Lago *et al.* (1996) en condiciones de LC al primer año de estos cultivares. Dentro de éstos, San Gabriel, Zapicán y Crioula obtuvieron en este experimento incrementos de rendimiento de 50, 12

y 9% respectivamente respecto a los señalados por estos autores. Esto podría explicarse por los niveles de precipitación logrados durante el verano, los cuales fueron superiores al promedio de la serie histórica. Es así que San Gabriel, dado su ciclo estival, logró una mejor capitalización de esas condiciones favorables. Sin embargo, para LE 116, la producción fue un 24% menor a la registrada por Díaz Lago *et al.* (1996), debido a que al tener ciclo invernal no logró compensar con la producción estival la menor producción primaveral, que fue inferior a su potencial.

5. CONCLUSIONES

Al 05/09/02, trébol rojo cv. Estanzuela 116 y alfalfa cv. Crioula fueron las únicas especies que presentaron respuesta al volumen de rastreo, logrando mejor implantación en RA respecto a RB.

Al inicio de la primavera, 05/09/02, raigrás LE 284 y en segundo lugar INIA Titán presentaron las mayores áreas cubiertas de todas las forrajeras tanto en LC como en SD. La avena cv. LE 1095a fue la única especie que presentó una implantación significativamente superior en LC.

Todas las leguminosas junto con achicoria cv. INIA Lacerta y dactylis cv. INIA Oberón lograron un área cubierta significativamente mayor en SD con respecto al LC.

Exceptuando la avena cv. LE 1095a y alfalfa cv. Crioula, para los demás cultivos el nivel de enmalezamiento fue significativamente menor en SD que en LC. La menor infestación de malezas bajo SD estuvo asociada a mayores coberturas de surco por la especie sembrada en la mayoría de los cultivos.

En el rendimiento de forraje al primer corte se verificaron interacciones significativas ($p < 0,05$) entre especies * tipos de rastreo y especies * métodos de laboreo.

Al primer corte los rendimientos de materia seca de trébol alejandrino cv. INIA Calipso y trébol rojo cv. Estanzuela 116 fueron significativamente mayores en RA, las restantes forrajeras no diferenciaron sus rendimientos entre tipos de rastreo.

En este mismo corte los dos raigrases y las leguminosas rindieron significativamente más en SD, en tanto las otras forrajeras presentaron rendimientos similares ($p < 0,05$) entre métodos de laboreo.

Para la producción acumulada de los tres primeros cortes, que representa el crecimiento invierno - primaveral, trébol rojo cv. Estanzuela 116, trébol alejandrino cv. INIA Calipso y alfalfa cv. Crioula tuvieron rendimientos significativamente mayores en la situación de RA, mientras que en las restantes forrajeras no se detectaron diferencias entre tipos de rastreo.

La producción acumulada de los tres primeros cortes fue significativamente superior en SD con relación a LC en achicoria cv. INIA Lacerta y todas las leguminosas, en tanto las gramíneas no diferenciaron sus producciones.

Considerando la producción acumulada en el período invierno - primaveral, para las diferentes forrajeras y para la media de las distintas situaciones de siembra

estudiadas, raigrás cv. LE 284 fue el de mayor rendimiento, seguido por trébol alejandrino cv. INIA Calipso y raigrás cv. Titán.

Con relación a la producción acumulada durante el período invierno - primavera - estival, representada por la suma de los cinco cortes, se detectó efecto significativo del método de laboreo y fue significativa la interacción especie por laboreo. Así en las leguminosas y achicoria, la producción de forraje fue significativamente mayor ($p < 0.05$) en SD que en LC, mientras que para las gramíneas perennes no se cuantificaron diferencias en sus rendimientos.

Al evaluar la producción acumulada de todos los cortes dentro de los cultivares bianuales y perennes, para la media de todos los tratamientos, lotus cv. San Gabriel fue el de mayor rendimiento, seguido por trébol rojo cv. Estanduela 116 y achicoria cv. INIA Lacerta.

6. RESUMEN

En la estación experimental INIA La Estanduela, durante el período mayo de 2002 a marzo de 2003, se evaluó la implantación y producción de materia seca de doce forrajeras en respuesta a dos métodos de laboreo, siembra directa (SD) y laboreo convencional (LC) y dos volúmenes de rastrojo de sorgo, alto (RA) y bajo (RB).

Las forrajeras fueron: *Cichorium intibus* cv. INIA Lacerta, *Trifolium alexandrinum* cv. INIA Calipso, *Trifolium pratense* cv. Estanduela 116, *Trifolium repens* cv. Estanduela Zapicán, *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel, *Medicago sativa* cv. Crioula, *Lolium multiflorum* cv. INIA Titán, *Lolium multiflorum* cv. LE 284, *Avena byzantina* cv. LE 1095a, *Triticum aestivum* cv. INIA Torcaza, *Festuca arundinacea* cv. Estanduela Tacuabé y *Dactylis glomerata* cv. INIA Oberón.

La implantación se evaluó a través del nivel de cobertura del surco por la forrajera sembrada. Para evaluar el rendimiento de forraje, se hicieron cinco cortes que representaron la producción de invierno, primavera y verano de primer año.

Del total de cultivares evaluados, al inicio de la primavera, solamente dos leguminosas, trébol rojo cv. Estanduela 116 y alfalfa cv. Crioula tuvieron un nivel de implantación diferencial en función del volumen de rastrojo, a favor del RA. Considerando los métodos de laboreo, todas las leguminosas junto con la achicoria cv. INIA Lacerta y dactylis cv. INIA Oberón lograron en SD un porcentaje de área cubierta significativamente mayor al logrado en LC. En esta evaluación, el raigrás cv. LE 284 presentó las mayores áreas cubiertas de todas las forrajeras tanto en LC como en SD.

El RA de sorgo en invierno, determinó en algunas especies la realización de rendimientos significativamente mayores mientras que en otras no los modificó en comparación al RB. Para la producción conjunta, de los tres primeros cortes, la cual representa el crecimiento invierno - primaveral, trébol rojo cv. Estanduela 116, trébol alejandrino cv. INIA Calipso y alfalfa cv. Crioula tuvieron rendimientos significativamente mayores en la situación de RA, mientras que en las restantes forrajeras no se detectaron diferencias entre tipos de rastrojo.

Con relación al método de laboreo y considerando el conjunto de cultivares evaluados, hubo respuesta diferencial a este factor en todos los cortes, aunque el nivel de significancia fue mayor en los tres primeros cortes, que representan la producción invierno - primaveral. Considerando la suma de los tres primeros cortes, la interacción especies * método de laboreo estuvo representada principalmente por la mayor producción de leguminosas y achicoria cv. INIA Lacerta en SD. En el tercer y cuarto corte el único cultivar con respuesta significativa al método de laboreo fue Crioula, con mayor rendimiento en SD. Este mismo cultivar junto con trébol blanco cv. Estanduela Zapicán fueron los únicos que presentaron comportamiento diferencial al método de

laboreo en el quinto corte, nuevamente a favor de la SD. En el análisis de la suma de todos los cortes, todas las leguminosas y la achicoria cv. INIA Lacerta tuvieron mayores rendimientos en SD, debido al mejor comportamiento durante los primeros cortes. A su vez las gramíneas perennes no diferenciaron sus producciones en función del método de laboreo.

Considerando la producción acumulada en el periodo invierno – primaveral, a nivel individual de los cultivares y para la media de las distintas situaciones de siembra estudiadas, el raigrás cv. LE 284 fue el de mayor rendimiento, seguido por el trébol alejandrino cv. INIA Calipso y el raigrás cv. INIA Titán.

Al evaluar la producción acumulada de todos los cortes dentro de los cultivares bianuales y perennes, para la media de todos los tratamientos, lotus cv. San Gabriel fue el de mayor rendimiento, seguido por trébol rojo cv. Estanzuela 116 y achicoria cv. INIA Lacerta.

7. SUMMARY

At the Experimental Station of INIA La Estanzuela, during the period May 2002 - March 2003, the implantation and dry matter production of twelve pasture cultivars in response to two tillage methods, no till (SD) and conventional tillage (LC), and two volumes of sorghum stubble, high (RA) and low (RB), was evaluated.

The pasture cultivars were: *Cichorium intibus* cv. INIA Lacerta, *Trifolium alexandrinum* cv. INIA Calipso, *Trifolium pratense* cv. Estanzuela 116, *Trifolium repens* cv. Estanzuela Zapicán, *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel, *Medicago sativa* cv. Crioula, *Lolium multiflorum* cv. INIA Titán, *Lolium multiflorum* cv. LE 284, *Avena byzantina* cv. LE 1095a, *Triticum aestivum* cv. INIA Torcaza, *Festuca arundinacea* cv. Estanzuela Tacuabé and *Dactylis glomerata* cv. INIA Oberón.

The implantation was evaluated by the level of furrow cover of the sown species. To evaluate forage yields, five forage cuts were made, which represented the winter: spring and summer's first year productions.

Among all the evaluated cultivars, in early spring, just two legumes, red clover cv. Estanzuela 116 and Lucerne cv. Crioula, had different implantation levels depending on the stubble volume, in favour of RA. Considering tillage methods, all legumes together with achicoria cv. INIA Lacerta and cocksfoot cv. INIA Oberón achieved in SD a furrow covered area percentage significantly greater than in LC. In this evaluation, the ryegrass cv. LE 284 presented the greater furrow covered area among all the cultivars, both in LC and SD.

RA in winter determined in some species significantly higher yields while in others it didn't modify them in comparison to RB. In the resulting production of the first three cuts, which represents the winter - spring growth, red clover cv. Estanzuela 116, Alejandrino clover cv. INIA Calipso and Lucerne cv. Crioula had significantly higher yields in the RA situation, while in the other pasture cultivars differences between stubble types were not detected.

In relation to tillage methods and the whole of the pasture cultivars, there was differential response to this factor in all cuts, although the significance level was greater in the first three cuts, which represent the winter - spring production. Considering the accumulated production of the first three cuts, the species * tillage method interaction was principally represented by the greater productions of legumes and wild chicory cv. INIA Lacerta in SD. In the third and forth cut the only cultivar with significant response to tillage method was Crioula, with greater yield in SD. This same cultivar, together with white clover cv. Estanzuela Zapicán, were the only ones with differential response to tillage method in the fifth cut, again in favour of SD. In the analysis of the sum of all cuts, all legumes as well as wild chicory cv. INIA Lacerta had higher yields in SD, due

to better results in the first cuts. At the same time, perennial grasses didn't differentiate their productions in relation to tillage methods.

Considering the accumulated production in the winter – spring period among different cultivars and for the mean of the different studied sowing situations, ryegrass cv. LE 284 had the greater yields, followed by Alejandrino clover cv. INIA Calipso and ryegrass cv. INIA Titán.

When evaluating the accumulated production of all cuts, among the biannual and perennial cultivars and for the mean of all treatments, lotus cv. San Gabriel was the one with greater yield, followed by red clover cv. Estanzuela 116 and wild chicory cv. INIA Lacerta.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. AMARANTE, P; GARCÍA PRECHAC, F; PEREZ BIDEGAIN, C. 1999. Principales resultados obtenidos utilizando la tecnología de siembra directa con pasturas perennes. *Revista Cangué* N° 16. pp. 13-16.
2. ASKIN, D.C. 1990. Pasture Establishment. *In* Pastures Their Ecology and Management. R.H.M. Langer ed. Oxford, Oxford University Press. pp. 132-156.
3. BEM-HAMMOUDA, M.; KREMER, R.J.; MINOR, H.C. 1995. Phytotoxicity of Extracts from Sorghum Plant Components on Wheat Seedlings. *Crop Science*. 35: 1652-1656.
4. CARÁMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Editorial Hemisferio Sur. 464 p.
5. _____; VAZ MARTINS, D; INDARTE, E. 1994. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Serie técnica N° 13. 277 p.
6. _____. 1997. Pasturas Naturales Mejoradas. Montevideo, Editorial Hemisferio Sur. 524 p.
7. CARVALHO, N.M. 1983. Germinação. *In* Sementes: Ciencia, Tecnologia e Produção. 2ª ed. Rev. Campinas. Fundação Cargill. pp. 107-137.
8. COCHRAN, V.L.; ELLIOT, L.F.; PAPENDICK, R.I. 1977. The Production of Phytotoxins from Surface Crop Residues. *Soil Science Society of America Journal*. 41: 903-908.
9. CÔME, D. 1988. Seeds, organs of survival. *In* Preservation and storage of grains, seeds and their by-products. Cereal, Oilseeds, Pulses and Animal Feed. J.L. Multon, A.M. Reimbert, D. Marsh, A.J. Eydt eds. Paris, Lavoisier Publishing Inc. pp. 205-225.
10. CHARLTON, J.F.L.; HAMPTON, J.G.; SCOTT, D.J. 1986. Temperature Effects on Germination of New Zealand Herbage Grasses. *Proceedings of the New Zealand Grasslands Association*. 47: 165-172.
11. DÍAZ LAGO, J.; GARCÍA, J.; REBUFFO, M. 1996. Crecimiento de leguminosas en la Estanzuela. INIA La Estanzuela. Serie técnica N° 71. 12 p.

12. ESCUDERO, J.L.; MORON, A. 1978. Caracterización de la capacidad de fijación de fósforo de distintos suelos del Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 100p.
13. EINHELLIG, F.A. 1996. Interactions Involving Allelopathy in Cropping Systems. *Agronomy Journal*. 88: 886-893.
14. ERNST, O. 1999. Siembra sin laboreo de cultivos de invierno...¿y la época de arada? Facultad de Agronomía, EEMAC, Revista Cangué N° 15. pp. 20-23.
15. _____; SIRI, G. 1997. Crecimiento inicial de cultivos sembrados sin laboreo. Efecto de la temperatura del suelo. Facultad de Agronomía, EEMAC. Revista Cangué N° 9. pp. 29-31.
16. FONTANETTO, H., KELLER, O. 1998. Siembra Directa. INTA. Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca. Buenos Aires. Editorial Hemisferio Sur. pp. 287-299.
17. FORMOSO, F. 1995. Época de diferenciación floral y alargamiento de entrenudos en *Festuca arundinacea* cv Estanzuela Tacuabé, *Falaris aquatica* cv Estanzuela Urunday y *Dactylis glomerata* cv INIA LE Oberón. INIA La Estanzuela. Serie técnica N° 59. 16p.
18. FORNEY, D.R.; FOY, C.L. 1985. Phytotoxicity of Products from Rhizospheres of a Sorghum - Sudangrass Hybrid (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*). *Weed Science*. 33: 597-604.
19. FRIESEN, D.; ORGOROSO, S.; SILVEIRA, G. 2002. Implantación y desarrollo de especies forrajeras sobre dos tipos de rastrojos en siembra directa y laboreo convencional. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 173 p.
20. GARCÍA PRECHAC, F. 1992. Guía para la toma de decisiones en conservación de suelos: 3ª aproximación. INIA La Estanzuela. Serie técnica N° 26. 62 p.
21. _____. 2001. Siembra directa en la producción de forraje. In Siembra Directa en el Cono Sur. R. Díaz Rosello, coord. Montevideo, PROCISUR. pp. 430-474.
22. GARCÍA, J; REBUFFO, M; FORMOSO, F. 1991. Las forrajeras de La Estanzuela. INIA La Estanzuela. Boletín de divulgación N° 7. 15 p.
23. GARCÍA, J. 1995. *Dactylis glomerata* L. INIA LE Oberón. INIA La Estanzuela. Boletín de divulgación N° 49. 10 p.

24. _____. 1995. Gramilla y Praderas. INIA La Estanzuela. Serie Técnica N° 67. 15 p.
25. _____. 1996. Producción de forraje de pasturas cultivadas en la región litoral sur. In Producción y Manejo de Pasturas. D. Risso; E.J. Berretta; A. Morón, eds. INIA Tacuarembó, Serie técnica N° 80. pp. 163-168.
26. _____. 2000. INIA CALIPSO Nuevo cultivar de trébol Alejandrino. INIA La Estanzuela. Boletín de divulgación N° 70. 10 p.
27. GUENZI, W.D.; MCCALLA, T.M. 1962. Inhibition of Germination and Seedling Development by Crop Residues. Soil Science Society Proceedings. 26: 456-458.
28. _____. 1966. Phenolic acids in oats, wheat, sorghum and corn residues and their phytotoxicity. Agronomy Journal. 58: 303-304.
29. _____. NORSTADT, F.A. 1967. Presence and Persistence of Phytotoxic Substances in Wheat, Oat, Corn and Sorghum Residues. Agronomy Journal. 59: 163-165.
30. HALLSWORTH, E. 1958. Nutrition of legumes. Edited by E. G. Hallsworth. London. 359p.
31. HAMPTON, J.G.; CHARLTON, J.F.L.; BELL, D.D.; SCOTT, D.J. 1987. Temperature Effects on the Germination of Herbage Legumes in New Zealand. Proceedings of the New Zealand Grasslands Association. 48: 177-183.
32. HEGDE, R.S.; MILLER, D.A. 1990. Allelopathy and Autotoxicity in Alfalfa: Characterization and Effects of Preceding Crops and Residue Incorporation. Crop Science. 30: 1255-1259.
33. KIMBER, R.W.L. 1973. Phytotoxicity From Plant Residues III. The Relative Effect of Toxins and Nitrogen Immobilization on the Germination and Growth of Wheat. Plant and Soil. 38: 543-555.
34. LABANDERA, M. 2001. Comportamiento de cultivares de especies bianuales en Uruguay - Actualización para el año 2001. Achicoria. In Resultados experimentales de evaluación de especies forrajeras bianuales y perennes para el registro nacional de cultivares. INASE - INIA. pp. 4-9.
35. LEHLE, F.R.; PUTNAM, A.R. 1982. Quantification of Allelopathic Potential of Sorghum Residues by Novel Indexing of Richard's Function Fitted to Cumulative Cress Seed Germination Curves. Plant Physiology. 69: 1212-1216.

36. LOWRENCE, T.; KILCHER, M.R. 1962. The Effect of Fourteen Root Extracts Upon Germination and Seedling Length of Fifteen Plant Species. *Canadian Journal of Plant Science*. 42: 308-313.
37. LLADO, C; MENDY, P; VAZ, A. 1994. Evaluación de gramíneas invernales en mezclas forrajeras sometidas a diferente fertilización, método de siembra y manejo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 74 p.
38. MARTINO, D.L. 1994. Sostenibilidad del sistema agrícola - ganadero del litoral oeste uruguayo. INIA. Serie técnica N° 50. 26p.
39. _____. 1995. El herbicida glifosato: Su manejo más allá de la dosis por hectárea. Montevideo. INIA La Estanzuela. Serie técnica N° 61. 27 p.
40. _____. 1997. Siembra Directa en los sistemas agrícola - ganaderos del litoral. In *Curso de actualización sobre siembra directa y conservación de suelos*. Cerro Largo. Facultad de Agronomía. pp. 41-55.
41. _____. 1997. Siembra directa en los sistemas agrícola - ganaderos del Uruguay. INIA La Estanzuela, Serie técnica N° 82. 28 p.
42. Mc WILLIAM, B. 1987. Hardy, woody plants from seed / P. D. A.. London: Grower 163 p.
43. MILLER, D.A. 1996. Allelopathy in Forage Crop Systems. *Agronomy Journal*. 88: 854-859.
44. MORÓN, A. 1995. El fósforo en los sistemas productivos: dinámica y disponibilidad en el suelo. In *Producción y Manejo de Pasturas*. D. Risso; E.J. Berretta; A. Morón, eds. INIA Tacuarembó, Serie técnica N° 80. pp. 33-40.
45. _____. 2001. El rol de los rastrojos en la fertilidad del suelo. In *Siembra Directa en el Cono Sur*. R. Díaz Rosello, coord. Montevideo, PROCISUR. pp. 387 - 402
46. _____.; BEATHGEN, W 1996. Relevamiento de la fertilidad de los suelos bajo producción lechera en Uruguay. INIA La Estanzuela. Serie técnica N° 73. 16 p.
47. MUSLERA, C; RATERA, P. 1983. Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento. Madrid, Mundi prensa, 702 p.
48. NETZLY, D.H.; BUTLER, L.G. 1986. Roots of Sorghum Exude Hydrophobic Droplets Containing Biologically Active Components. *Crop Science*. 26: 775-778.

49. NIELSEN, K.F.; CUDDY, T.F.; WOODS, W.B. 1960. The Influence of the Extract of Some Crops and Soil Residues on Germination and Growth. *Canadian Journal of Plant Science*. 40: 187-197.
50. NIMBAL, C.I.; PEDERSEN, J.F.; YERKES, C.N.; WESTON, L.A; WELLER, S.C. 1996. Phytotoxicity and Distribution of Sorgoleone in Grain Sorghum Germplasm. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 44: 1343-1347.
51. ORMEÑO, O; QUIROGA, A. 2001. Cobertura. Aspectos del manejo en relación con la conservación de los suelos y el agua. INTA Anguil. Boletín de divulgación técnica N° 72. 31 p.
52. OUDRI, N. 1976-1978. Guía para fertilización de cultivos. Montevideo MGAP CIAAB, 46 p.
53. PATRICK, Z.A. 1971. Phytotoxic Substances Associated with the Decomposition in Soil of Plant Residues. *Soil Science*. 111(1): 13-18.
54. _____; TOUSSOUN, T.A.; SNYDER, W.C. 1963. Phytotoxic Substances in Arable Soils Associated with Decomposition of Plant Residues. *Phytopathology*. 53: 152-161.
55. PURVIS, C.E. 1990. Differential Response of Wheat to Retained Crop Stubbles. I. Effect of Stubble Type and Degree of Decomposition. *Australian Journal of Agricultural Research*. 41: 225-242.
56. _____; JONES, G.P.D. 1990. Differential Response of Wheat to Retained Crop Stubbles. II. Other Factors Influencing Allelopathic Potential; Intraespecific Variation, Soil Type and Stubble Quantity. *Australian Journal of Agricultural Research*. 41: 243-251.
57. REBUFFO, M. 2000. Manejo agronómico de la alfalfa. Implantación. In M. Rebuffo D.F. Risso; E. Restaino, eds. Tecnología en alfalfa. INIA La Estanzuela. Boletín de divulgación N° 69. pp. 27-36.
58. RICE, E.L. 1984. Allelopathy. Academic Press, Orlando, F.L.
59. RIOS, A. 2001. Manejo integrado de malezas en sistemas mixtos. In Reunión técnica sobre siembra directa. INIA Las Brujas. pp. 16-17.
60. ROSSO, O.R.; CHIFFLET DE VERDE, S. 1992. Avena: producción de forraje y utilización en la alimentación de vacunos. INTA. Boletín técnico N° 109. 28 p.

61. ROTH, C.M.; SHROYER, J.P.; PAULSEN, G.M. 2000. Allelopathy of Sorghum on Wheat Under Several Tillage Systems. *Agronomy Journal*. 92: 855-860.
62. SANTIÑAQUE, F. 1999. Relaciones agua - planta en pasturas. *In* Manejo y fertilidad de suelos. INIA. Serie Técnica N° 76. 166 p.
63. SHELDRIK, R.D. 2000. Sward Establishment and Renovation. *In* Grass: Its Production & Utilization. A. Hopkins. Devon, Blackwell Science. pp. 13-30.
64. TRIÑANES, E.; URIARTE, C. 1984. Efecto residual de rastrojos de girasol, maíz, soja y sorgo en el crecimiento y producción de trigo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 196 p.
65. VALLENTINE, J. 1990. Grazing management. San Diego. Academic press. 533 p.
66. VALLIS, I. 1978. Plant Relations in Pastures. Ed. J. R. Wilson. CSIRO Melbourne. pp. 190 - 201.
67. VILARÓ, D.; 2003. Comportamiento de cultivares de achicoria en Uruguay, evaluados en 2000, 2001 y 2002. *In* Resultados experimentales de evaluación de especies forrajeras para el registro nacional de cultivares. INASE - INIA. pp. 18-21.
68. _____; 2003. Comportamiento de cultivares de leguminosas anuales en Uruguay, evaluados en 2002. *In* Resultados experimentales de evaluación de especies forrajeras para el registro nacional de cultivares. INASE - INIA. pp. 14-15.
69. _____; PEREYRA, S. 2003. Comportamiento de cultivares de avena forrajera y doble propósito en Uruguay, evaluados en 2002. *In* Resultados experimentales de evaluación de especies forrajeras para el registro nacional de cultivares. INASE - INIA. pp. 4-8.
70. _____; PEREYRA, S. 2003. Comportamiento de cultivares de raigrás anual en Uruguay, evaluados en 2002. *In* Resultados experimentales de evaluación de especies forrajeras para el registro nacional de cultivares. INASE - INIA. pp. 9-13.
71. WESTON, L.A. 1996. Utilization of Allelopathy for Weed Management in Agroecosystems. *Agronomy Journal*. 88: 860-866.
72. WILLIAMS, R.D.; HOAGLAND, R.E. 1982. The Effects of Naturally Occurring Phenolic Compounds on Seed Germination. *Weed Science*. 30: 206-212.