

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMIA



**IMPLANTACION Y DESARROLLO DE ESPECIES  
FORRAJERAS SOBRE DOS TIPOS DE RASTROJOS DE  
SORGO EN SIEMBRA DIRECTA Y LABOREO  
CONVENCIONAL**

por

**Doris FRIESEN DÜCK  
Silvana ORGOROSO HERNANDEZ  
Guzmán SILVEIRA FLORES**

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo.

FACULTAD DE AGRONOMIA

SECRETARÍA DE  
COORDINACIÓN Y  
BIBLIOTECA

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2002

**PAGINA DE APROBACION**

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Francisco Formoso.

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

Ing. Agr. Daniel Bayce.

Ing. Agr. Juana Villalba.

Fecha: \_\_\_\_\_

Autor: \_\_\_\_\_

Doris Friesen

Silvana Orgoroso

Guzmán Silveira

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestras familias por su constante apoyo y amor, condiciones fundamentales para la realización de este trabajo.

A Amalia por la conducción, orientación y dedicación que permitieron nuestra formación profesional y humana.

Al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Estación Experimental La Estanzuela, por permitir la realización de este trabajo.

Al Ing. Agr. Francisco Formoso por sus valiosos aportes, dedicación y conducción de este trabajo.

Al personal de sección Malezas especialmente a Eduardo Calistro y Mauricio Cabrera.

Al personal de la sección Forrajeras por su colaboración en el trabajo de campo.

A Graciela Vila y Alejandra Díaz por la colaboración y disposición en la búsqueda de bibliografía.

A Carlos, Alicia, Santiago y Richard por el apoyo prestado, por dejarnos compartir esta etapa tan importante de nuestras vidas y por el impulso necesario para la culminación de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

PAGINA DE APROBACION .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES .....	VIII

<b>1. INTRODUCCION</b> .....	1
<b>2. REVISION BIBLIOGRAFICA</b> .....	3
2.1 ASPECTOS GENERALES DE SIEMBRA DIRECTA .....	3
2.2 IMPLANTACIÓN .....	10
2.3 VIGOR INICIAL .....	22
2.4 DINAMICA POBLACIONAL .....	24
2.5 PRODUCCION DE MATERIA SECA Y RENDIMIENTO DE GRANO .....	28
2.6 CRECIMIENTO DE RAICES .....	39
2.7 EFECTO DEL RASTROJO DE SORGO .....	40
<b>3. MATERIALES Y METODOS</b> .....	51
3.1 UBICACIÓN .....	51
3.2 CARACTERIZACION EDAFICA .....	51
3.3 ANTECEDENTES .....	51
3.4 DESCRIPCION DE LOS EXPERIMENTOS .....	52
3.4.1 <u>Preparación de las camas de siembra</u> .....	53
3.4.2 <u>Instalación de los experimentos</u> .....	53
3.4.3 <u>Control de malezas</u> .....	55
3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL .....	55
3.6 DETERMINACIONES .....	55
3.6.1 <u>Temperatura del suelo</u> .....	55
3.6.2 <u>Características químicas del suelo</u> .....	57
3.6.3 <u>Número de plantas</u> .....	57
3.6.4 <u>Peso seco de las plantas</u> .....	57
3.6.5 <u>Rendimiento de forraje</u> .....	58
3.6.6 <u>Número de inflorescencias en floración</u> .....	58
3.6.7 <u>Número de inflorescencias a cosecha</u> .....	58
3.6.8 <u>Rendimiento de semilla</u> .....	59
3.6.9 <u>Número y peso de semillas en 10 cabezuelas o vainas</u> .....	59
3.6.10 <u>Peso de 1000 semillas</u> .....	59
3.6.11 <u>Rendimiento de forraje a cosecha</u> .....	59
3.6.12 <u>Número y peso de raíces</u> .....	60
3.6.13 <u>Composición botánica</u> .....	61
3.7 CARACTERIZACION CLIMATICA .....	61
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	64

4.1 ANALISIS DE IMPLANTACIÓN.....	64
4.1.1 <u>Gramíneas</u> .....	64
4.1.1.1 Porcentaje de implantación.....	64
4.1.1.2 Peso de 100 plantas.....	67
4.1.1.3 Número de plantas.....	69
4.1.1.4 Consideraciones generales.....	70
4.1.2 <u>Leguminosas</u> .....	70
4.1.2.1 Porcentaje de implantación.....	70
4.1.2.2 Peso de 100 plantas.....	72
4.1.2.3 Número de plantas.....	74
4.1.2.4 Consideraciones generales.....	76
4.2 PRODUCCION DE ESPECIES ANUALES.....	76
4.2.1 <u>Rendimiento de materia seca del 22 de agosto</u> .....	76
4.2.2 <u>Altura de plantas en agosto</u> .....	78
4.2.3 <u>Rendimiento de materia seca acumulada en</u> <u>octubre+noviembre</u> .....	79
4.2.4 <u>Altura de plantas en octubre</u> .....	82
4.2.5 <u>Altura de plantas en noviembre</u> .....	85
4.2.6 <u>Rendimiento de materia seca en diciembre</u> .....	86
4.2.7 <u>Altura de plantas en diciembre</u> .....	87
4.2.8 <u>Rendimiento de materia seca total</u> .....	88
4.2.9 <u>Consideraciones generales</u> .....	91
4.3 PRODUCCION DE LAS ESPECIES PERENNES.....	92
4.3.1 <u>Rendimiento de materia seca acumulada en</u> <u>octubre+noviembre</u> .....	92
4.3.2 <u>Altura de plantas en octubre</u> .....	96
4.3.3 <u>Altura de plantas en noviembre</u> .....	97
4.3.4 <u>Rendimiento de materia seca en diciembre</u> .....	98
4.3.5 <u>Altura de plantas en diciembre</u> .....	100
4.3.6 <u>Rendimiento de materia seca total</u> .....	102
4.3.7 <u>Consideraciones generales</u> .....	106
4.4 CURVAS DE FLORACION.....	108
4.4.1 <u>Calipso</u> .....	108
4.4.2 <u>Trébol rojo</u> .....	109
4.4.3 <u>Trébol blanco</u> .....	110
4.4.4 <u>Lotus</u> .....	111
4.4.5 <u>Consideraciones generales</u> .....	113
4.5 COSECHA.....	114
4.5.1 <u>Trigo INIA Tijereta</u> .....	114

4.5.1.1 Componentes del rendimiento .....	114
4.5.1.2 Producción de semilla.....	115
4.5.1.3 Producción de biomasa .....	117
4.5.2 <u>Trigo LE 2265</u> .....	117
4.5.2.1 Componentes del rendimiento .....	117
4.5.2.2 Producción de semilla.....	119
4.5.2.3 Producción de biomasa .....	120
4.5.3 <u>Avena</u> .....	121
4.5.3.1 Componentes del rendimiento .....	121
4.5.3.2 Producción de semilla.....	122
4.5.3.3 Producción de biomasa .....	123
4.5.4 <u>Raigrás INIA Titán</u> .....	124
4.5.4.1 Componentes del rendimiento .....	124
4.5.4.2 Producción de semilla.....	125
4.5.4.3 Producción de biomasa .....	126
4.5.5 <u>Raigrás 284</u> .....	126
4.5.5.1 Componentes del rendimiento .....	127
4.5.5.2 Producción de semilla.....	127
4.5.5.3 Producción de biomasa .....	128
4.5.6 <u>Trébol Calipso</u> .....	129
4.5.6.1 Componentes del rendimiento .....	129
4.5.6.2 Producción de semilla.....	130
4.5.6.3 Producción de biomasa .....	131
4.5.7 <u>Holcus</u> .....	132
4.5.7.1 Producción de semilla.....	132
4.5.8 <u>Dactilis</u> .....	133
4.5.8.1 Componentes del rendimiento .....	133
4.5.8.2 Producción de semilla.....	134
4.5.8.3 Producción de biomasa .....	134
4.5.9 <u>Festuca</u> .....	135
4.5.9.1 Componentes del rendimiento .....	136
4.5.9.2 Producción de semilla.....	137
4.5.9.3 Producción de biomasa .....	137
4.5.10 <u>Trébol rojo</u> .....	138
4.5.10.1 Componentes del rendimiento .....	138
4.5.10.2 Producción de semilla.....	139
4.5.10.3 Producción de biomasa .....	139
4.5.11 <u>Trébol blanco</u> .....	140
4.5.11.1 Componentes del rendimiento .....	140
4.5.11.2 Producción de semilla.....	141
4.5.11.3 Producción de biomasa .....	142
4.5.12 <u>Lotus</u> .....	142
4.5.12.1 Componentes del rendimiento .....	143

4.5.12.2 Producción de semilla.....	144
4.5.12.3 Producción de biomasa.....	145
4.5.13 <u>Alfalfa</u> .....	145
4.5.13.1 Producción de vainas.....	146
4.5.13.2 Producción de biomasa.....	146
4.5.14 <u>Consideraciones generales</u> .....	147
4.6 RAICES EN EL PERFIL.....	149
4.6.1 <u>Festuca</u> .....	149
4.6.2 <u>Trébol blanco</u> .....	152
4.6.3 <u>Lotus</u> .....	154
4.6.4 <u>Consideraciones generales</u> .....	156
<b>5. <u>CONCLUSIONES</u></b> .....	158
<b>6. <u>RESUMEN</u></b> .....	161
<b>7. <u>BIBLIOGRAFIA</u></b> .....	164

## **LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.**

### Cuadro N°

1-Erosión anual (Mg/ha) del suelo según 5 sistemas de rotación.....	4
2-Número de plantas/m <sup>2</sup> a los 15 días post-siembra y número de macollos a los 45 días post-siembra.....	14
3-Porcentaje de implantación medio de dos fechas de siembra y densidades de especies forrajeras a 90 días post-siembra.....	16
4-Número de plantas según posición topográfica, densidad de siembra y porcentaje de implantación en leguminosas y gramíneas.....	17
5-Densidad de siembra, número de plantas y porcentaje de implantación para leguminosas y gramíneas en tres tipos de suelos.....	19
6-Porcentaje de implantación a los 115 días post-siembra y evolución del número de plantas de leguminosas sobre campo natural sin mejorar.....	25
7-Porcentaje de implantación y evolución del número de plantas de verdeos según días post-siembra.....	27
8-Efecto de la intensidad de laboreo en el rendimiento de trigo y sus componentes.....	31
9-Rendimiento de MS/ha por corte y el total acumulado para 6 verdeos puros.....	36
10-Rendimiento por corte y producción de materia seca de 5 gramíneas.....	37
11-Altura y número de macollos por corte de 5 gramíneas.....	38
12-Población de trigo sobre rastrojos de sorgo, 2000 y 4000 kgMS/ha, según tipo de herramienta.....	43
13-Análisis químicos y físicos en los primeros 20 cm.....	51
14-Cantidades de rastrojos de sorgo y rastrojo de maleza en la parte aérea y raíz en kg/ha según las cosechas de grano húmedo (RA) y silo de planta entera (RB).....	52
15-Preparación del suelo con LC según dos situaciones de rastrojos.....	53
16-Especies forrajeras sembradas.....	54

17-Características químicas del suelo.....	55
18-Resultados de análisis químico del suelo.....	57
19-Fechas de cierre y fechas de cosecha.....	60
20-Control de enfermedades.....	60
21-Precipitaciones (mm/m <sup>2</sup> ) diarias ocurridas durante el período mayo-setiembre.....	63
22-Porcentaje de implantación (%) según métodos de laboreos.....	64
23-Peso de 100 plantas (g) según métodos de laboreos.....	69
24-Porcentaje de implantación (%) según especie.....	71
25-Peso de 100 plantas (g) según especie.....	73
26-Población (N° de plantas/m) según especie.....	74
27-Altura de planta (m) según especie.....	79
28-Producción de forraje (kg MS/ha) media según métodos de laboreos.....	89
29-Producción de forraje (kg MS/ha) según métodos de laboreos.....	93
30-Producción de semilla (kg/ha) según métodos de laboreos.....	130
31-Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) según rastrojos.....	131
32-Producción de semilla (kg/ha) según métodos de laboreos.....	136
33-Número de semillas en 10 vainas según métodos de laboreos.....	144

Figura N°

1-Temperatura del suelo según métodos de laboreos y tipos de rastrojos para invierno-primavera del 2001.....	56
--	----

2- Temperatura del suelo en SDRA según cobertura del suelo para el período invierno-primavera 2001.....	57
3- Temperaturas medias, máximas y mínimas (°C) ocurridas durante el período mayo 2001 a febrero 2002.....	61
4- Precipitación (PP) y evapotranspiración potencial (ETP) por mes (mayo 2001-febrero 2002).....	62
5- Precipitación media de una serie de años (1966-1999) y del período 2001-2002.....	62
6- Peso de 100 plantas (g) según métodos de laboreos.....	68
7- Población (N° de plantas/m) según métodos de laboreos.....	70
8- Porcentaje de implantación (%) medio según métodos de laboreos.....	72
9- Población (N° de plantas/m) media según métodos de laboreos.....	75
10- Población (N° de plantas/m) según métodos de laboreos.....	75
11- Producción de forraje (kg MS/ha) en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	77
12- Altura de plantas (m) en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	79
13- Producción de forraje (kg MS/ha) según métodos de laboreos.....	80
14- Producción de forraje (kg MS/ha) media según métodos de laboreos.....	81
15- Altura de plantas (m) en octubre según especie en LC.....	83
16- Altura de plantas (m) en octubre según especie en SD.....	84
17- Altura de plantas (m) en octubre según tipos de rastrojos en SD.....	84
18- Altura de plantas (m) en noviembre según especie en SD.....	85
19- Altura de plantas (m) en noviembre según especie en LC.....	86
20- Producción de forraje (kg MS/ha) en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	87
21- Altura de plantas (m) en diciembre según especie.....	88
22- Producción de forraje (kg MS/ha) total según métodos de laboreos.....	90

23- Producción de forraje (kg MS/ha) en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	95
24- Altura de plantas (m) en octubre según especie en SD.....	97
25- Altura de plantas (m) en octubre según especie en LC.....	97
26- Altura de plantas (m) en noviembre según especie en SD. ....	98
27- Altura de plantas (m) en noviembre según especie en LC. ....	98
28- Producción de forraje (kg MS/ha) según métodos de laboreos. ....	99
29- Altura de plantas (m) en diciembre según especie. ....	101
30- Altura de plantas (m) media según métodos de laboreos. ....	101
31- Producción de forraje (kg MS/ha) total según métodos de laboreos. ....	103
32-Producción de forraje (kg MS/ha) total según tipos de rastrojos.....	104
33-Producción de forraje (kg MS/ha) total en LC y SD a dos alturas de rastrojos.....	105
34-Evolución del número de cabezuelas/m <sup>2</sup> para cuatro situaciones (1-4).....	108
35-Evolución del número de cabezuelas/m <sup>2</sup> para cuatro situaciones (1-4). ....	109
36-Evolución del número de cabezuelas/m <sup>2</sup> para cuatro situaciones (1-4).....	111
37-Evolución del número de flores y vainas/m <sup>2</sup> para cuatro situaciones (1-4). ....	112
38-Número de espigas/m <sup>2</sup> de trigo INIA Tijereta en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	114
39-Peso de 1000 semillas (g) de trigo INIA Tijereta en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	115
40-Producción de semilla (kg/ha) de trigo INIA Tijereta en LC y SD en dos tipos de rastrojos. ....	116
41-Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de trigo INIA Tijereta en LC y SD en dos tipos de rastrojos. ....	117
42-Número de espigas/m <sup>2</sup> de trigo LE 2265 en LC y SD en dos tipos de rastrojos. ....	118

43-Peso de 1000 semillas (g) de trigo LE 2265 en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	119
44-Producción de semilla (kg/ha) de trigo LE 2265 en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	120
45-Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de trigo LE 2265 en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	121
46-Número de panojas/m <sup>2</sup> de Avena en LC y SD en dos tipos de rastrojos....	121
47-Peso de 1000 semillas (g) de Avena en LC y SD en dos tipos de rastrojos.	122
48-Producción de semilla (kg/ha) de Avena en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	123
49-Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de Avena en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	124
50-Número de espigas/m <sup>2</sup> de raigrás INIA Titán en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	125
51-Producción de semilla (kg/ha) de raigrás INIA Titán LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	125
52-Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de raigrás INIA Titán en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	126
53-Número de espigas/m <sup>2</sup> de raigrás 284 en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	127
54-Producción de semilla (kg/ha) de raigrás 284 en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	128
55-Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de raigrás 284 en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	129
56-Número de cazuelas maduras, verdes y totales de trébol Calipso en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	130
57-Producción de semilla (kg/ha) de trébol Calipso en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	131
58-Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de trébol Calipso en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	132

59-Producción de semilla (kg/ha) de <i>Holcus</i> en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	133
60-Número de panojas/m <sup>2</sup> de <i>dactilis</i> en LC y SD en dos tipos de rastrojos...	133
61-Producción de semilla (kg/ha) de <i>dactilis</i> en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	134
62-Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de <i>dactilis</i> en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	135
63-Número de panojas/m <sup>2</sup> de <i>Festuca</i> en LC y SD en dos tipos de rastrojos..	136
64-Producción de semilla (kg/ha) de <i>Festuca</i> en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	137
65-Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de <i>Festuca</i> en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	137
66-Número de cabezuelas maduras, verdes y totales de trébol rojo en LC y en dos tipos de rastrojos.....	138
67-Producción de semilla (kg/ha) de trébol rojo en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	139
68-Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de trébol rojo en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	140
69-Número de cabezuelas maduras, verdes y totales de trébol blanco en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	141
70-Producción de semilla (kg/ha) de trébol blanco en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	142
71-Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de trébol blanco en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	142
72-Número vainas maduras, verdes y totales de <i>Lotus</i> en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	143
73-Producción de semilla (kg/ha) de <i>Lotus</i> en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	144
74-Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de <i>Lotus</i> en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	145

75-Número de vainas de alfalfa en LC y SD en dos tipos de rastrojos.....	146
76-Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de alfalfa en LC y SD en dos tipos de rastrojos. ....	147
77-Número de raíces de Festuca en el perfil del suelo para las cuatro situaciones (1-4).....	150
78-Peso de raíces (g) de Festuca en el perfil del suelo para las cuatro situaciones (1-4).....	151
79-Número de raíces de trébol blanco en el perfil del suelo para las cuatro situaciones (1-4).....	153
80-Peso de raíces (g) de trébol blanco en el perfil del suelo para las cuatro situaciones (1-4).....	154
81-Número de raíces de Lotus en el perfil del suelo para las cuatro situaciones (1-4).....	155
82-Peso de raíces (g) de Lotus en el perfil del suelo para las cuatro situaciones (1-4).....	156

## **1. INTRODUCCION**

La producción de pasturas cultivadas representa el 9.7 % del total de la superficie de pastoreo, registrándose el mayor porcentaje en el Sur y Litoral asociado a producciones más intensivas (DIEA, 2000).

La introducción de estas pasturas permiten superar en productividad y calidad a las pasturas naturales. No obstante, resulta importante mencionar algunas características limitantes como problemas de implantación, enmalezamiento temprano, inestabilidad de mezclas, evolución hacia una estacionalidad marcada y baja persistencia (Carámbula, 1997).

La variabilidad de las especies forrajeras en sus características morfológicas y fisiológicas hace necesario pensar en hábitos diferenciales de adaptación a las condiciones del medio ambiente, encontrándose así especies con mayor o menor grado de plasticidad.

Los altos riesgos de erosión, la falta de oportunidad de pastoreo en cultivos forrajeros, la posibilidad de intensificar los sistemas de producción, crea la necesidad de la adopción de siembra directa para aumentar la sustentabilidad de los recursos naturales (Martino, 1997).

Las ventajas de esta tecnología es la disminución en la erosión y degradación del suelo, mayor contenido de agua, mayor oportunidad de siembra, cosecha y pastoreo, menor costo, posibilidad de uso de suelos no aptos y áreas de desperdicio bajo laboreo convencional, nuevas posibilidades de mejoramientos forrajeros y renovación de pasturas (García, 1998).

En el país, el sorgo granífero presenta una tendencia muy variable entre años (DIEA, 2000) llegándose a plantar un área de 12.4 mil hectáreas. La buena adaptación del sorgo a nuestras condiciones expresadas por su nivel de producción, así como el creciente uso de mejoramientos forrajeros en el contexto nacional hacen que esta secuencia de producción (sorgo-pastura) sea objetivo de estudio experimental.

El uso alternativo del sorgo como material para silo de grano húmedo o silo de planta entera en los sistemas agrícolas ganaderos intensivos trae aparejado algunos problemas y determina diferentes prácticas en el manejo del sorgo.

Las dificultades en la preparación de la tierra después del cultivo de sorgo se pueden presentar cuando se hace con poca anticipación al cultivo siguiente o en condiciones de mucha humedad (Capurro, 1975). Así también el sorgo puede influir sobre el cultivo siguiente afectando su implantación, desarrollo y rendimiento.

Los efectos que produce el sorgo trae como consecuencia falta de nitrógeno (Bouza y Galluzzo, 1986) y agua en el suelo, a su vez sustancias fitotóxicas en el rastrojo en descomposición (Capurro, 1975).

En el caso del sorgo destinado a silo de grano húmedo, los efectos citados se ven aumentados por el alto volumen de rastrojo que deja esta alternativa en comparación al del sorgo para silo de planta entera.

El objetivo de este trabajo es evaluar la implantación y el desarrollo de especies forrajeras sobre dos tipos de rastrojos de sorgo en siembra directa y laboreo convencional.

Con eso se podría llegar a identificar especies más plásticas que otras para cada alternativa de manejo.

## 2. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 ASPECTOS GENERALES DE SIEMBRA DIRECTA

Los suelos bajo uso agrícola intenso presentan un acelerado proceso de degradación en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo cual se asocia a un menor aprovechamiento del agua, mayores daños de erosión y una tendencia declinante en los rendimientos. Diferentes sistemas de labranza conservacionista desarrollados durante los últimos 20 años, muestran a la siembra directa como un sistema que permite mantener o aumentar los rendimientos, desacelerando los procesos de degradación (Marelli, 1995).

Asimismo Martino (1994) afirma que sistemas basados en siembra directa pueden aumentar los rendimientos en forma sostenida y además preservar la calidad de los suelos. Sin embargo García (1998) menciona que pueden esperarse menores producciones bajo siembra directa que con laboreo en el cambio de un sistema a otro, lo cual se diluye en el tiempo en la medida que el sistema se establece.

García (1998) y Martino (1995) 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; mayor porcentaje de utilización del forraje ofrecido por las pasturas en períodos de exceso de agua sin afectar al suelo y al cultivo; renovar pasturas degradadas; ofrecer mejores condiciones de instalación a las especies introducidas en mejoramientos extensivos; oportunidad de realizar un doble cultivo anual en la fase de cultivos de la rotación; reducir el parque de maquinaria. Además Martino (1994) agrega que la rotación de cultivos anuales con pasturas no sería necesario para recuperar la fertilidad del suelo al usar el sistema de siembra directa.

Un sistema continuo de siembra directa con excelentes coberturas de rastrojo permite una acción macro y micro muy importante, como así también mejoramientos de algunas propiedades físico-químicas. Esto provoca una menor erodabilidad del suelo, haciéndolo más resistente a la acción abrasiva de las lluvias (desagregación de partículas y agregados) y al escurrimiento (García, 1998; Marchesi, 1999). Asimismo Martino (1994) y Thomas (1995) afirman que el mayor beneficio para el ambiente que traería aparejado el desarrollo de siembra directa sería el de la reducción de la erosión de los suelos.

En el país se han cuantificado las pérdidas de erosión, como ejemplo de ello podemos citar registros de 5 sistemas de rotación en La Estanzuela. En tal sentido las pérdidas anuales de suelo por erosión se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1: Erosión anual (Mg/ha) del suelo según 5 sistemas de rotación (García, 1992).

Sistema	Erosión (Mg/ha)
Suelo desnudo	57
Rotación pasturas y cultivos	3.5
Agricultura continua/cinzel	7.05
Agricultura continua (SD)	2.05
Rotación pasturas y cultivos (SD)	1.2

El sistema de labranza y manejo de residuos también inciden en la estructura del suelo en cuanto a su distribución, tamaño de agregados y estabilidad. La estabilidad de agregados es decreciente desde suelo virgen, pastura, siembra directa, laboreo combinado y labranza convencional (Gudelj, 1996).

Asimismo Olarán y Piñeyría (1996) evaluando el efecto, de la intensidad de laboreo y manejo del rastrojo de sorgo en la secuencia agrícola sobre el rendimiento de trigo y las propiedades físico-químicas del suelo, determinaron que a medida que la intensidad de laboreo aumenta la estabilidad de agregados disminuye, afectando al cultivo al modificar la dinámica del agua, la tasa de difusión de oxígeno y la resistencia a la penetración.

En contrapartida, Legelen (1998) determinó que la estabilidad de agregados y resistencia a la penetración en tratamientos de siembra directa con laboreo convencional en el cultivo anterior no difiere significativamente de un sistema de siembra directa continuo y tampoco de uno con laboreo convencional continuo.

Por otra parte Fontanetto y Keller (2001) mencionan que los valores más altos de estabilidad de agregados fueron medidos en la siembra directa y los más bajos en laboreo convencional, explicado posiblemente este comportamiento por una mayor susceptibilidad a la destrucción de los agregados producido por el laboreo convencional. Además Olarán y Piñeyría (1996) afirman que estos resultados son consecuencia de mayores contenidos de materia orgánica, enraizamiento y actividad de la fauna superiores en estos sistemas.

El incremento de la densidad aparente depende de factores como textura, contenido de humedad, presión de contacto, peso de los ejes, velocidad del vehículo y número de pasadas. Al respecto en Argentina EEA Rafaela del INTA registraron una tendencia de mayores valores de densidad aparente en siembra directa comparado con laboreo convencional en dos profundidades del suelo y presentando el laboreo reducido niveles intermedios (Fontanetto y Keller, 2001).

En cambio en nuestro país se registraron significativamente mayores valores de densidad aparente en una siembra en cobertura a los 5 meses post-siembra (0-7 cm) con respecto a la siembra convencional; revirtiéndose esta situación en los siguientes 5 años evaluados. La siembra convencional si bien tuvo un efecto inicial beneficioso sobre la porosidad del suelo, produjo un efecto negativo sobre la estructura del suelo y una vez que este efecto inicial va desapareciendo a medida que el suelo se va asentando, se manifiesta el daño estructural a través de una mayor compactación (Bacans y Guerra, 1992).

Con respecto al proceso de reconstrucción de la estructura del suelo, éste puede demandar prolongados períodos de tiempo. La manera de acelerar esto sería por aflojamiento mecánico del suelo preservando la cubierta vegetal y fomentando la actividad de las poblaciones formadoras de biocanales (mesofauna). A su vez favorecer el crecimiento de ciertas especies que desarrollan sistemas radiculares extensos y ramificados ( Thomas, 1995; Martino, 2001).

La elección del cultivo a plantar es importante en la mejora de la estructura del suelo. En este sentido Gudelj (1996) menciona que la inclusión de trigo en la secuencia mejora la estabilidad, debido a que su rastrojo tiene una alta relación C/N que retarda la descomposición y favorece la calidad de materia orgánica del suelo.

Cuando el suelo se deja sin roturar, como en el caso de los sistemas basados en siembra directa, la consolidación natural tiende a incrementar la densidad del suelo, lo cual se agrega a la acción de compactantes como la maquinaria, los animales y las lluvias. En el largo plazo esto tenderá a desaparecer por la acción de materia orgánica acumulada, descomposición de raíces y actividad de microorganismos y de mesofauna del suelo (Martino, 1994; Gudelj, 1996; Quiroga y Ormeño, 1997). Para Olarán y Piñeyrúa (1996) los procesos anteriores se dan luego de dos cultivos en siembra directa.

En tal sentido en un ensayo Bouza y Galluzo (1986) concluyen que el laboreo primario aumenta de forma significativa la resistencia a la penetración y contenidos de nitratos en una situación con un remanente de rastrojo de sorgo de 2000 kg/ha. Sin embargo en una situación con rastrojo de sorgo con 4000 kg/ha no se afectó significativamente el contenido de agua en suelo, el nivel de enmalezamiento, la densidad aparente y el contenido de nitratos.

Por otro lado el aumento de la densidad aparente en los primeros años de siembra directa no es crítico para el crecimiento de las raíces. Sin embargo la compactación en general reduce la posibilidad de profundización de las raíces de las plantas, lo que dificulta la absorción de agua y nutrientes que consecuentemente influye en el crecimiento de las plantas y los rendimientos de los cultivos (Gudelj, 1996).

En contrapartida Fontanetto y Keller (2001) reportan que la mejor condición para el crecimiento radical fue en laboreo convencional y luego en siembra directa, pero luego de los 15 cm el laboreo comenzó a efectuar un piso de arada que posteriormente produjo los mayores registros de resistencia de penetración y las peores condiciones para el crecimiento radicular.

En siembra directa el suelo presenta los mayores valores de infiltración acumulada y menor escurrimiento superficial debido a una mejor condición superficial del suelo provocada por una mayor cobertura de rastrojos, mejor estructura y estabilidad de agregados, mayor permeabilidad y mayor cantidad de poros chicos que retienen agua. A su vez la actividad biológica determina un mayor número de poros grandes y estables con interconexión entre sí, permitiendo un incremento de la entrada de agua (Fontanetto y Keller, 2001; May y Schmitz, 1997; Quiroga y Ormeño, 1997; Thomas, 1995).

Como se ha mencionado el contenido de humedad del suelo es diferente en secuencias de siembra directa continua (SD-SD) y laboreo convencional seguido de siembra directa (LC-SD) debido a diferencias en las cantidades de cobertura de residuos vegetales sobre el suelo, pero Legelen (1998) no concuerda que un factor importante en determinar estas diferencias sean las condiciones físicas del suelo. Esta última afirmación se basa en que no determinó diferencias en el contenido de agua que infiltró. La presencia de rastrojo en superficie en este ensayo tuvo un efecto en atenuar las pérdidas de agua por escurrimiento y también por evaporación.

A su vez la bibliografía reporta que el agua en superficie se pierde por evaporación en proporción directa al movimiento que se haga del suelo y del rastrojo en superficie con los diferentes sistemas de labranza. El manejo del agua es más eficiente en sistemas de siembra directa pues los valores de agua edáfica del perfil son superiores en estos sistemas (Marelli, 2001; Bordoli, 2001; García, 1998; Marchesi, 1999). También Thomas (1995) afirma que la propiedad física más importante afectada por la labranza es el contenido de humedad del suelo.

Con relación a la temperatura del suelo, la presencia de "mulch" de rastrojo en la superficie en siembra directa tiene el efecto de disminuir la temperatura máxima y incrementar la temperatura mínima (Thomas, 1995; Marchesi, 1999; García, 1998; Bordoli, 2001).

En el país Maddalena (1994) y Olarán y Piñeyrúa (1997) observaron mayores valores de temperatura en laboreo convencional que en siembra directa. Esto estaría explicado porque en siembra directa hay mayor cobertura en superficie, sumado a superiores contenidos de humedad en el suelo.

La mayoría de los estudios muestran una influencia significativa de la siembra directa sobre los contenidos de materia orgánica, y de ésta sobre las propiedades físicas de los suelos: densidad aparente, densidad aparente máxima, susceptibilidad a la compactación, distribución de tamaño de agregados y estabilidad estructural (Quiroga y Ormeño, 1997; García y Bergh, 1997) lo que repercute en el crecimiento de los cultivos (Bordoli, 2001).

Este efecto sobre el crecimiento consiste sobre todo en modificar el patrón de desarrollo, morfología y tamaño del sistema radicular del cultivo y en definitiva modificaciones en la absorción de nutrientes (García y Bergh, 1997; Bordoli, 2001).

Por otro lado Ayub (1996) y Marchesi (1999) mencionan que, aunque la siembra directa mejora las características químicas (materia orgánica, nitrógeno, fósforo), esto sucede a un ritmo más lento del que lo hacen las pasturas. Esto concuerda con lo reportado por Thomas (1995) quien recién a los cuatro años de instalada la siembra directa en la Argentina determinó un aumento en la materia orgánica en la superficie (0-5 cm) del suelo. También se registran aumentos del pool de nitrógeno orgánico y potencialmente mineralizable relacionado a los aumentos de materia orgánica en siembra directa. (Thomas, 1995; Sawchik, 2001). Lo expresado resulta en un aumento de la actividad aeróbica en superficie que favorece la estructura y vida biológica del suelo.

Asimismo Marchesi (1999) y García (1998) afirman que el único sistema que mantiene y puede aumentar la materia orgánica en el suelo es el de siembra directa dependiendo del volumen de rastrojos que retornan al suelo, y además May y Schmitz (1997) agregan que depende de la fase de pastura en la secuencia cultivos, ya que en esta etapa de pastura se permite disminuir las pérdidas de materia orgánica.

Por lo tanto la cobertura de suelo es muy importante en siembra directa porque cumple funciones fundamentales en las propiedades físicas y bioquímicas del suelo, manteniendo o aumentando el potencial productivo del mismo.

Asimismo la bibliografía menciona que el balance y la dinámica del carbono en el suelo fueron modificados positivamente por la siembra directa y la presencia de rastrojo en superficie. Las consecuencias son reducción de la erosión, reducción en la tasa de descomposición de rastrojos, disminución de la mineralización de materia orgánica debido a un ambiente con menor aireación, incremento relativo de hongos (Morón, 2001) e incremento de la estratificación de la materia orgánica en su distribución vertical a favor de los primeros centímetros (Morón, 2001; García y Bergh, 1997; Bordoli, 2001; Ayub, 1996)

En síntesis el efecto de la siembra directa sobre la materia orgánica que origina las consecuencias anteriormente citadas es principalmente influenciado por la secuencia

de cultivos, manejo de residuos, textura del suelo y condiciones ambientales (Quiroga y Ormeño, 1997).

En un ensayo realizado a nivel nacional, la incorporación y mezcla del rastrojo por los implementos en secuencias de laboreo continuo o iniciadas con un laboreo y seguidas por siembra directa, contribuyeron a una distribución uniforme de la materia orgánica en el perfil. En cambio en siembra directa continua el rastrojo no es removido provocando una acumulación de materia orgánica en los primeros centímetros del perfil (0-6 cm) (Legelen, 1998).

Estos cambios en contenido y distribución de materia orgánica, pH y potencial de oxidación afectan la dinámica y disponibilidad de P y N aplicados en superficie y la eficiencia de uso de los fertilizantes (Bordoli, 2001; García y Bergh, 1997).

Además en un sistema de siembra directa ya que no se mezclan fertilizantes y residuos de los cultivos con el suelo, hay una tendencia a tener niveles de fósforo y potasio disponible relativamente altos en la superficie del suelo, determinando que los cultivos dependan de los nutrientes concentrados en superficie (Marchesi, 1999; Thomas, 1995; Bordoli, 2001).

Con respecto al manejo de la fertilización García y Fabrizzi (2001) y Bordoli (2001) reportan que los primeros años de siembra directa la dosis de fertilizante nitrogenado debería ser mayor debido a menores disponibilidades iniciales o mineralización neta de nitrógeno orgánico y mayores pérdidas por desnitrificación, lixiviación y volatilización. Este concepto concuerda con Sawchik (2001) quien agrega que lo anterior depende de cuanto esté degradado el suelo en ese momento. En cambio García (1998) sostiene que esta menor disponibilidad inicial de nitrógeno puede eliminarse con un correcto barbecho químico.

Los insectos y otros invertebrados del suelo en siembra directa desempeñan una importante función en la fragmentación y en la incorporación del material orgánico, estimulando la actividad microbiológica y mineralización del material orgánico necesario para el crecimiento de las plantas. También hay artrópodos y anélidos que construyen galerías en el suelo permitiendo que el agua y los nutrientes circulen, o sea el proceso de reciclado nutrientes se logra a través de estos organismos en lugar de los medios mecánicos. Si bien la siembra directa puede favorecer la evolución de algunos organismos considerados plaga, el aumento de las poblaciones de organismos benéficos es resultado frecuente en sistemas de laboreo reducido (Gassen, 2001; Thomas, 1995; Marchesi, 1999; Castiglioni, 2001).

Los cambios en cantidad y distribución de materia orgánica y propiedades físicas y químicas del suelo resultan en efectos directos e indirectos sobre la dinámica de

las poblaciones microbianas, que en definitiva se reflejan en la dinámica del nitrógeno en el suelo (García y Fabrizzi, 2001).

Es así que cuando comparamos un sistema de siembra directa y uno convencional podemos esperar equilibrios diferentes para poblaciones microbianas en número y diversidad. Tanto la práctica de siembra directa como la rotación de cultivos altera la actividad biológica del suelo. Este efecto ha sido observado como positivo para la comunidad microbiana y su actividad en especial bacterias celulolíticas, solubilizadoras de fosfatos, fijadoras de nitrógeno, amonificadoras y también micorrizas (Colozzi, 1997; Marchesi, 1999; Morón, 2001).

La incorporación de nuevas técnicas de labranza conservacionista implica un manejo del cultivo diferente y por lo tanto un cambio en el manejo de las enfermedades al modificarse el agroecosistema (Ivanovich, 2001).

En tal sentido los residuos vegetales en superficie en siembra directa alojan una gran variedad de hongos necrotróficos que son patógenos de los cultivos, tales como los causantes de las manchas foliares de los cereales, *Sclerotinia*, *Fusarium*, agentes de podredumbre y otros. Al respecto el uso de fungicidas, el manejo de residuos de cosecha, la resistencia genética y las rotaciones de cultivo son algunas formas de atacar los problemas fitopatógenos.

Inicialmente la adopción de sistemas conservacionistas fue escasa debido a la dificultad de eliminar la vegetación del suelo a través de métodos de control no mecánicos pero con el descubrimiento de los herbicidas totales como paraquat y diquat en la década del 50 y posteriormente de glifosato, este proceso se aceleró.

Una desventaja en siembra directa para García (1998) es la dependencia del uso de los herbicidas. Sin embargo esta dependencia podría reducirse a través de diversas prácticas culturales, tales como la rotación de los cultivos, la realización de cultivos como cobertura, el manejo de las aleopatías y el manejo de los residuos de cosecha de los cultivos.

Las condiciones ambientales que se generan en un cultivo sin labranza son distintas a las presentes en una situación donde hay roturación del suelo por lo tanto es dable esperar diferencias cualitativas y cuantitativas en la composición de la flora de malezas entre los dos sistemas (Papa, 1997; Rios, 2002).

Los factores ambientales citados para explicar los cambios en la flora de malezas son fundamentalmente la humedad y la temperatura edáfica, la radiación incidente sobre el suelo y el grado de compactación del mismo (Tuesca y Puricelli, 2001).

En un experimento a nivel nacional donde se evaluaron tres tratamientos de laboreo primario (cero laboreo, cincel, arado), el peor contenido de agua se observó en cero laboreo (González y Lasca, 1989). Esto estaría atribuido a la interferencia que realizaron las malezas presentes compitiendo por el recurso agua del suelo, en segundo lugar sumado a esto, la ausencia de un rastrojo en superficie permitió pérdidas de agua por evaporación más acentuadas y una menor relación infiltración/escurrimiento. Además se agrega la alta compactación que permitió una conductividad mayor de la energía solar hacia la profundidad del suelo.

El deficiente control de malezas posiblemente podría ser causa de la ausencia de rastrojo lo que no modificó algunas las condiciones ambientales del suelo citados por Tuesca y Puricelli (2001), logrando las malezas prosperar en un ambiente favorable para su desarrollo.

Consecuentemente estos hechos llevaron a que el cultivo de maíz lograra la más baja producción de forraje y número de plantas en cero laboreo. Este resultado seguramente fue consecuencia de que las malezas presentes en cero laboreo agotaron los recursos agua y nutrientes que son fundamentales para un cultivo de verano, además en estos sistemas las mayores respuestas a agregado de nitrógeno son atribuidas a una menor mineralización.

Sin embargo González y Lasca (1989) explican los resultados a que el laboreo favorece el contacto suelo semilla y es lo que resulta en los mejores valores de emergencia e implantación en el maíz.

En resumen el éxito de un sistema de labranza depende principalmente de una buena cobertura vegetal al momento de la siembra, disponibilidad de equipo adecuado para efectuarlo, condiciones no limitantes del suelo y un control eficiente de las malezas (Melo Manzur, 1992).

## 2.2. IMPLANTACION

La instalación de una planta comprende etapas tales como la germinación, la emergencia y finaliza con el establecimiento de las plántulas. Esta fase se alcanza cuando la plántula se independiza de las reservas y se hace totalmente capaz de obtener sus propios productos a partir de la fotosíntesis, pudiendo competir con los individuos que la rodean.

En suelos pesados existe gran variación en el comportamiento de leguminosas según el método de siembra utilizado. Por ejemplo según Formoso y Allegri (1980) en trébol blanco cv. Zapicán sembrado al voleo y en líneas distanciadas a 15 cm obtuvieron 33.5 y 17.5 % de implantación respectivamente a los 38 días de la siembra, en laboreo convencional.

El éxito de una siembra en cobertura depende inicialmente de la habilidad de las plántulas para competir por luz, humedad y nutrientes. Después de arraigada depende casi exclusivamente del manejo que se haga de la pastura.

En relación a este punto Amarante et al. (1997) citado por García (1998) para trébol blanco y Lotus, la mayor instalación en cobertura que en líneas se atribuye a una incorrecta regulación de la profundidad de siembra. Aunque fue menor la población en siembra directa con respecto a cobertura, el mayor tamaño de las plantas relacionado a su mejor nodulación, les permitió desarrollar un sistema radicular que accedió a mayor volumen de suelo y por lo tanto a más agua.

Los mismos autores determinaron al año resultados opuestos a los anteriormente expresados explicado por superiores determinaciones de fósforo, sumado a mayores sistemas radicales en siembra directa que permitió explorar más volumen de suelo.

En experimentos realizados por Castaño et al. (2000) se destaca mayor implantación de las leguminosas (alfalfa, trébol blanco) al voleo tanto en implantación como a los 6 y 12 meses. Lo anterior es atribuido a condiciones óptimas de fertilidad, humedad, temperatura, fósforo cercano a la semilla y menor competencia por luz y espacio.

Por otra parte varios autores coinciden en que la siembra en surco de leguminosas es más exitosa cuando se realiza en forma alterna al verdeo y a menor profundidad.

Lotus en mezcla con dactilis y trébol blanco presentó menores porcentajes de implantación con laboreo convencional comparado a siembra directa debido principalmente a una posible mayor interferencia de raigrás espontáneo. El Lotus no es una especie agresiva y en competencia con raigrás es fácilmente deprimido. En sistema de laboreo convencional y siembra directa el porcentaje de implantación de trébol blanco fue mayor que el obtenido en Lotus. El menor establecimiento de Lotus con respecto a trébol blanco también podría explicarse por una mayor incidencia de fitopatógenos, ya que su semilla provino de una cosecha directa. (Ríos et al. 1998)

Asimismo Abella e Indarte (1997) evaluaron en siembra directa 4 métodos de siembra de una pradera (*Dactylis glomerata*, *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens*) asociada con trigo forrajero. Los métodos de siembra son leguminosas en línea cruzadas con gramíneas, todas las especies en el mismo surco, leguminosas al voleo mientras gramíneas en línea y por último las leguminosas en líneas alternas al trigo, mientras que el dactilis se encuentra en todas las líneas.

A los 80 días el Lotus en fila cruzada al trigo obtuvo la mayor población inicial, no siendo significativamente diferente a la siembra al voleo, en cambio para trébol blanco no se apreciaron diferencias significativas entre tratamientos, pero tendieron a ser superiores en fila cruzado al trigo y al voleo.

La competencia ejercida por el trigo, así como la excesiva profundidad de siembra para las leguminosas provocaron que la siembra de pasturas en las filas junto con el trigo obtuviera los peores resultados.

No obstante para dactilis el mejor comportamiento en la población inicial de plantas correspondió para el método de líneas alterna, debido a la menor competencia del trigo en este sistema y una profundidad no excesiva a su tamaño de semilla (2.5 cm) comparado a si que se la distribuyera en superficie (Abella e Indarte, 1997).

Similar resultado obtuvieron Castaño et al. (2000) los que mencionan además que estos resultados son debidos a una menor competencia por luz entre las especies, sumado a que el dactilis es una especie perenne que a diferencia de raigrás y trigo tiene menor tasa de macollaje y crecimiento, lo que la hace menos agresivo.

Así también Cianelli y Otonello (1998) mencionan que la utilización de métodos de siembra en línea, ya sea con abresurcos de discos o zapatas permite lograr mayor número de plantas de gramíneas en etapas iniciales de crecimiento comparado con siembra en cobertura al voleo. Los porcentajes de implantación que se obtienen para raigrás, Holcus, dactilis y Festuca fueron de 45, 15, 20 y 26% respectivamente. Al igual que en implantación raigrás siempre presentó los mayores pesos de raíz y parte aérea alcanzando a diferenciarse significativamente del resto de las especies cuando se aplicó herbicida y/o se empleó método de siembra en línea. Este comportamiento se debería a que los sistemas de siembra en línea favorecen el contacto semilla-suelo, además de modificar las características físicas de la sementera.

En contrapartida Bottaro y Cuadro (2000) determinaron que dactilis se implantó mejor con el método de siembra al voleo (18 % superior en comparación a la siembra en surco y medio surco), posiblemente por condiciones de excesos de humedad y poco rastrojo como las del ensayo. Además comparando dos profundidades de siembra (1.5 y 2.5 cm) estos autores determinaron poblaciones superiores en profundidades menores para esta especie.

La instalación de pasturas en forma consociada con verdeos, en siembra directa, permite reducir los tiempos improductivos y mejorar las condiciones de piso para el pastoreo.

Al igual que Amarante et al. (1997) y Abella e Indarte (1997) los autores Bottaro y Cuadro (2000) midieron la implantación de praderas consociadas con avena en

sistemas de siembra directa con diferentes métodos de siembra (voleo, surco, medio surco). La instalación de las leguminosas, trébol blanco y Lotus, se favoreció en siembras al voleo con 51.8 % superior en comparación al surco.

Por el contrario Guasque (2000) comparó cinco tratamientos que combinan diferentes densidades y métodos de siembra en alfalfa para los cuales no encontró diferencias entre métodos de siembra y densidades de siembra en laboreo convencional. Los tres primeros tratamientos consistieron en siembra de 4,8 y 16 kg/ha de semilla, todos con sembradora neumática de precisión, el cuarto comprende la siembra de 20 kg/ha de semilla con sembradora a chorrillo y el último tratamiento consistió en la siembra de 20 kg/ha de semilla en líneas separadas a 17 cm con sembradora a chorrillo. Para el tratamiento en el que se utilizó 4 kg/ha y sembradora de precisión los valores tendieron a ser menores tanto para la producción como para el número de plantas (58,7 plantas/m<sup>2</sup>) en comparación a los tratamientos con 8 y 16 kg a precisión, 20 kg a voleo y 20 kg con sembradora a chorrillo entre los cuales no se determinaron diferencias. Esto podría ser atribuido a la ocurrencia de lluvias importantes que hicieron que se diluyera el efecto de los métodos de siembra.

Por otra parte Cianciarullo et al. (2000) al comparar diferentes densidades de siembra en Lotus obtuvieron mayor porcentaje de implantación con 13 kg/ha que con 7 kg/ha, lo cual se debería a una mayor posibilidad de sobrevivencia de plántulas.

Con relación a la interacción de la densidad de siembra con el grado de enmalezamiento Guasque (2000) registró enmalezamientos diferentes entre los tratamientos del ensayo mencionado, donde el tratamiento con 4 kg/ha de semilla con sembradora neumática de precisión fue el que obtuvo la mayor producción de materia fresca de malezas. El escaso control complementario a las malezas del cultivo a través del sombreado a estas bajas densidades seguramente explica estos resultados.

De este modo una ocupación eficiente del suelo por parte de la planta cultivada es uno de los factores más importantes que interfieren e impiden el establecimiento y crecimiento de las comunidades infestantes. Es importante que se utilicen cultivares de rápido crecimiento inicial, que sean adecuadas las condiciones edafo-climáticas y además sembrados con espaciados que aseguren un rápido e intenso sombreado del suelo.

En conclusión, como mencionan varios autores anteriores, la implantación de gramíneas es mayor en líneas que al voleo registrando 68 y 42 % respectivamente. Lo contrario sucede en leguminosas en el que se determinaron 38,5 y 47,6 % de implantación para líneas y voleo respectivamente, en una situación con laboreo convencional. A su vez con relación a las gramíneas, raigrás es más independiente del método de siembra, mostrando Bromus y Festuca un comportamiento contrario. Sin embargo la mejor implantación de las gramíneas en la línea determina en el caso de las

leguminosas (*Trifolium repens*, *Lotus corniculatus* y *Lotus tenuis*) los peores resultados, lo que estaría dado por la mayor competencia de éstas frente a las leguminosas (Llado et al. 1994).

En la inclusión de gramíneas en mejoramientos extensivos la implantación de éstas en el tapiz está fuertemente condicionada por los factores climáticos de cada año (Cianelli y Otonello, 1998).

Los mejoramientos contribuyen a aumentar la cantidad y calidad de forraje producido en forma directa por el aporte de forraje de la leguminosa y/o gramínea introducida, y en forma indirecta aumenta la calidad y cantidad de forraje a través de la fijación simbiótica de N que realizan las leguminosas.

En este sentido Gallinal y Scaron (2000) evaluaron la introducción de gramíneas en un tapiz natural mejorado con *Lotus subbiflorus* cv. El Rincón en siembra directa, obteniendo los resultados que se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2: Número de plantas/m<sup>2</sup> a los 15 días post-siembra y número de macollos a los 45 días post-siembra (Gallinal y Scaron, 2000).

Materiales	Densidad (kg/ha)	Población	
		plantas/m <sup>2</sup>	macollos/m <sup>2</sup>
Raigrás	15	645	1010
Avena Polaris	100	260	230
Avena Tucana	100	215	275
Trigo	100	140	150
Holcus	10	30	290

Estos autores determinaron diferencias entre especies en el número de plantas y macollos, dependiendo el número de plantas que se implantaba más del tipo de especie interaccionando con las condiciones ambientales que de la profundidad y características del suelo donde estaban sembradas. La especie raigrás presentó el mejor comportamiento en implantación y macollaje pero no en la producción de forraje, debido a que la especie condicionó su producción de forraje en un mayor número de macollos pero de poco peso.

Asimismo, Bevilaqua et al. (2000) estudiaron la incorporación de gramíneas perennes en siembra directa (zapatas) sobre un mejoramiento de *Lotus subbiflorus* cv. El Rincón de tercer año, el cual fue previamente acondicionado con pastoreo de vacunos en forma racional. Sobre el mejoramiento se definieron tres tratamientos del tapiz: el primero es el testigo que consistió en el arrasado por vacunos sin aplicación de

herbicidas, el segundo es el tratamiento del tapiz con paraquat (3 l/ha) y el último comprendió la aplicación de glifosato (2.5 l/ha). Concluyeron que los tratamientos donde se aplicó herbicida al tapiz mostraron rendimientos totales menores; esto se debió a que el herbicida deprimió la pastura aumentó el porcentaje de restos secos y de suelo desnudo.

Contrario a lo expresado por el anterior autor con respecto a raigrás estos mismos autores observaron que independientemente del tratamiento del tapiz, las parcelas en las que se incluyó raigrás mostraron mayores rendimientos; esto fue explicado por mayor aporte de *Lotus subbiflorus* cv. El Rincón, a una alta proporción de gramíneas nativas y a un buen porte y peso del raigrás, a pesar de su bajo porcentaje de implantación.

Además sus resultados muestran mejor producción de raigrás con la aplicación de herbicida sobre el tapiz porque es una especie muy afectada por la competencia de éste. Asimismo en *Festuca* la implantación fue beneficiada con la aplicación de herbicida en el tapiz. Por otra parte, determinaron que dactilis contribuye al rendimiento a través del número de plantas para los tres tratamientos, ya que el aporte individual de cada una es pequeño a causa de cada una tiene menor porte, peso y posee menor número de macollos que el resto de las especies.

Asimismo Cianelli y Otonello (1998) afirman que el número de plantas es afectado por el tratamiento del tapiz el que consistió en este caso en sulfosato (1 l/ha) y paraquat (2.5 l/ha), ya que es difícil incorporar gramíneas en un tapiz sin la aplicación de herbicida y agregan que el método de siembra afecta más al número de plántulas de las gramíneas introducidas que el control del tapiz.

El acondicionamiento del tapiz consistió en la aplicación de glifosato (3.5 l/ha), paraquat (2.5 l/ha) y sin herbicida y además en todos los casos el manejo previo de la vegetación fue mediante pastoreo. Controlando el tapiz con glifosato en siembras de cobertura resultó en un mayor número de plantas, 146 plantas/m<sup>2</sup> de Lotus, ya que en este ensayo este herbicida permitió un control total de la vegetación natural. Por otro lado la implantación de Lotus en sistemas de siembra directa no varía por la aplicación de estos tipos de herbicidas y con las dosis utilizadas sobre el tapiz (Cianciarullo, 2000)

En contrapartida Ferenczi et al. (1997) en cuanto al tratamiento químico con glifosato (1-3 l/ha) y paraquat (0.75-2.25 l/ha) del tapiz no detectaron diferencias en la población de leguminosas; en cambio en *Festuca* la población fue mayor cuando se trató el tapiz con glifosato que cuando se aplicó paraquat.

Las ventajas de las siembras en cobertura radican en el proceso de acondicionamiento del tapiz natural disminuyendo la competencia por luz y nutrientes y a la ocurrencia de espacios que proveen de humedad, luz, y temperatura apropiadas para

la germinación y colonización del Lotus. Además las condiciones climáticas favorables próximas a la siembra permitieron obtener esos resultados.

Echeverría y Marques (1993) evaluaron la implantación de especies en cobertura sobre campo restablecido, en dos fechas de siembra, 2/6 y 11/8 y en dos posiciones topográficas. En la primer fecha de siembra no determinaron diferencias significativas en número de plantas a 30, 60, 90 días post-siembra; en cambio en la segunda fecha a los 30 días post-siembra se registraron mayor número de plantas y mayor velocidad de desarrollo por un mejor balance hídrico.

Por otro lado no registraron diferencias significativas entre fechas de siembra, siendo más importante el efecto año de implantación. En general observaron mayor implantación en leguminosas comparado con gramíneas posiblemente explicado por que las primeras compiten mejor con el tapiz presente. Como se puede apreciar en el cuadro 3 se destaca que las leguminosas se adaptan mejor que las gramíneas a siembra en cobertura, debido a su independencia en el suministro de nitrógeno.

Estos autores concluyen que las leguminosas presentaron mayor implantación en la posición topográfica “bajo” y desarrollo en ambas fechas de siembra, 5,6 y 9,0 % de implantación respectivamente, que las gramíneas, 2,7 y 3,1% de implantación respectivamente.

Cuadro 3: Porcentaje de implantación media de dos fecha de siembra y densidades de especies forrajeras a 90 días post-siembra (Echeverría y Marques, 1993).

<b>Materiales</b>	<b>Densidad (kg/ha)</b>	<b>Implantación (%)</b>
Trébol rojo cv. E 116	7.7	9.8a
Lotus cv. San Gabriel	8.0	7.6ab
Trébol blanco cv. Zapicán	2.2	7.5ab
Raigrás cv. E 284	13.2	4.9ab
Festuca cv E. Tacuabé	11.0	4.3ab
Phalaris cv. Urunday	7.7	1.3b
Bromus cv. Kiyú	2.5	1.1b
Holcus cv. La Magnolia	6.0	0.4b

En cuanto al comportamiento por especie, se destacó el trébol rojo por presentar altos porcentajes de implantación, alto vigor inicial y rápido establecimiento. En cambio para el caso de trébol blanco, su establecimiento fue afectado por la época de siembra y por la competencia del tapiz según la posición topográfica. Lotus presentó lento establecimiento hasta los 60 días para la primer fecha de siembra y en la segunda la germinación fue creciente hasta los 90 días.

Al igual que los resultados de Gallinal y Scaron (2000), el raigrás presentó entre las gramíneas los mayores valores de implantación y velocidad de crecimiento inicial. Bromus en la primer fecha de siembra presenta un aumento progresivo de su implantación en el período evaluado, lo contrario se da en la segunda fecha dado por el estrés impuesto por la vegetación.

Las especies más afectadas por las condiciones ambientales adversas, luego de la siembra, son las que poseen semillas más pequeñas que producirán plantas con menor vigor inicial.

El Holcus presentó baja implantación y un crecimiento inicial lento, esto estaría explicado posiblemente por el balance negativo de las precipitaciones en las dos épocas de siembra. Igual resultado mostró falaris, determinando una pobre performance en siembras en cobertura. Por último, en el caso de Festuca se registraron valores aceptables de implantación.

En un experimento similar al anterior González y Pippolo (1999), estudiando la implantación de gramíneas y leguminosas en siembras al voleo sobre un campo restablecido de Basalto profundo previamente acondicionado y en dos posiciones topográficas encontraron diferencias significativas en valores de implantación por sitio y por especie. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4: Número de plantas según posición topográfica, densidad de siembra y porcentaje de implantación en leguminosas y gramíneas (González y Pippolo, 1999).

Materiales	Densidad (kg/ha)	Población (plantas/m <sup>2</sup> )		Implantación (%)
		Ladera		
		Alta	Baja	
Bromus	40	111	132	24
Raigrás Campero	18	110	122	23
Festuca 1956 a	21	38	35	7
Trébol rojo E 116	13	85	200	28
Trébol blanco Zapicán	4	2	100	12
Lotus San Gabriel	11	43	57	10

Los autores concuerdan con Echeverría y Marques (1993) que las leguminosas aumentan sus porcentajes de implantación en posiciones topográficas bajas. También coinciden en que todas las especies de leguminosas presentaron buenos niveles de implantación, destacándose trébol rojo por un menor porcentaje de semillas duras, alto

vigor inicial y buen tamaño de semillas. El trébol blanco no logró implantarse en posiciones topográficas altas porque es una especie que tiene poca tolerancia a condiciones de baja humedad. En cambio Lotus se destacó como menos sensible a la posición topográfica.

Las condiciones en una posición topográfica más baja resultaron mejores también para las implantaciones de gramíneas. Entre las gramíneas los mayores porcentajes de implantación se registraron con Bromus, luego raigrás y por último Festuca. Bromus compite bien con el tapiz emitiendo hojas por encima de la vegetación presente y desarrollando raíces tempranamente, entre tanto en raigrás los resultados son explicados por alta capacidad de germinar en condiciones de déficit hídrico y una rápida velocidad de establecimiento. La menor adaptación de Festuca a siembras en cobertura es argumentada por los autores por un menor vigor inicial y lento desarrollo de raíces seminales.

Por otro lado Finozzi y Quintana (2000) evaluaron la implantación de gramíneas y leguminosas en tres suelos y tapices de Basalto a los 90 días post-siembra. En el cuadro 5 se observa que las gramíneas obtienen los mayores porcentajes de implantación en suelos superficiales y medios, mientras que en el suelo profundo registran un menor valor. En cambio las leguminosas como grupo muestran similar performance en la implantación sobre suelos superficiales, medios y profundos.

En suelos superficiales, trébol blanco, Festuca y dactilis se encuentran dentro del grupo de las especies de mejor comportamiento en implantación; en el caso de trébol blanco la implantación fue excelente debido a buenas condiciones hídricas más el buen control de la vegetación mediante arrase abundante del forraje del tapiz a través de pastoreos con altas cargas tanto de bovinos como de ovinos.

También en la variable número de plantas se logran mejores resultados en el suelo superficial, en cambio *Trifolium alexandrinum* se comportó mejor en suelo medio. Los mayores porcentajes de suelo desnudo y menores de material verde sumado a las condiciones climáticas contribuyeron al logro de estos resultados.

Cuadro 5: Densidad de siembra, número de plantas y porcentaje de implantación para leguminosas y gramíneas en tres tipos de suelos (Finozzi y Quintana, 2000).

Materiales	Dens. (kg/ha)	Suelo					
		Superficial		Medio		Profundo	
		Población (plantas/m <sup>2</sup> )	Impl (%)	Población (plantas/m <sup>2</sup> )	Impl (%)	Población (plantas/m <sup>2</sup> )	Impl (%)
Festuca Tacuabé	15	352	80	229	52	182	41
Dactylis Oberón	15	1050	77	646	47	628	46
Raigrás	15	507	63	335	42	270	36
Bromus Potrillo	25	225	69	165	51	132	41
Trébol blanco Zapicán	4	443	69	407	64	370	58
Lotus San Gabriel	15	443	42	370	39	384	41
Trébol Calipso	25	118	20	163	28	110	19
Trébol rojo E 116	12	253	46	265	49	268	49

En cobertura sobre campo natural mejorado y sin mejorar, Arias y Paperan (2001) evaluaron la implantación de algunos cultivares de trébol blanco y Lotus con valores del 80% y 50% respectivamente. Estos buenos resultados de implantación son atribuidos a condiciones ambientales favorables. Obtuvieron en general, en campo natural sin mejorar mayor implantación, explicado por un mayor porcentaje de suelo desnudo lo cual habría favorecido un mejor contacto semilla-suelo.

Como ya han mencionado algunos autores también Cianciarullo et al. (2000) determinaron que la implantación y establecimiento de *Lotus corniculatus* a los 143 días de la siembra es superior con siembras en cobertura, 131 plantas/m<sup>2</sup>, que siembras en línea con siembra directa, 121 plantas/m<sup>2</sup>.

Asimismo Ferenczi et al. (1997) determinaron mayores establecimientos en Lotus y trébol blanco en cobertura, 22,8 y 13 % respectivamente, comparado con siembra directa, pero con menor peso de plántula. En cambio para Festuca, la población se benefició con el sistema de siembra directa, aumentando las diferencias entre los métodos de siembra, medidos a través del porcentaje de implantación, hasta los 110 días de sembrado.

En siembras en cobertura en suelos de Basalto profundo se determinó por Clemente y Gutiérrez (2000) para trébol blanco Zapicán, Lotus San Gabriel, trébol rojo E 116 y trébol alexandrinum Hazera, 72, 90, 61 y 54 % de implantación respectivamente, a los 38 días post-siembra.

En Argentina Fontanetto y Keller (1997) indican que el éxito logrado en la implantación de praderas de alfalfa con sistemas de siembra directa fue diferente de

acuerdo al tipo de suelo y a las dosis de herbicidas empleados. Sobre la pastura en proceso de descomposición hubo siempre efectos alelopáticos y se logró sólo un 20% de implantación de la alfalfa tomando como 100 % lo logrado con labranza convencional. Entre tanto cuando los cultivos antecesores fueron maíz para grano y sorgo granífero, la implantación fue 58 y 55% respectivamente. Los autores señalan que estas implantaciones menos satisfactorias se debieron a que los altos volúmenes de rastros que dejan estos cultivos sobre el suelo, se convierten en un impedimento físico para un normal crecimiento de las plántulas de alfalfa.

En un experimento donde se estudió el potencial alelopático de nueve gramíneas sobre la germinación y desarrollo de las plántulas de alfalfa se comprobó que los residuos de algunas afectaron la emergencia y porcentaje de sobrevivencia de alfalfa. El crecimiento en altura de alfalfa fue reducido a 39 % por extractos de grano de sorgo, siendo este último y *Bromus auleticus* los que ejercieron la mayor inhibición (Chung y Miller, 1995).

Estos mismos autores evaluando el efecto de la planta de alfalfa en la germinación y desarrollo de alfalfa encontraron que las plantas de esta contienen extractos hidrosolubles que autoinhiben la germinación y desarrollo de las plántulas de alfalfa. Concluyen que suelos donde alfalfa ha sido previamente cultivada tienen una mayor inhibición en el desarrollo de alfalfa después de 25 días de crecimiento comparado con suelos donde los cultivos anteriores eran vicia sp. y centeno. Además afirman que los efectos inhibidores son mayores en suelos colectados alrededor de alfalfa en estado reproductivo que vegetativo.

Las escasas o nulas precipitaciones en los meses donde las condiciones climáticas son más favorables para la implantación del cultivo de Avena determinan un marcado retraso en la fecha de siembra. Esto sucedió en el ensayo de Arburuas de Lisa et al. (1999) en el que se obtuvo una población de 261 plantas/m<sup>2</sup> para Avena 1095a en siembra directa a fines de abril. El retraso antes mencionado determinó una menor tasa de crecimiento inicial del cultivo debido a menores temperaturas del suelo resultantes de la época del año en que se realizó la siembra y a su vez por un efecto de la siembra directa, ya que esta provoca un menor aporte de nitrógeno, resultado de una menor mineralización y una mayor inmovilización. Además se debe tener en cuenta que pudo ser limitante el nitrógeno por ser una chacra con baja fertilidad y menor aporte de nitrógeno a la siembra (30 unidades).

En esta situación de bajos niveles de nitrógeno se lograría la mayor respuesta en rendimiento, eficiencia y calidad del forraje, aplicando aproximadamente 100 kg de urea/ha en instalación y luego de cada utilización (Casanova, 1998).

También en Avena 1095a Terra y García (1997) obtuvieron a los 15 días de la siembra mayor cantidad de plantas en siembra directa que con laboreo reducido y

laboreo intenso. Tales diferencias posiblemente se expliquen por un mayor contenido de agua del suelo preservado por la mayor cobertura con restos vegetales en siembra directa, 84% en superficie, que en laboreo reducido, 20%, y laboreo intensivo, 13%. Estos autores cuantificaron el efecto del rastrojo de maíz y moha, resultando mayores poblaciones sobre rastrojo de maíz. Se sugiere que el rastrojo de maíz realizó una menor extracción de agua por presentar un estado más avanzado en el ciclo, ya que la moha presentó rebrotes luego de la cosecha.

Los verdes de invierno constituyen una “herramienta” principal con las que cuenta el productor, donde la principal limitante que presenta esta técnica es el alto costo de implantación debido al corto período de utilización.

En un cultivo de trigo, Olarán y Piñeyrúa (1996) cuantificaron mayor número de plantas de trigo en laboreo convencional continuo, 238 plantas/m<sup>2</sup> y 133 plantas/m<sup>2</sup> en siembra directa. Los autores atribuyeron la menor implantación en siembra directa a que la sembradora no cortó bien el rastrojo dejando semillas colgadas, a su vez la rueda compactadora dejó la semilla a menor profundidad; además el mayor tamaño de los agregados en siembra directa pudo determinar un menor contacto suelo semilla y por último la menor temperatura del suelo es consecuencia del uso de la siembra directa sumado al efecto de rastrojo lo que podría reducir también la velocidad de germinación. Esta menor velocidad de germinación genera que la semilla esté más expuesta a factores ambientales adversos, afectando de esta manera la población final.

En una situación de laboreo convencional y siembra al voleo Gómez (2000) evaluó la productividad de algunos verdes de invierno, como avenas, raigrás, triticale y cebada y reportó para todas las especies porcentajes de implantación menores de 50%. La explicación de estos resultados se debió a excesos hídricos próximo a la siembra. Ese bajo número de plantas conllevó en mayor macollaje, en respuesta a la menor competencia por luz y nutrientes. Con Avena Polaris y raigrás Titán se obtuvieron los mayores valores de implantación, 118 y 220 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente, a los 88 días post-siembra.

Cuando no se respeta el largo de barbecho es probable que ocurran fallas en la implantación, menor crecimiento inicial y deficiencias de nitrógeno en el suelo. A su vez el tiempo de barbecho es determinante de la humedad y cantidad de nitrógeno en la siembra. Para reducir el efecto negativo de la fitotoxicidad que se genera en la descomposición del rastrojo debe haber un determinado período de tiempo entre la cosecha de un cultivo y la siembra del siguiente.

En este sentido Alvarez et al. (2000) estudiando diferentes tiempos de barbechos, 150, 63, 48, 41, 35 días, y cobertura, con moha como cultivo trampa y sin cultivo trampa, determinaron que la menor implantación de la avena se registró con un barbecho de 35 días sobre pradera vieja, obteniendo 210 plantas/m<sup>2</sup>, siendo las causas

que explicarían esto los efectos fitotóxicos del rastrojo de pradera y la calidad de la sementera. Para estos autores el tiempo de barbecho óptimo para el buen desarrollo de las plantas serían 65 días, para la implantación y mínima resistencia a la penetración serían 50 días, advirtiendo que con más de 150 días de barbecho aumenta la compactación superficial del suelo.

En cultivos de verano como el sorgo (híbrido B815) en laboreo convencional May y Schmitz (1997) determinaron un mayor número máximo de plantas/m y éste se obtuvo antes en el tiempo. A los 20 y 30 días post-siembra, no existieron diferencias en crecimiento, desarrollo y absorción de nitrógeno por el cultivo.

En sistemas de siembra directa se registran por lo general menor establecimiento, menor tasa de emergencia y retraso en la emergencia que son afectados por la humedad y temperatura del suelo.

La presencia de rastrojo en el surco, cuando las precipitaciones son escasas, determina que la semilla y los residuos del cultivo anterior compitan por el agua del suelo. Además impide un correcto contacto semilla-suelo necesario para que ocurra una buena germinación (May y Schmitz, 1997).

### 2.3. VIGOR INICIAL

Existen diferencias entre especies, considerando el vigor inicial de cada una. Esto significa que desde el momento de la siembra y en igualdad de condiciones, teniendo en cuenta un período post-siembra similar, las especies con mayor vigor inicial tendrán mayor capacidad de competencia frente a factores de crecimiento tales como agua, luz o nutrientes.

Las características vinculadas al vigor inicial de las especies son peso y tamaño de semilla, actividad fisiológica, velocidad de crecimiento y desarrollo del sistema radicular.

En este sentido Olarán y Piñeyría (1996) determinaron un peso menor de la parte aérea del trigo en siembra directa en comparación con laboreo convencional a los 30 días de la siembra, explicado por la disponibilidad inferior de nitratos a lo largo de la estación de crecimiento. Las causas podrían ser atribuidas a la mayor inmovilización por el rastrojo de sorgo en superficie, superior desnitrificación a causa de una mayor humedad del suelo, mayor volatilización del fertilizante, menor temperatura del suelo, menor resistencia a la penetración y por último al mayor tamaño de agregados.

En trigo asociado a pradera Abella e Indarte (1997) cuantificaron un menor número de macollos, 663 macollos/m<sup>2</sup>, en líneas sembradas alternas y no verificaron diferencias significativas del trigo entre los métodos de siembra cruzado, todas las

especies en surcos, y al voleo la leguminosa con gramíneas en líneas a 1.5 pulgadas de profundidad, obteniendo 1301, 1194, 1009 macollos/m<sup>2</sup> respectivamente.

Con respecto a Avena Alvarez et al. (2000) evaluaron diferentes largos de barbecho pero no detectaron diferencias en el peso de la planta a los 29 días entre tiempos de barbecho de 150, 63, 48, 41, 35 días y dos coberturas distintas: con y sin cultivo trampa, por lo que los resultados se deben a diferencias propias de la implantación. Tampoco detectaron diferencias en % de nitrógeno en planta, concluyendo que la diferente cantidad de nitrógeno absorbido se debe a diferencias en la implantación.

Dentro de varias gramíneas evaluadas por González y Pippolo (1999) *Festuca arundinacea* y *Bromus auleticus* mostraron menor velocidad de desarrollo inicial en condiciones de siembra al voleo en el tapiz, explicado en *Festuca* por bajo vigor inicial y lento desarrollo de la raíz seminal. Entre tanto en *Bromus* se debería a que presenta latencia, requerimientos de frío para desarrollarse y formar temprano un sistema radicular ramificado.

A su vez González y Pippolo (1999) agrupan las leguminosas en tres categorías de velocidad de desarrollo. En la primera se incluye a *Trifolium pratense* y *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel, caracterizándose por la mayor velocidad de desarrollo en posiciones topográficas altas y bajas. El mayor tamaño de semilla que presentan estas especies frente a los otras evaluados podría haber contribuido a su mayor precocidad.

El segundo grupo corresponde a especies con inferior velocidad de desarrollo con respecto a la media de las especies evaluadas, como ejemplo del grupo se encuentran *Trifolium repens* cv. Bayucúa, *Lotus tenuis* y *Lotus subbiflorus*. Este comportamiento se atribuye al bajo peso de semillas, alto porcentaje de semillas duras condicionado además por la humedad y bajas temperaturas.

Por último *Trifolium repens* cv. Zapicán y *Lotus corniculatus* cv. Ganador muestran un comportamiento diferencial según la posición topográfica (alta o baja). En relación a las mejores condiciones imperantes en la ladera baja, determinaron que *Trifolium repens* cv. Zapicán obtuviera mayor desarrollo en este ambiente superando a la media. *Lotus corniculatus* cv. Ganador manifestó un comportamiento inverso superando la media de la familia en la ladera alta.

Se ha determinado también que las plántulas de *Lotus* y trébol blanco en siembra directa pueden ser más pesadas, pero posiblemente tengan menor población que en cobertura, atribuido a un mejor contacto semilla suelo, un mayor aporte N y P por una mejor localización del fertilizante en la línea y por la menor competencia del tapiz (Ferenci et al. 1997).

## 2.4. DINAMICA POBLACIONAL

En la dinámica poblacional es de esperar un establecimiento de un elevado número de plantas, un mantenimiento temporal de la población establecida y una posterior reducción progresiva en el número de plántulas. Esto está asociado a las estrategias poblacionales de las especies utilizadas y a las condiciones ambientales.

Con relación a la dinámica poblacional de especies introducidas Gallinal y Scaron (2000) reportan que el número de plantas de raigrás en primavera se reduce un 26 % respecto a otoño, tanto Avena Polaris e INIA Tucana reducen su presencia en un 34 y 56 % respectivamente. Para trigo se menciona 58 % de descenso en el número de plantas. En cambio *Holcus* presentó un comportamiento inverso implicando un aumento en el número de plantas de otoño a primavera. Para la variable número de macollos, todas las especies evaluadas muestran un aumento de otoño a primavera.

Raigrás Titán mostró una disminución más pronunciada en el número de plantas al transcurrir su ciclo debido a condiciones de una alta competencia por recursos, pero compensa dicha disminución aumentando constantemente el número de macollos a diferencia de Avena Polaris, Avena RLE 115, triticale y cebada que se mantienen constante o disminuyen gradualmente su número de plantas y/o macollos (Gómez, 2000).

Por otra parte Guasque (2000) reportó aumentos hasta los 121 días post-siembra en el número de plantas de alfalfa llegando a mayores valores los tratamientos con las densidades superiores, en tanto que posteriormente se verificaron descensos poblacionales en todos los tratamientos y de mayor magnitud en los sembrados con mayores densidades.

Arias y Paperan (2001), estudiaron la dinámica poblacional de leguminosas sobre un campo natural sin mejorar y sobre un campo natural mejorado con *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens*. La siembra fue realizada en cobertura a principios de junio. Los resultados se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6: Porcentaje de implantación a los 115 días post-siembra y evolución del número de plantas de leguminosas sobre campo natural sin mejorar (Arias y Paperan, 2000).

Especie	Dens. (kg/ha)	Impl (%)	Plantas/m <sup>2</sup>		
			60 días	115 días	175 días
Trébol blanco Dusi	4	99	713	455	250
Trébol blanco Sustain	4	83	729	428	210
Trébol blanco Bayucúa	4	91	627	460	260
Trébol blanco Prop	4	96	1015	563	462
Lotus Sunrise	8	54	1019	663	517
Lotus Larrañaga	8	s/d	258	260	238

Según los autores el número de plantas de los distintos cultivares de trébol blanco disminuye en primavera, debido a que es una estación crítica para la especie donde ocurre la aparición de nuevos estolones y la formación de raíces nodales, resultando en plantas más chicas altamente susceptibles a la sequía. El Lotus Larrañaga mantiene un comportamiento estable en el período experimental a causa de una germinación escalonada de semillas duras, sumado a una alta resistencia al pastoreo. En cambio el Lotus Sunrise es el que presenta además de un mayor número de plantas una mayor variación, posiblemente debido a excesos hídricos, superiores a la media histórica en el período evaluado.

Por otro parte Arias y Paperan (2001) evaluaron la dinámica poblacional en campo natural mejorado, determinando para trébol blanco a los 60 días un mínimo de 424 plantas/m<sup>2</sup>. Entre tanto en Lotus observaron igual comportamiento que en el campo sin mejorar pero una presencia de menor número de plantas por mayor competencia de las especies presentes en el mejorado. El Lotus Larrañaga presentó valores máximos de germinación en otoño y en primavera. Esto es debido a la ruptura progresiva de la dormición en semillas duras por mayores temperaturas y fluctuaciones en el régimen hídrico. El Lotus Sunrise se destacó por su buena y rápida implantación, pero no sobrevivió al estrés hídrico del verano.

Se debe tener en cuenta que las condiciones favorables necesarias para el exitoso desarrollo de las plántulas pueden ser diferentes para las distintas etapas por las que transcurre ésta hasta su implantación. El número de plantas que alcanzan a establecerse es el resultado del balance entre el porcentaje de plantas emergidas y la mortalidad posterior. Por este motivo el establecimiento depende de la tasa de germinación y de características vinculadas a la sobrevivencia de las mismas como vigor de plántula, velocidad relativa de crecimiento, desarrollo precoz del sistema radicular.

Según Clemente y Gutiérrez (2000) la dinámica poblacional del Lotus San Gabriel en cobertura, está condicionada por el régimen hídrico del año; para dicha especie contabilizaron 355 plantas/m<sup>2</sup> a los 158 días de la siembra, significando 37% de plantas establecidas. Con trébol blanco obtuvieron 1000-1200 plantas/m<sup>2</sup> a los 38 días post-siembra, descendiendo en invierno a valores entre 400-600 plantas/m<sup>2</sup> por un déficit hídrico en esta estación, logrando una recuperación del número de plantas en primavera, 158 días, estabilizándose en 23%. Para trébol rojo se reportaron buenos porcentajes de implantación asociado a su alto vigor inicial, en cambio la evolución del número de plantas fue decreciente hasta el verano. El trébol Calipso presentó 8% de establecimiento a los 158 días post-siembra y 54% de emergencia a los 38 días post-siembra.

Por otra parte leguminosas sembradas en cobertura presentaron las máximas poblaciones de plantas a los 120 días de la siembra en posiciones topográficas bajas, mientras que en ladera alta esos máximos se determinaron a los 60 días. La interacción que presentaron las especies de leguminosas con la posición topográfica demuestra que tienen mayor exigencia en condiciones ambientales para germinación y sobrevivencia que las gramíneas donde se lograron las mayores poblaciones a los 90 días post-siembra sin diferencias entre posiciones topográficas altas o bajas (González y Pippolo, 1999).

Con respecto al trigo, Olaràn y Piñeyrúa (1996) afirman que el número de macollos/m<sup>2</sup> de trigo es determinante del número de espigas/m<sup>2</sup>, encontrando en tratamientos con laboreo convencional 1011 macollos/m<sup>2</sup> y en siembra directa 731 macollos/m<sup>2</sup> a 48 días post-siembra. A los 18 días de implantación el número de tallos en siembra directa fue 56 % de los tallos registrados en laboreo convencional, mientras que a 48 días representaban 72%. Posiblemente la muerte de macollos en el caso de laboreo convencional (40%) se debió a la competencia por luz entre macollos, y en siembra directa (47%) por la ocurrencia de heladas.

En laboreo convencional Perrone y Talmón (2000), evaluando la implantación de verdes observaron emergencias escalonadas en todos los tratamientos de verdes puros variando el número de plantas con las especies y fechas de conteo. Raigrás Cetus y raigrás Titán registran los menores valores de implantación comparado con las demás especies, presentando avena valores superiores. A los 40 días se observaron 3 grupos según número de plantas, donde los mayores registros fueron para raigrás Cetus y Avena INIA Polaris, datos intermedios para raigrás Titán y cebada FNC-1 y los menores valores fueron para trigo Buck Charrúa y triticale. La dinámica poblacional y el porcentaje de implantación se detallan en el cuadro 7.

Cuadro 7: Porcentaje de implantación y evolución del número de plantas de verdeos según días post- siembra (Perrone y Talmón, 2000).

Materiales	Densidad (kg/ha)	Población (plantas/m <sup>2</sup> )				Implantación (%)
		11 días	20 días	30 días	40 días	40 días
Cebada FNC-1	120	104	101	144	160	50
Trigo Buck Charrúa	120	87	63	101	120	46
Raigrás INIA Cetus	20	150	127	181	234	34
Raigrás INIA Titán	20	49	133	179	179	39
Avena INIA Polaris	120	46	95	167	192	64

Con relación a la dinámica de macollaje cebada, trigo, raigrás Cetus y raigrás Titán mostraron comportamiento similar en la evolución de macollos hasta los 118 días, luego ocurre un descenso en la población de macollos hasta los 191 días. En raigrás Cetus y raigrás Titán se registraron las mayores poblaciones de macollos, Avena y cebada presentaron valores intermedios y los conteos más bajos fueron para trigo y triticale. Raigrás Cetus se destacó por su comportamiento más estable, más macollador y ciclo más tardío (Perrone y Talmón, 2000).

La evolución en el peso de macollos fue similar para los verdeos evaluados. En el primer corte el peso de macollos fue superior al segundo y estas diferencias fueron más acentuadas en las especies precoces como triticale y cebada. En el segundo corte se verificaron los menores pesos de macollos en todas las especies, explicado por una correlación negativa entre el peso y número de macollos en etapa vegetativa. En los siguientes cortes el peso de macollos aumenta por el inicio de la etapa reproductiva (Perrone y Talmón, 2000).

Las plantas responden de varias formas a un ambiente de suelo hostil. Tanto los órganos subterráneos, que reciben una influencia directa, como las partes aéreas, que reciben señales desde el subsuelo, son afectados. La mayor parte del conocimiento acerca de las respuestas vegetales a la compactación se basa en lo que ocurre debajo de la superficie del suelo.

Maddalena (1994) registró que el número de macollos de trigo por unidad de superficie en antesis fue significativamente mayor siembra directa que laboreo convencional, relacionado con la mayor densidad de plantas verificada en ese tratamiento, sin embargo no se reflejó en mayor número de espigas. El autor menciona dos posibles factores que explicaron estos resultados: el alto grado de enmalezamiento en siembra directa podría haber determinado baja sobrevivencia de macollos; en segundo término, a pesar de que la tasa de macollaje en siembra directa fue mayor, la

mayor parte de estos macollos podrían consistir en macollos tardíos dada la elevada compactación del suelo en siembra directa.

El control de la vegetación es importante en lograr un buen establecimiento tanto en la siembra de leguminosas como de gramíneas. La supresión de la competencia de la vegetación residente antes de sembrar favorece la sobrevivencia y el tamaño de plántulas del mejoramiento.

Bevilaqua, et al. (2000) citan en su trabajo que el tratamiento del tapiz con herbicida aumenta el número de macollos del raigrás introducido y concluyen que las plántulas que tuvieron mayor peso mostraron menor competencia intra e interespecifica, lo que significa que a mayor número de plantas menor número de macollos.

## 2.5. PRODUCCION DE MATERIA SECA Y RENDIMIENTO DE GRANO

El comportamiento de los sistemas de labranza en su relación con el rendimiento, varía con el tipo de suelo, el clima, el nivel de manejo y la variedad y/o híbrido utilizado. Dentro de los factores edáficos se mencionan la textura, el drenaje, la compactación, la evolución de la humedad y la fertilidad. Muchos de estos son modificables por las operaciones de labranza, por lo que es de esperar que actúen sobre el rendimiento de los cultivos.

Al respecto, en general en suelos con drenaje deficiente y lento es factible esperar que el rendimiento en siembra directa sea menor que en laboreo convencional, en cambio en suelos de buen drenaje se pueden obtener rendimientos satisfactorios y superiores en siembra directa (Marelli, 2001).

A su vez los resultados de Thomas (1995) en trigo, los resultados en Kentucky nunca mostraron una ventaja en los rendimientos debido a la siembra directa, por condiciones de excesos de agua para producir este cultivo. En general hay una tendencia a tener mejores rendimientos bajo siembra directa cuando hay malos rendimientos bajo labranza convencional.

En la región semiárida pampeana se encontró que asociado con una mayor disponibilidad de agua y menor contenido de nitratos, existió una mayor respuesta a la fertilización nitrogenada y mayores rendimientos de los cultivos establecidos en siembra directa. También se comprobó en la región, que independiente de las labranzas se presentan momentos críticos en la disponibilidad de agua y nitrógeno debido a la influencia del cultivo antecesor y a la falta de un adecuado barbecho químico (Quiroga y Ormeño, 1997).

En el sistema actual de producción que alterna pasturas y cultivos, la salida de la primera fase se caracteriza por la pérdida de productividad y enmalezamiento, la segunda por la degradación del recurso suelo. Incorporar la siembra directa en ese sistema plantea el problema de cómo salir de la fase pastura y cuando salir de la fase agrícola, ya que los años de cultivo dejarían de ser un problema.

En tal sentido Ernst et al. (1997) evaluaron el comportamiento de trigo en chacras con diferentes edades, 2 y 5 cultivos antecesores y métodos de siembra. Determinaron que el rendimiento de trigo fue 21% superior realizando laboreo después de una pradera que siembra directa, la diferencia se redujo a 16 y 7 % luego de 2 y 5 cultivos respectivamente. Se concluye de este trabajo que las ventajas de siembra directa se manifiestan cuando se mantiene en el tiempo como sistema de manejo del suelo. Mencionan que la siembra directa determina una mejora en la fertilidad recién luego de 6 cultivos en la secuencia con respecto a una situación de laboreo continuo.

Esto no concuerda con May y Schmitz (1997) quienes con cinco años de siembra directa no lograron alcanzar los rendimientos en sorgo granífero que se obtuvieron en un sistema convencional.

Por otra parte, sin considerar el manejo previo de los suelos, no se detectaron diferencias en rendimiento en grano de trigo y sus componentes con el método de siembra directa frente a laboreo convencional. Se comprobó que las secuencias de cultivos iniciadas con un laboreo convencional y seguidos con siembra directa son los que permiten obtener los mejores rendimientos de trigo (Ernst y Siri, 1997).

En sorgo granífero May y Schmitz (1997) concuerdan que los mejores rendimientos se obtienen cuando se inicia la secuencia con laboreo convencional y se continúa con siembra directa.

Al cabo de cuatro años en Paraguay se observó que prácticamente no existen diferencias en el rendimiento del trigo, comparando siembra directa con convencional, pero sí en el caso de soja. Estas diferencias se tradujeron en mayores beneficios netos para el sistema de siembra directa (Causarano, 1995). Lo anterior es explicado por una mejora a través de los años en la calidad química (materia orgánica, P, K, Ca, Mg) del suelo, además los agregados del suelos bajo siembra directa fueron más estables.

La agricultura continua con períodos de barbecho prolongado y la promoción de la oxidación de la materia orgánica producida por el laboreo contribuyen al deterioro de los suelos. El tiempo y la intensidad del laboreo parecen ser desencadenantes de los procesos de pérdida de suelo, por lo que una secuencia de cultivo intensa en la etapa agrícola junto con la implementación de siembra sin laboreo, se presentan como una solución posible al problema.

Los rendimientos de soja y trigo fueron mayores en siembra directa, siendo similares en laboreo reducido y convencional. Asimismo en una secuencia de trigo-soja-maíz provocó mayores producciones que una secuencia conformada por trigo-soja para todas las labranzas evaluadas (Fontanetto y Keller, 2001).

La siembra directa continua ha sido evaluada en EEA Pergamino por Ferrari, (1997) donde en la secuencia trigo-soja-maíz, produjo los rendimientos más bajos de trigo cuando no se fertilizó con nitrógeno. En la situación con 80 kg N/ha este sistema presentó la más alta respuesta al fertilizante (797 kg/ha), pero aún así la misma no fue suficiente para alcanzar los niveles de producción logrados en laboreo convencional con arado de rejas, vertical con arado de cincel y labranza combinada. En esta rotación el trigo en siembra directa logró un 92 % de rendimiento, tomando como 100 % a la situación con laboreo convencional.

En la rotación trigo-soja los rendimientos siguieron un patrón semejante aunque las diferencias a favor del arado de rejas y labranza combinada fueron menos marcadas, probablemente debido al efecto antecesor de la soja. El rendimiento con siembra directa en el caso anterior fue 8% inferior a los rendimientos obtenidos con laboreo convencional (Ferrari, 1997).

En la secuencia trigo-trigo en un ensayo de largo plazo conducido en INTA Chei Barrow, se mostró que en las parcelas sin aplicación de nitrógeno la labranza convencional rindió el 40% más que la siembra directa. Bergh (1997) citado por Ferrari (1997) menciona que además de la menor disponibilidad de nitrógeno, otros factores podrían contribuir a explicar los bajos rendimientos de trigo en siembra directa. Entre ellos se destaca una más alta resistencia del suelo a la penetración radicular y una mayor incidencia de enfermedades (Ferrari, 1997).

La rotación de cultivos es mejor que los monocultivos, pero para que sea efectiva debería incluir una leguminosa. La rotación de cultivos por sí sola no es suficiente para mantener la productividad, además de los cultivos se necesita también la reposición de nutrientes extraídos del sistema.

Fontanetto y Keller (1997) estudiando diferentes cultivos antecesores sobre el comportamiento de la Avena, concluyen que el mejor antecesor fue la pastura degradada, luego la moha y por último el sorgo granífero. Esto se relacionó con la diferente extracción que cada uno de ellos efectuó del agua y los nitratos del suelo para cumplir con sus necesidades de crecimiento y producción, dejando luego de completado su ciclo diferentes ofertas de agua útil y de nitratos para la avena que le siguió en la rotación. Así con avena, después de sorgo granífero se lograron rendimientos de 2430, 2991, 3950 kg MS/ha para dosis de nitrógeno de 0, 25 y 50 kg/ha respectivamente.

En el ámbito nacional Olarán y Piñeyrúa (1996) midieron el efecto de la intensidad de laboreo sobre el rendimiento y componentes del mismo en trigo. Estos autores determinaron que en secuencias con laboreo continuo el rendimiento fue 22% mayor que en siembra directa continua, explicado por cambios en propiedades físicas del suelo y disponibilidad de nutrientes (Cuadro 8).

Cuadro 8: Efecto de la intensidad de laboreo en el rendimiento de trigo y en sus componentes (Olarán y Piñeyrúa, 1996).

Variable	LC	TEST	2LC	1LC	SD
Rendimiento (kg/ha)	3037	2995	2972	2442	2378
Espigas/m <sup>2</sup>	573	634	585	429	370
Granos/espiga	20.5	28.7	23.5	22.2	23.3
Peso de 1000 granos	34.3	34.3	36.3	33.3	33.5

Referencias: secuencia de laboreo en tres cultivos; LC: laboreo continuo; TEST: testigo; 2LC: dos labores en la secuencia; 1LC: un laboreo en la secuencia; SD: siembra directa continua.

El rendimiento medio de los tratamientos con laboreo convencional continuo fue un 12% superior a la secuencia iniciada con laboreo y seguida con siembra directa con rastrojo en pie y un 25% superior cuando se picó el rastrojo. Las diferencias en rendimiento observadas en el cuadro 8 entre siembra directa continua y laboreo convencional continuo se explican por la mayor cantidad de espigas/m<sup>2</sup> de este último, mientras que no existieron diferencias en número de granos por espiga, ni en el peso de 1000 granos de trigo.

Con respecto a materia seca en el mismo ensayo comparando laboreo convencional continuo contra siembra directa continua obtuvieron a los 64 días de la siembra 2429 y 1399 kg MS/ha respectivamente, diferencia atribuida al crecimiento inicial más lento de las plantas en siembra directa. En espigazón a los 120 días, los valores de materia seca de trigo en laboreo convencional y siembra directa fueron 6717 y 5606 kg MS/ha respectivamente (Olarán y Piñeyrúa, 1996).

Asimismo Magrini et al. (1983) reportan rendimientos de trigo sobre rastrojo de sorgo en laboreo convencional y siembra directa, de 2948 y 1390 kg/ha respectivamente. Explican las diferencias en rendimiento en función de las dificultades que presenta la sembradora a zapatas que determinó una siembra muy despereja.

En contrapartida Terra y García (1997) en la producción de materia seca de Avena 1095a no determinaron diferencias en rendimiento entre laboreo reducido, laboreo intenso y siembra directa, en el primer pastoreo y segundo pastoreo, a los 50 y 92 días de la siembra. La oferta de forraje en el último pastoreo fue 2072, 2045 y 1990 kg MS/ha en laboreo intenso, laboreo reducido y siembra directa respectivamente.

Para Galarza (1996) en trigo se hace dificultoso obtener altos rendimientos en sistemas de siembra directa, cuando existen condiciones de menor fertilidad disponible a lo largo del ciclo del cultivo y una mayor lentitud de implantación a causa de una menor temperatura y menor fertilidad inicial.

A su vez para Ciganda (1996) la producción de materia seca de una mezcla de raigrás, avena y trébol rojo, sembrada a mediados de abril en sus primeros dos cortes no presentó diferencias según sistema de laboreo convencional o siembra directa. Este resultado difiere de lo esperado donde el rendimiento en siembra directa es inferior con respecto al laboreo convencional por una menor disponibilidad de nitrógeno, menor temperatura y mayor compactación del suelo.

El autor destaca que la localización del fertilizante basal, la aplicación de una dosis importante del mismo a la siembra y el agregado de una segunda dosis como refertilización permitió lograr rendimientos similares al laboreo convencional. Asimismo en el tercer y cuarto corte el sistema de laboreo no afectó el rendimiento total de la mezcla, no obstante la contribución de la leguminosa en la mezcla fue menor en siembra directa (Ciganda, 1996).

Asimismo Rios et al. (1998) evaluaron en condiciones de siembra directa y convencional el control de gramilla, la implantación y la productividad de distintas mezclas forrajera sobre una pastura degradada con aplicaciones previas de glifosato. La producción de forraje de la mezcla sembrada a principios de mayo de *Dactylis glomerata* cv. INIA Oberón con *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel y *Trébol blanco* cv. E Zapicán fue superior en un promedio de 1900 kg MS en laboreo convencional con respecto a siembra directa. Los mayores rendimientos de forraje obtenidos en laboreo convencional habrían sido determinados por los excelentes niveles de controles de gramilla, mayor población de raigrás espontáneo y la disponibilidad de nitrógeno evaluado a través del mayor contenido de proteína cruda.

Los factores por los cuales compite una pastura asociada (nutrientes, agua y principalmente luz) pueden ser relativamente controlables manejando la densidad de siembra, espaciamiento y ubicación del cultivo respecto a la pradera. Mediante los distintos métodos de siembra la semilla debería alcanzar una humedad apropiada y obtener los nutrientes del suelo o agregados por el fertilizante.

Con relación a la producción de materia seca de trigo en siembra directa Abella e Indarte (1997) evaluaron que siembras en líneas cruzadas comparadas con todo en línea mostraron valores similares (7715, 8280 kg MS/ha), pero diferenciándose significativamente de las sembradas al voleo y en líneas alternas (6223 y 6368 kg MS/ha). Los resultados de la siembra alterna son explicados por los autores por un menor número de macollos/m<sup>2</sup> y por la competencia entre ellos que seguramente provocan mayor porcentaje de mortalidad.

Asimismo Castaño et al. (2000) vieron en siembras asociadas con trigo que el método de siembra donde las leguminosas Lotus, trébol blanco y alfalfa se siembran al voleo y el trigo cruzado, presentaron las mayores producciones de materia seca a los 6 meses. Para dactilis el mejor comportamiento se verificó en siembras en línea alterna con el trigo hasta el tercer año. Se registró mayor producción de materia seca total de la mezcla, a los 6 meses post-siembra con líneas cruzadas, atribuido a una mejor distribución de plantas y utilización del fertilizante. Sin embargo, al año las diferencias entre métodos de siembra se diluyeron y las tendencias hasta los tres años son las mismas que al inicio, es decir, las leguminosas en siembra al voleo y el trigo cruzado mostró los mejores resultados.

Igualmente Llado et al. (1994) determinaron que con manejos moderados, cortes cada 90 días, de una mezcla forrajera con diferentes gramíneas invernales introducidas, el método de siembra en línea superó en un 13% al voleo.

Parece ser importante introducir gramíneas de mayor potencial productivo que exploten la fertilidad proporcionada por las leguminosas. Esto permitirá obtener pasturas más productivas, más estables, con una mejora en la producción invernal, un mayor equilibrio frente a condiciones climáticas adversas y mejor balance gramínea-leguminosa.

Bevilacqua et al. (2000) afirman que en un mejoramiento de *Lotus subbiflorus* El Rincón las plántulas de gramíneas introducidas sembradas en directa con zapatas que tuvieron mayor contribución al rendimiento, fueron aquellas que presentaron menor competencia intra e interespecífica. Esto se correspondía con mayor número de macollos, asociado a los tratamientos donde se aplicó herbicida sobre el tapiz.

Asimismo Gallinal y Scaron (2000), trabajando sobre tapiz mejorado con *Lotus subbiflorus* cv. El Rincón evaluaron la producción de forraje de 6 gramíneas en siembra directa. La producción de forraje total fue de 4890, 4180, 4080, 3730, 3480 kg MS/ha para Avena cv. INIA Tucana, Holcus, Avena cv. INIA Polaris, raigrás cv. E 284 y trigo respectivamente. Avena cv INIA Tucana registró la mayor producción sin diferenciarse de Holcus y Avena Polaris. También se determinó en el primer corte de forraje, el 25 de setiembre, un mayor número de macollos con menor peso, que repercutió en una menor producción de forraje con respecto al segundo, donde el mayor peso de macollos determinó mayor rendimiento.

Los autores consideran que las escasas precipitaciones luego de la fertilización, determinaron que las especies compitieran por nutrientes. Asimismo concluyeron que la menor producción de gramíneas en el primer corte, podría deberse a una menor mineralización de la materia orgánica frecuente en siembra directa, sumándose a esto un insuficiente agregado de fertilizante.

*Lotus corniculatus* es una leguminosa perenne estival, que se caracteriza por su resistencia a la sequía, su alto valor nutritivo y persistencia, lo que la hace recomendable para ser incluida en mezclas forrajeras.

La producción de forraje de *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel sembrado a mediados de mayo en cobertura con 12 kg/ha sobre un campo natural fue significativamente menor en el primer año, 995 kg MS/ha, que en los dos subsiguientes. En el segundo y tercer año produjo 5069 y 3224 kg MS/ha respectivamente. Esta mayor producción de forraje de la fracción Lotus, junto con la baja producción de semilla tienen como resultado el menor índice de cosecha de esta especie. Pero las bajas producciones en el Lotus San Gabriel al tercer año cuantificado en 48 kg/ha de semilla limpia podrían ser consecuencia de problemas de persistencia, causados por enfermedades de raíz y corona. El año en que se realizó el ensayo se caracterizó por lluvias que superaron la media histórica lo que pudo haber incidido en los problemas de enfermedades (Castaño y Menendez, 1998).

Las limitantes más importantes a nivel nacional para la obtención de altos rendimientos de semillas forrajeras parecen ser los problemas de malezas y la baja eficiencia del proceso de cosecha. Los rendimientos promedios para Lotus (123 kg/ha), trébol rojo (119 kg/ha), trébol blanco (112 kg/ha), Festuca (161 kg /ha) y raigrás (556 kg/ha) son bajos con relación al potencial de las especies (García et al. 1991).

Los rendimientos máximos de semilla para Lotus, sembrado en marzo, citado por Rebollo y Duhalde (1987) fueron 632, 468 y 499 kg/ha para el manejo 1 que fue sin corte previo, el manejo 2 con un corte el 20/9, y el manejo 3 con un corte el 10/11, respectivamente. Agregan que al momento de máximo rendimiento el porcentaje de vainas marrones fue de 60- 70% para los manejos 1 y 2.

Por otro lado, Berrutti y Grauert (1994) mencionan que promedialmente los rendimientos de semilla de Lotus obtenidos con aplicaciones químicas (diquat y paraquat) no difirieron con respecto al cultivo imperturbado (334 kg/ha), en tanto fueron superiores al manejo con corte e hilerado (164 kg/ha). Estos mismos autores para alfalfa determinaron 132 y 180 kg/ha de semilla en cultivo imperturbado y en cultivo cortado e hilerado respectivamente.

Ferenczi et al. (1997) evaluando la producción de forraje en las especies introducidas, Lotus, trébol blanco y Festuca, en un tapiz natural, determinaron una tendencia productiva a favor de la siembra en cobertura con respecto a la siembra directa en términos de producción de forraje, destacándose entre las especies el Lotus como la de mejor comportamiento.

Asimismo Cianciarullo et al. (2000) estudiaron la implantación, el establecimiento y la producción de un mejoramiento con *Lotus corniculatus* utilizando dos métodos de siembra, diferentes controles de la vegetación y tres densidades de siembra. No se detectaron diferencias significativas en la producción de materia seca total a los 237 días de la siembra en un tapiz natural mejorado con *Lotus corniculatus* entre siembra en cobertura y directa (1537 vs. 1419 kg MS /ha). Asimismo, analizando la contribución porcentual de *Lotus corniculatus* en la producción del mejoramiento del tapiz natural, no se evidenciaron diferencias entre siembra directa y en cobertura.

Tampoco se detectaron diferencias en la materia seca total del tapiz entre densidades de siembra de 7,10 y 13 kg/ha. En contrapartida con densidades de siembra de 7 kg/ha siempre se obtuvieron menores aportes porcentuales de Lotus en la producción del mejoramiento, comparado con densidades de 10 y 13 kg/ha. Una interacción se dio en siembra directa, donde al aumentar la densidad de siembra aumenta también la contribución de Lotus en el mejoramiento sin considerar el tratamiento químico; en cambio en siembras en cobertura utilizando paraquat el aumento de la densidad se acompaña de disminuciones en el porcentaje de Lotus (Cianciarullo et al. 2000).

Con relación a los controles químicos, con paraquat (2.5 l/ha) y glifosato (3.5 l/ha) se determinaron diferencias en producción de materia seca total del tapiz mejorado a favor de paraquat. En cambio, las mayores contribuciones porcentuales de Lotus se observaron en tratamientos con herbicidas comparativamente con los tratamientos sin herbicidas (Cianciarullo et al. 2000).

En un campo natural virgen se sembró en convencional y cobertura *Lotus corniculatus* rindiendo 6100 y 1600 kg MS/ha respectivamente en el primer año. Estos resultados Bacans y Guerra (1992) los explicaron debido a que el laboreo mejoró las condiciones físicas del suelo, a una mayor mineralización de la materia orgánica y a la eliminación de la competencia del tapiz natural. A partir del tercer año y hasta el quinto año del período analizado, los rendimientos de siembra en cobertura fueron significativamente superiores a los de la siembra convencional.

Si bien la leguminosa presentó una producción acumulada similar, 11600 y 12600 kg MS/ha, para la siembra convencional y cobertura respectivamente, su distribución a través de los años fue diferente. En la siembra convencional el mayor aporte de forraje de leguminosa se concentra en los dos primeros años, mientras que en la siembra en cobertura se distribuye en los cuatro primeros años (Bacans y Guerra, 1992).

Cianelli y Otonello (1998) compararon el efecto de la aplicación de tres tratamientos previos del tapiz; un testigo: con arrase y sin herbicida; sulfosato (1 l/ha) y paraquat (2.5 l/ha); a su vez con tres métodos de siembra que fueron cobertura al voleo;

siembra en línea con disco y siembra en línea con zapatas; y 4 gramíneas invernales, raigrás, Holcus, dactilis y Festuca, en la instalación y producción al primer año sobre un mejoramiento extensivo de trébol blanco y Lotus.

En la producción al primer corte y en la producción anual acumulada, el método a zapatas favoreció la producción de forraje de las gramíneas sembradas, mientras que los otros dos métodos no presentaron diferencias entre sí.

Al igual que en Lotus del experimento de Cianciarullo et al. (2000) los autores Cianelli y Otonello (1998) compararon los tratamientos previos del tapiz y determinaron mayor producción anual acumulada de las gramíneas cuando se utilizó herbicida. El Holcus se destacó por su alta respuesta en producción de materia seca al aplicar herbicidas, tanto sulfosato como paraquat, llegando a igualar a las producciones de materia seca de raigrás.

La pobre producción de forraje que presentan las pasturas naturales y artificiales durante el período otoño-invernal, determina una merma en la producción ganadera y lechera en el país, debiéndose utilizar otras alternativas que permiten elevar la oferta de materia seca y de esa manera superar la crisis forrajera.

Con el objetivo de superar las limitantes en la producción de forraje Perrone y Talmón (2000) evaluaron el comportamiento de 6 gramíneas puras, en mezclas binarias y complejas, en laboreo convencional. En el cuadro 9 se presentan los rendimientos de MS/ha, por corte y el total acumulado de 6 verdes puros.

Cuadro 9: Rendimiento de MS/ha por corte y total acumulado para 6 verdes puros (Perrone y Talmón, 2000).

Materiales	Rendimiento de Materia Seca (kg/ha)				
	40 *	94 *	136 *	188 *	Total
Triticale Caracé	3210	3303	3294	220	10028
Cebada FNC-1	2530	3037	4589	911	11067
Avena Polaris	1825	2237	4752	3220	12174
Trigo Buck Charrúa	1460	1636	4311	1544	8972
Raigrás Cetus	s/c	1898	4417	3411	9796
Raigrás Titán	s/c	1857	4335	3246	9439

\* días post-siembra

Como era esperable la producción de raigrás Titán aumenta al tercer corte, debido a su comportamiento más primaveral. Lo contrario sucede en las otras especies.

Se destaca la similitud en la producción de forraje de los cultivares de raigrás en todo su ciclo productivo (Perrone y Talmón, 2000).

A su vez Gómez (2000) comparó y caracterizó productivamente diferentes verdeos de invierno sembrados a principios de mayo mediante laboreo convencional y siembra al voleo. Raigrás Titán se comportó como una especie variable en producción de forraje a través del tiempo. Esta especie en el primer corte presentó menor rendimiento que lo obtenido por Perrone y Talmón (2000) pero aceptable números de plantas y macollaje aunque una menor altura con respecto al resto de las especies evaluadas en este ensayo.

Concuerda este autor también con Perrone y Talmón (2000) en que raigrás Titán posee ciclo más tardío. Se evidencia que la estrategia de producción de esta especie es aumentar el número de plantas y no el peso de las mismas. En el segundo corte de esta especie existió correlación entre productividad y el número de plantas en implantación y en el tercer corte el número de macollos/m<sup>2</sup> se relacionó con el largo del ciclo. El incremento en producción de forraje del segundo al tercer corte se debió a un aumento en la tasa de crecimiento y a la elongación de entrenudos, lo que recuerda que es una especie de ciclo más primaveral que las otras (Gómez, 2000). Los resultados de este trabajo pueden observarse en los cuadros 10 y 11.

Cuadro 10: Rendimiento por corte y producción de materia seca de 5 gramíneas (Gómez, 2000).

Materiales	Materia Seca (kg/ha)			
	88*	137*	209*	Total
Avena Polaris	933	6066	4066	8649
Avena RLE115	779	1920	5454	8167
Raigrás Titán	604	1214	2879	4702
Triticale	1002	1337	s/d	3152
Cebada	802	2351	s/d	2379

\* días post siembra

Cuadro 11: Altura y número de macollos por corte de 5 gramíneas (Gómez, 2000).

Materiales	Altura (cm)	Macollos (n°/planta)	Altura (cm)	Macollos (n°/planta)	Altura (cm)	Macollos (n°/planta)
	88*		137*		209*	
Avena Polaris	15	7	32	6	52	5
Avena RLE115	8	6	22	9	46	7
Raigrás Titán	6	7	12	10	55	11
Triticale	13	3	28	3	40	2
Cebada	15	6	36	5	22	2

\*días post -siembra

La producción de semilla en siembra con laboreo convencional al voleo para Avena cv. INIA Polaris, Avena RLE 115 y raigrás Titán fueron 1917, 2137, 517 kg /ha respectivamente. A pesar de obtener menores implantaciones y escasa calidad del área foliar remanente luego del último corte en Avena cv. INIA Polaris, sus producciones de semilla fueron aceptables (Gómez, 2000).

Llado et al. (1994) observaron diferencias significativas en producción total de forraje de las mezclas según la gramínea invernal utilizada, siendo la de mayor producción la que incluía *Bromus auleticus*. Los mismos autores determinaron que para cortes en primavera-verano para la fracción gramínea, la especie de mayor aporte fue raigrás y la fracción leguminosa total en mezcla con raigrás tuvo rendimientos significativamente menores que las otras gramíneas introducidas. Para manejos moderados, cortes cada 90 días, el Bromus superó en rendimiento de forraje a Festuca, falaris y raigrás, durante el período de verano-otoño.

Con la siembra directa los verdeos de invierno, Avena y raigrás, son capaces de obtener buenos aportes de materia seca siempre y cuando se elimine en forma temporaria o total la competencia causada por el campo natural. Los mayores rendimientos de materia seca se obtuvieron cuando se aplica glifosato, tendiendo, al aumentar la dosis, a obtener un mejor desarrollo y macollamiento de las gramíneas sembradas (Antunez, 1999).

Arburuas de Lisa et al. (1999) evaluando la productividad de Avena 1095a en siembra directa, bajo dos métodos de pastoreo continuo y rotativo, obtuvieron a los 68 días post-siembra 1343 y 1386 kg MS/ha y rendimiento de grano para avena de 283 y 348 kg/ha respectivamente. El bajo rendimiento de grano podría deberse por el retiro tardío a fines de setiembre, de los animales del pastoreo.

Con respecto al largo de barbecho, Alvarez et al. (2000) evaluaron el comportamiento de una Avena sembrada el 26/4 en siembra directa con diferentes tiempos de barbecho, 150, 63, 41, 35 días y dos coberturas, con y sin moha como cultivo trampa. El mejor desarrollo de la Avena lo obtuvieron a los 60 días post-siembra, en aquellos tratamientos iniciados con aplicación de herbicida en noviembre, sin incidir en esto la presencia de la moha en verano.

## 2.6 CRECIMIENTO DE RAICES

El factor físico más limitante que menciona Martino (1996) bajo siembra directa, ha sido la resistencia mecánica para el desarrollo de las raíces en el cultivo de verano, lo que impide una buena utilización del agua en capas profundas del suelo. El segundo factor en importancia, ha sido la deficiencia de oxígeno en la primera etapa de desarrollo en el cultivo de invierno, que resultó en una reducción de la tasa de emergencia y una escasa profundización de las raíces.

Frente a condiciones de alta resistencia mecánica las plantas responden disminuyendo la tasa de elongación de raíces, aumentando su diámetro, y tendiendo a crecer más horizontalmente y volviéndose más contorsionadas. Por tanto, en suelos compactados que presentan alta resistencia mecánica, las raíces fibrosas se comportarían mejor ya que poseen menor diámetro que las pivotantes. En siembra directa, para enfrentar posibles problemas físicos, podría pensarse en utilizar alfalfa y achicoria por ser especies que desarrollan biocanales más profundos que Festuca, trébol rojo y trébol blanco (Martino, 2001). A su vez Maddalena (1994) agrega que en siembra directa las raíces eran más cortas y tortuosas, explicado por una mayor resistencia mecánica en este sistema.

La progresiva compactación del suelo posterior al laboreo, cuantificada por Bacans y Guerra (1992) a través de la densidad aparente, podría afectar negativamente el crecimiento en profundidad de las raíces de *Lotus corniculatus*. Este factor determinaría menores profundidades de arraigamiento y consecuentemente las plantas serían más sensibles al déficit hídrico y por lo tanto con menores posibilidades de sobrevivencia al estrés.

Con relación al peso radicular, Bacans y Guerra (1992) determinaron mayor peso radicular en siembra convencional en 5 años de *Lotus corniculatus* con respecto a siembra en cobertura, 9900 contra 6500 kg MS/ha, lo que podría estar indicando que en el primer caso existieron limitantes en el suelo que determinaron una partición diferente del crecimiento de las plantas, las cuales desarrollaron mayor masa radicular como forma de compensar la restricción edáfica.

Con respecto a la distribución del sistema radicular Maddalena (1994) cuantificó en trigo la densidad de raíces hasta los 10 cm. Fue mayor en siembra directa que en

laboreo convencional, mientras que la profundidad máxima a la que llegaron las raíces no difirió entre tratamientos.

Asimismo Olarán y Piñeyrúa (1996) midiendo a los 20 días post-siembra y de 0 a 6 cm de profundidad, reportan que el crecimiento radicular de trigo se afectó por la compactación, determinando mayores pesos radiculares y mayor número de raíces en superficie al aumentar el número de cultivos con siembra directa. También observaron que el aumento de peso radicular se producía al aumentar el tamaño de agregados y la resistencia a la penetración.

Estos autores coinciden con lo mencionado por Maddalena (1994) en que se registran mayores pesos radiculares en siembra directa en los primeros 6 cm del suelo. Agregan que este sistema presentó mayor compactación, compensando las raíces esta restricción a través de la elongación radicular, manifestándose en un engrosamiento de las raíces y mayor proliferación de las laterales. Esto resulta en que bajo siembra directa habría mayor proporción de raíces desarrollándose en superficie.

## 2.7. EFECTO DEL RASTROJO DE SORGO

El manejo adecuado de los rastrojos implica conocer los distintos efectos que éstos producen en el suelo, así como las principales limitantes del sistema agrícola en consideración. La siembra directa, con el mantenimiento de los rastrojos en superficie, introduce importantes cambios en el microambiente del suelo.

Rastrojos con relaciones de C/N superiores a 20-30% inducirán inmovilización del nitrógeno mineral en el tejido microbiano. En rastrojos de alta calidad como trébol blanco existe una rápida liberación del nitrógeno, 80% en 2 meses; lo contrario sucede en rastrojo de sorgo, donde es claro y persistente el fenómeno de inmovilización del nitrógeno por los microorganismos y los hongos. A esto debe sumarse la inmovilización de nitrógeno del suelo circundante, inducido por compuestos orgánicos liberados durante el proceso de descomposición (Morón, 2001).

A su vez, la presencia de alta cantidad de rastrojo de sorgo de baja calidad en momentos de alta demanda de nitrógeno por el cultivo puede producir mermas en el rendimiento (Morón, 2001).

Por otra parte la estabilidad de agregados aumenta con la incorporación del rastrojo de sorgo, debido a que existe mayor contenido de exudados producidos por el desarrollo microbiano, que sirven como agente ligante de los agregados del suelo (Olarán y Piñeyrúa, 1996; Calegari, 1997).

El crecimiento y rendimiento de los cultivos se influencia por las especies de plantas cultivadas anteriormente, o sea, por el lugar que un cultivo tiene dentro de una

determinada rotación de cultivos. Para definir una secuencia de cultivos en rotación, es necesario conocer la influencia que determinada especie ejerce sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo que le sigue (Derpsch, 1995).

El rastrojo de sorgo puede presentar dificultades en la preparación de la tierra y problemas en el cultivo siguiente. Además de la implantación se ve afectado el rendimiento y desarrollo. Al respecto, en INIA La Estanzuela se cuantificó una pérdida de 690 kg/ha de trigo sobre rastrojo de sorgo con respecto a rastrojo de girasol (Capurro, 1975).

Las causas del efecto negativo del rastrojo sorgo sobre el cultivo siguiente serían la falta de nitrógeno y agua en el suelo, y la presencia de sustancias fitotóxicas en el rastrojo. El rastrojo de sorgo posee una alta relación C/N lo que provoca que los microorganismos al descomponer el rastrojo deban cubrir sus requerimientos de nitrógeno con el que provee el suelo, causando así inmovilización de nitrógeno en el suelo. Además el rastrojo de sorgo favorece la multiplicación microbiana, por su alto volumen y porcentaje de azúcares solubles (Capurro, 1975).

Por otro lado los rastrojos no difieren en el porcentaje de carbono, pero el de nitrógeno es altamente variable. En el caso de la caña de sorgo el porcentaje de carbono y de nitrógeno fue 40.3 y 0.93% respectivamente, mientras que trébol blanco que presenta 41.3 y 3.04% de carbono y nitrógeno respectivamente (Morón, 2001).

Además los rastrojos pueden presentar diferencias en el contenido de humedad, efectos fitotóxicos, porcentajes de malezas y relación C/N, y a su vez interaccionar con el método de laboreo. Asimismo que Capurro (1975) Magrini et al. (1983) observaron una reducción importante en el rendimiento de trigo en siembra directa sobre rastrojo de sorgo, 1390 kg/ha, con relación al del girasol, 2249 kg/ha; posibles efectos alelopáticos podrían haber incidido en este resultado.

García (1998) asimismo menciona efectos alelopáticos del rastrojo de sorgo sobre los cultivos de trigo con laboreo convencional. Con siembra directa y todo el rastrojo en superficie el problema no se observa. Esto sugiere que en el proceso de descomposición del rastrojo dentro del suelo es lo que generaría el problema. El autor agrega que para disminuir estos problemas se debe tener en cuenta un correcto diseño de las rotaciones y lograr un adecuado largo de barbecho químico.

El problema que causa la presencia de sustancias fitotóxicas, principalmente ácidos fenólicos, aumenta con descomposiciones más tardías y en condiciones de anegamiento con alto volumen de rastrojo, compuesto por un material fibroso de lenta descomposición (Capurro, 1975).

Otro elemento a considerar dentro de los efectos alelopáticos son los exudados de las raíces de sorgo que se muestran activos a la más baja concentración evaluada (10 U) sobre el trigo, principalmente reduciendo el peso seco de la parte aérea. En el sistema radicular del trigo concentraciones iguales o superiores a 50 U fueron necesarias para reducir el peso seco (Souza et al. 1993).

Ernst y Ritorni (1983) estudiando el efecto del rastrojo de sorgo sobre la instalación de trigo, reportan que cuando se incorpora el rastrojo la fertilización nitrogenada del mismo reduce la instalación del cultivo, en cambio cuando se retiró el rastrojo se obtuvieron mejores resultados. Esto sugiere la existencia de un efecto alelopático, ya que la germinación de la semilla sería independiente del nivel de nitrógeno en el suelo. La incorporación del rastrojo más el agregado de nitrógeno, habría determinado una mayor concentración de fitotoxinas debido a una mayor velocidad de degradación.

En varios agroecosistemas, la mineralización de los nutrientes de la materia orgánica originada de los restos vegetales y el aprovechamiento de éstas por los cultivos, ocurren muchas veces separados en el tiempo, resultando en baja eficiencia en el uso de los nutrientes, principalmente del nitrógeno.

En cuanto a la producción de materia seca, Capurro (1975) evaluó el efecto de distintos manejos del rastrojo de sorgo sobre el rendimiento de trigo. No detectó problemas graves ya que los rendimientos obtenidos fueron aceptables. El manejo que permitió lograr rendimientos más altos fue el de arada en marzo con una pasada de rotativa y con fertilización nitrogenada al rastrojo. Por otra parte Olarán y Piñeyría (1996) no cuantificaron diferencias en el rendimiento de trigo dejando el rastrojo de sorgo en pie o picado sobre el suelo.

A su vez Bouza y Galluzo (1986) midieron el rendimiento de trigo sobre dos manejos de rastrojo de sorgo en laboreo convencional. En una situación el rastrojo fue cortado y retirado, quedando un remanente de 2000 kg/ha MS rindiendo el trigo 1668 kg/ha; en la otra situación el rastrojo fue pastoreado quedando un remanente de 4000 kg/ha y el rendimiento de trigo fue de 1308 kg/ha. Analizando el efecto del rastrojo de sorgo en la implantación del trigo los autores determinaron un bajo porcentaje de germinación y lento crecimiento inicial de trigo, atribuido posiblemente a la presencia de fitotoxinas. Los resultados se presentan en el cuadro 12.

Cuadro 12: Población de trigo sobre dos rastrojos de sorgo, 2000 y 4000 kg MS/ha, según tipo de herramienta (Bouza y Galluzo, 1986).

Tipo de herramienta	Población (plantas/m <sup>2</sup> )	
	2000 kg/ha	4000 kg/ha
Arado de rejas	170	193
Cinzel	157	175
Discos	185	191
Rastra excéntrica y cinzel	167	157

El rendimiento relativo de trigo después de sorgo fue 59% sin aplicaciones de nitrógeno y 76% con 60 kg N/ha a la siembra, tomando como base 100 el rendimiento sobre rastrojo de soja. El nitrógeno aplicado disminuye parcialmente el efecto depresivo del rastrojo de sorgo, pero como única medida es insuficiente (Díaz y Baethgen, 1982).

En tal sentido Vallo y Zarauz (1987) midieron efectos negativos en el rendimiento de trigo sobre rastrojo de sorgo, a aplicaciones crecientes de nitrógeno, explicado por mayores porcentajes de vuelco del trigo.

Rendimientos aceptables de trigo fueron obtenidos tanto sobre rastrojos de sorgo (3497 kg/ha) como de girasol (3317 kg/ha), no manifestándose el rastrojo de sorgo como limitante del rendimiento (Vallo y Zarauz, 1987)

Por otra parte, Triñanes y Uriarte (1984) no obtuvieron diferencias significativas en el rendimiento final del trigo obtenido luego de cuatro rastrojos de verano, soja, girasol, sorgo y maíz estudiados en el experimento; pero sí se observó una tendencia a que el girasol y la soja resultaran ser los rastrojos que menos afectaron el rendimiento de trigo, mientras que el de maíz y sorgo fueron los que produjeron mayores depresiones en el mismo.

En otro experimento se observó que hasta la etapa de macollaje de trigo, la cantidad de nitrógeno absorbido y la materia seca acumulada fue inferior sobre rastrojo de sorgo comparado con rastrojo de girasol. No obstante, los niveles de nitrógeno no comprometieron el rendimiento. En rastrojo de sorgo una mayor densidad de siembra afectó más el peso promedio de macollos que sobre rastrojo de girasol, a causa de que el primero provoca una limitante mayor de nitrógeno (Vallo y Zarauz, 1987).

En la etapa reproductiva del trigo, el menor aporte de nitrógeno en el rastrojo de sorgo se tradujo en una población inferior de macollos fértiles y menores producciones de materia seca, agravándose la magnitud del efecto a mayores densidades. La mayor competencia generada provoca que los macollos sean más débiles. Esto disminuyó la capacidad de absorción de nitrógeno de estos macollos, debido posiblemente a su mayor

sensibilidad frente a sustancias alelopáticas desarrolladas a causa del rastrojo de sorgo (Vallo y Zarauz, 1987).

Durante el período de barbecho ocurre la muerte y descomposición de los rastrojos de cultivos, se acumula nitrógeno en el suelo, se recarga agua en el perfil, se producen sucesivas emergencias de malezas anuales y se prepara la sementera. Todos estos procesos son dependientes del tipo y cantidad de rastrojo presente, temperatura, fertilidad y humedad del suelo (Ernst, 2001).

Ernst y Ritorni (1983) evaluando el comportamiento de trigo sobre rastrojo de sorgo en laboreo convencional, concluyeron que el efecto relativo del rastrojo de sorgo sobre el trigo aumenta en chacras con varios años de historia agrícola, ya que el aporte de nitrógeno de ese suelo es deficiente. Mencionan que en estas chacras la tasa de descomposición sería menor, necesitándose períodos de barbecho mayores para obtener los máximos rendimientos. En cambio, en chacras donde el sorgo es cabeza de rotación el propio suelo sería capaz de mantener una alta tasa de descomposición y permitir un buen comportamiento del trigo. Vallo y Zarauz (1987) coinciden con lo mencionado por Ernst y Ritorni (1984), en chacras de buenas fertilidad natural no es de esperar grandes diferencias en rendimiento del trigo entre rastrojos de sorgo y girasol.

Estos últimos autores determinaron que el rendimiento de trigo no se afectó por la época de arada, la cantidad de rastrojo incorporado y la fertilización agregada al rastrojo de sorgo. Además agregan que la época de arada por sí sola no mejora el rendimiento de trigo, el efecto depende del manejo que se le haga al rastrojo, es así que en aradas tempranas conviene incorporar el rastrojo y en tardías retirarlo. El período de barbecho en épocas de siembra temprana es suficiente para descomponer el rastrojo y liberar nitrógeno. En épocas tardías la inmovilización del nitrógeno aparece como un factor a considerar dentro del manejo del rastrojo; en este caso la incorporación de altos volúmenes de rastrojo causan una disminución del rendimiento que se puede corregir con el agregado de mayores dosis de fertilizante.

La fertilización nitrogenada no afectó la tasa de macollaje del trigo sobre rastrojos de sorgo y girasol. Pero existió una respuesta positiva al agregado de fertilizante en materia seca acumulada hasta la etapa de macollaje en rastrojo de sorgo, donde el peso promedio de macollos debió variar. Esa limitante de nitrógeno se manifestó en menor número de espigas/m<sup>2</sup> agravado aún más en altas densidades y por lo tanto, a dosis crecientes de fertilizante existió respuesta positiva en número de espigas/m<sup>2</sup> en rastrojo de sorgo (Vallo y Zarauz, 1987).

En cebada cervecera Bologna y Rincón (1997), en siembra directa con y sin rastrojo de sorgo en superficie, no obtuvieron diferencias significativas sobre el rendimiento en grano. La presencia o no del rastrojo condicionó la respuesta a la dosis y fuente de nitrógeno agregado. La evolución de nitratos en el suelo hasta los 6 cm, no

presentó diferencias significativas entre tratamientos con y sin rastrojo en superficie, con excepción de los 40 días post-siembra donde se registraron valores superiores de nitratos en parcelas sin rastrojo. La evolución del porcentaje de nitrógeno en planta mostró diferencias por la presencia o no de rastrojos, siendo mayores en las primeras, lo que no llegó a manifestarse en rendimientos diferenciales.

La ausencia o no de rastrojo en superficie no afectó la evolución de la tasa de macollaje de cebada, aunque el número de espigas/m<sup>2</sup> fue inferior sin rastrojo con la aplicación de urea, explicado por dificultades en la disolución de nitrógeno en condiciones secas (Bologna y Rincón, 1997).

Augsburger (1997) afirma que un adecuado manejo de rastrojo y residuos debería ser el primer paso para comenzar una siembra directa y, sobre todo, realizar un manejo especial en rastrojos con potenciales de producir cantidades grandes de paja (tales como los de cebada, trigo, maíz y sorgo).

El entendimiento de cómo los residuos de los cultivos influyen en el reciclaje de nutrientes y en las propiedades químicas del suelo posibilitan la integración estratégica del manejo de los residuos dentro de diferentes sistemas de cultivos con el objetivo de desarrollar un buen manejo de la fertilidad del suelo (Calegari, 1997).

La magnitud de la pérdida de nitratos en suelo depende en parte del manejo del rastrojo. La incorporación del rastrojo trae como consecuencia una mayor inmovilización, lo que permitiría conservar nitrógeno en el suelo bajo condiciones desfavorables (Ernst y Ritorni, 1983).

La siembra directa y la cobertura del suelo con cultivos modifican las características de los transportadores en superficie que favorecen la infiltración. Comparando el efecto de los métodos de siembra, Heblethwaite (1997) reporta que la infiltración fue un 45% superior en siembra directa con respecto a laboreo convencional. La reducción del 32% en la tasa de infiltración en laboreo convencional en comparación con el 7% en siembra directa con remoción de residuos, indica un fuerte efecto físico de los rastrojos sobre la superficie del suelo.

Como ya se mencionó, una buena cobertura con rastrojos sobre el suelo cubriendo 60-70%, evitaría por un lado la desagregación de las partículas y agregados por las gotas de lluvia y además reduciría la velocidad de escurrimiento, permitiendo mayor infiltración del agua (Bradley, 1997; Marelli, 2001). Así, una cubierta de residuos de trigo entre 4-8 tt/ha fue efectiva en evitar el encostramiento superficial y permitir un elevado nivel inicial de infiltración (Marelli, 2001).

Asimismo Marchesi (1999) afirma que la cobertura de suelo es muy importante en siembra directa porque cumple funciones fundamentales en las propiedades físicas y bioquímicas del suelo, manteniendo o aumentando el potencial productivo del mismo.

Dentro de las propiedades físicas se encuentran la protección del impacto de la gota de lluvia resultando en menor erosión (Olarán y Piñeyría, 1996; Morón, 2001), disminución del escurrimiento superficial del agua, disminución de la amplitud térmica y reducción de la evaporación del agua dependiendo del volumen y tipo de rastrojo (Marelli, 2001; Marchesi, 1999; Morón, 2001). Dentro de las bioquímicas, la liberación lenta de P, N y K, aumento de la actividad aeróbica en superficie que favorece la estructura del suelo, aumento de actividad de bacterias y hongos y aumento de la actividad de la mesofauna que constituye un factor importante en la mejora física y química del suelo.

La actividad y densidad poblacional de los microorganismos en el suelo están directamente relacionados con el volumen de material orgánico disponible, el que constituye una de las principales fuentes de energía para esos organismos (Calegari, 1997; Morón, 2001).

El crecimiento y desarrollo microbiano inducido por la presencia de rastrojo implica una retención temporaria de carbono y otros elementos como N, P, Ca, Mg. La magnitud de la necesidad de nitrógeno de los microorganismos dependerá de la cantidad de carbono ofrecido vía rastrojo, de la eficiencia de conversión C del rastrojo a C microbiano y de la relación C/N de los microorganismos (Morón, 2001).

La acumulación de residuos en superficie de más lenta descomposición en siembra directa, determina un incremento en el contenido de materia orgánica en la zona superficial con una marcada estratificación de nutrientes (Sawchik, 2001; Bradley, 1997; Marchesi, 1999). La tendencia que se verifica en cultivo continuo con laboreo, es la disminución de C orgánico y nitrógeno, y se acentúa cuando el rastrojo es retirado de la superficie (Sawchik, 2001).

Asimismo Calegari (1997) menciona que los residuos de las plantas en el suelo, por los efectos de la masa vegetal en la superficie o a través de las raíces en el perfil del suelo, tienden a provocar importantes alteraciones en algunas propiedades del suelo. En este sentido los residuos tienden a contribuir a una mejora en la estructura del suelo, un aumento de la capacidad de retención de agua, elevación de los índices de infiltración de agua, aumento de la porosidad del suelo, mejor aireación, menores pérdidas de agua por evaporación por el efecto de la cobertura muerta en la superficie y disminución de la densidad del suelo por efecto de la materia orgánica. Morón (2001) agrega que se producen cambios en los contenidos de C y N en la materia orgánica y de pH y fósforo del suelo.

En el ámbito nacional Borges (2001) estudió la descomposición de rastrojos de trigo, soja y maíz, sobre suelos en secuencias de cultivos sembrados sin laboreo con y sin rotación de pasturas. Afirma que las pérdidas relativas de peso seco y de nitrógeno varían según el tipo de rastrojo, es así que en rastrojos de maíz que presentan altos contenidos de lignina, celulosa y hemicelulosa, su peso seco relativo desciende más lentamente que un rastrojo de soja. En la fase de descomposición la mayor reducción de FDN que de FDA, determina un residual de rastrojo de maíz con un mayor contenido de FDA. Estos autores encontraron que los contenidos de hemicelulosa presentan un más rápido descenso a los 41 días con respecto rastrojo de soja, aspecto que se explica porque la hemicelulosa en el rastrojo de maíz está menos ligada a la lignina.

En el rastrojo de maíz, por presentar una alta relación C/N, se ha encontrado hasta 33% más de N a los 41 días que al inicio del proceso de descomposición, aumentando hasta los 185 días para culminar con 57% más de N; de lo anterior el autor concluye que el rastrojo de maíz inmovilizó nitrógeno (Borges, 2001).

Por otra parte, existen algunos factores que aceleran o retardan la descomposición de los rastrojos y pueden ser afectados diferencialmente por la siembra directa o laboreo convencional. Dentro de éstos se mencionan las relaciones C/N, C/P y C/S, humedad del suelo, temperatura, pH y aireación. Cuando el rastrojo no contiene nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes los microorganismos, retiran estos nutrientes de la solución del suelo para su crecimiento, compitiendo con la planta (Fries, 1997).

Según Borges (2001) no existen diferencias en el proceso de descomposición en rastrojos de soja, trigo y maíz en sistema de siembra directa para suelos con altos contenidos de materia orgánica y nitratos. Este autor tampoco encontró diferencias en la pérdida de peso seco y la relación C/N del rastrojo de trigo con diferentes manejos anteriores, rotación o no con pasturas y cultivo antecesor.

La facilidad de descomposición de los residuos está directamente relacionada con los componentes bioquímicos que forman parte de los residuos. Las especies difieren en su constitución y pueden presentar diferentes cantidades de materiales de fácil o difícil descomposición. Algunas moléculas bioquímicas son más fáciles de ser atacadas por enzimas microbianas debido a la naturaleza química que une a los carbonos o de la propia unión de los carbonos a las moléculas (Fries, 1997; Borges, 2001; Morón, 2001).

Durante el período de descomposición del material muerto, existe una fase de inmovilización de nitrógeno, cuya duración e intensidad depende del tipo y cantidad del material a descomponer, de la fertilidad del suelo y de las condiciones climáticas y del contacto rastrojo- suelo (Borges, 2001; Ernst, 2001). Este período se asocia además, a condiciones limitantes para la implantación de los cultivos, tanto por la calidad de la

sementera como por la posible presencia de sustancias fitotóxicas producto de la descomposición. Cuando no se respeta este tiempo, es probable que ocurran fallas en implantación, menor crecimiento inicial y deficiencias de nitrógeno ( Ernst, 2001).

Los procesos de mineralización e inmovilización están dentro de los más importantes del reciclaje de nutrientes en sistema de manejo con siembra directa. Disminución en la mineralización de nitrógeno orgánico o aumento de la inmovilización del fertilizante nitrogenado han sido observados próximos a la superficie del suelo, especialmente cuando la cobertura del suelo es realizada con plantas que poseen alta relación C/N (Fries, 1997).

La secuencia de cultivos con predominancia de gramíneas, caracterizados por alta relación C/N por lo menos en los primeros años de siembra directa, puede ocasionar inmovilización de nitrógeno, acarreado una disminución significativa en la productividad del maíz a menos que se realice una fertilización nitrogenada para balancear esa relación. En condiciones en que predominan especies de baja relación C/N ocurre una mayor disponibilidad de nitrógeno para el cultivo (Rizzardi, 1995).

Fontanetto y Keller (2001) determinaron luego de 7 años de siembra directa, que la cantidad de rastrojos fue modificada por efecto de la secuencia de cultivos en conjunto con la dosis de nitrógeno de 50 kg/ha, para la primer capa de suelo. La secuencia constituida por alfalfa, Avena, sorgo forrajero y maíz provocó mayores aumentos de la materia orgánica total, mayor volumen de rastrojo producido y una más alta relación C/N. El volumen de rastrojo y materia orgánica y la captación y conducción del agua del suelo, aumentaron con la presencia de gramíneas en la secuencia anteriormente mencionada.

Con relación a la temática de malezas, Ríos (2002) reporta que los residuos de cultivos en superficie del suelo modifican el tipo de radiación que llega al mismo, su temperatura, la dinámica del agua y nutrientes, alterando la comunidad de malezas con relación a las situaciones con laboreo. Este autor a su vez menciona que los rastrojos inhiben la emergencia y posterior crecimiento de las malezas, conjugándose los efectos deletéreos de liberación de compuestos alelopáticos sobre la germinación, con el efecto físico de interferencia en la germinación de las especies, obteniéndose también un control eficiente y sin costo.

Asimismo Pitelli (1995) afirma que la cobertura muerta ejerce un efecto físico sobre las malezas, siendo importante en regular el proceso y velocidad de germinación, y las posibilidades de sobrevivencia de algunas especies. Otro efecto es que crean condiciones para la instalación de una densa y diversificada microbiocenosis en la camada superficial del suelo, la cual pueden utilizar las semillas de malezas como fuente de energía para completar su ciclo y reproducirse. Hay una relación alelopática entre la cobertura muerta y las malezas presentes en el banco de semillas del suelo. Esa

actividad alelopática de la cobertura muerta depende directamente de la cantidad y calidad del material vegetal depositado en superficie, del tipo de suelo, de la población microbiana, de las condiciones climáticas y de la composición específica de las comunidades de malezas.

Según Zorza et al. (1998), cuando retiraron el rastrojo mediante pastoreo, observaron una reducción en el número de especies de malezas presentes con respecto al tratamiento no pastoreado, diferencia explicada por el efecto directo del animal y de las modificaciones de las condiciones para la germinación. A su vez existió un aumento de la frecuencia promedio de las malezas dado por la reducción en la diversidad de especies presentes y por el incremento de la frecuencia de malezas no favorecidas por el pastoreo. También se verificó una menor diversidad de especies en siembra directa comparado con laboreo, ello es propio de un sistema con escasa remoción del suelo y con mayor uso de herbicidas. El incremento en la densidad de *Digitaria sanguinalis* en siembra directa, indica que este sistema la favorece en parte por los escapes a los tratamientos de control utilizados en maíz y por un mayor flujo de emergencia de la maleza en este sistema, en comparación con laboreo convencional y laboreo reducido.

Por otra parte Oliveira y Machado (1991), en su trabajo comparando dos tipos de rastrojos, *Avena strigosa* y *Vicia sativa* con diferentes cantidades, determinaron que la cobertura controló en un 70 % las infestaciones de malezas hasta los 30 días post-siembra del maíz en siembra directa, concluyendo que el efecto fue independiente de la especie utilizada y que fue tanto más pronunciado cuanto mayor cantidad de residuo fue dejado sobre la superficie.

Una secuencia con cobertura estival, trébol rojo-trigo, obtuvo significativamente menor densidad de malezas y no se mostraron efectos significativos de los sistemas de laboreo en el crecimiento inmediato de malezas, exceptuando la especie *Silene gallica* (Fernández et al. 1992).

Ríos (2002) afirma que el rastrojo a través de sus efectos de sombreado, al que se le suman el alelopático y de microclima que favorecen la presencia de fitopatógenos y el físico que implica atravesar la barrera de restos vegetales sería, en primera instancia, junto a la no-remoción del suelo, los factores determinantes de los cambios en las poblaciones de malezas en sistemas de siembra directa.

En síntesis, los residuos presentes sobre la superficie del suelo en sistemas de siembra directa modifican la dinámica del agua y de nutrientes, alteran el balance de radiación, son sustrato para el desarrollo de patógenos, liberan sustancias tóxicas al descomponerse, inmovilizan nutrientes, consumen oxígeno y afectan la dinámica poblacional de malezas. Con respecto al balance de radiación, la capa de residuos en superficie provoca una menor amplitud térmica en suelos bajo cero laboreo, enlentece los procesos de germinación de los cultivos, aumenta la retención de humedad en el

suelo, aumenta la incidencia de daño por heladas y posiblemente disminuye la disponibilidad de fósforo inorgánico. En cuanto a la dinámica de agua la presencia de restos de vegetales muertos generalmente favorece la infiltración y disminuye el escurrimiento superficial (Martino, 1997).

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 UBICACION**

Los experimentos se realizaron en el departamento de Colonia en la estación experimental INIA La Estanzuela, ubicada sobre la ruta 50 a 12 km de la ruta 1. Los ensayos se desarrollaron en el período comprendido entre mayo de 2001 y enero de 2002.

#### **3.2 CARACTERIZACION EDAFICA**

El suelo correspondió a un Brunosol Eútrico Típico perteneciente a la unidad Ecilda Paullier-Las Brujas donde las principales características en los primeros 20 cm se reportan en el cuadro 13.

Cuadro 13: Análisis químicos y físicos en los primeros 20 cm (Víctora et al. 1985).

<b>Características del Brunosol Eútrico Típico</b>	
pH (H <sub>2</sub> O)	5.6
Materia orgánica (%)	4.6
C orgánico (%)	2.7
CIC (pH 7.0)	25.8
% saturación (pH 7.0)	89.9
P Bray N° 1 (ppm)	17
Textura	FAcL
Arena total (%)	9.5
Limo (%)	56.5
Arcilla (%)	34.0

#### **3.3 ANTECEDENTES**

Previo a la instalación de los ensayos los cultivos que estuvieron presentes fueron gramíneas anuales y perennes. Desde el año 1984 al 1991 la chacra estuvo ocupada por Festuca. En 1992 se sembró trigo con laboreo convencional (LC) y posteriormente falaris en siembra directa (SD). En 1999 se instaló en SD raigrás INIA Titán y se mantuvo hasta octubre de 2000.

El período de barbecho comenzó con una aplicación de glifosato a 1.44 kg/ha realizada el 28/10/00 sobre la pastura de raigrás INIA Titán. Posteriormente se sembró en directa sorgo a 12 kg/ha el 1/11/00. Se utilizó una sembradora John Deere 750 de

16 líneas sembrándose el sorgo cv. Relámpago a surco por medio y con una distancia entre surcos de 0.38 metros. Conjuntamente con la siembra se fertilizó en la línea de siembra con fosfato de amonio (18-46-0) 200 kg/ha. El 4/01/01 el sorgo fue fertilizado con 150 kg/ha de urea.

Debido a dificultades de implantación se realizó una resiembra el 14/12/00 con 20 kg/ha del mismo cultivar.

El 15/12/00 se aplicó atrazina a 1.13 kg i.a./ha y metolaclor a 0.96 kg i.a./ha.

A la cosecha del sorgo se generaron dos situaciones que se denominaron rastrojo alto (RA) y bajo (RB) de sorgo. El RB fue resultado de cosechar el sorgo para silo de planta entera, o sea se retira la mayoría de la parte aérea. La misma se realizó el 6/04/01 rindiendo 11707 kg MS/ha, dejando en el suelo un remanente de materia seca que se detalla en el cuadro 14.

La cosecha del sorgo para silo de grano húmedo realizada el 10/04/01 rindió 9255 kg/ha, quedando un RA sobre el suelo.

Cuadro 14: Cantidades de rastrojo de sorgo y rastrojo de maleza en la parte aérea y raíz en kg/ha según las cosechas de grano húmedo (RA) y silo de planta entera (RB).

	Remanente de sorgo		Remanente de malezas	
	aérea	raíz	aérea	raíz
RA	9080	1560	2000	160
RB	1920	1307	613	187

Las estimaciones de la materia seca remanente se efectuaron manualmente, mediante el corte a ras del suelo y posterior secado de las muestras. En dichas muestras se separó manualmente el forraje de sorgo y malezas, principalmente *Digitaria sanguinalis*.

Con cuadros de 0.5 por 0.2 m se muestreó el suelo hasta 20 cm de profundidad para cuantificar la materia seca de raíces y para el rastrojo de malezas se utilizaron cuadros 0.5 por 0.5 m.

Al día siguiente de la cosecha se efectuó el 11/04/01 una aplicación de sulfosato a 2.4 kg i.a/ha con el objetivo de desecar el rastrojo.

### 3.4 DESCRIPCION DE LOS EXPERIMENTOS

### 3.4.1 Preparación de las camas de siembra

Se aplicaron dos métodos de preparación de suelo contrastantes, laboreo convencional (LC) y siembra directa (SD). Para la preparación del suelo con LC se detalla en el cuadro 15 las herramientas utilizadas y sus fechas en las situaciones de RA y RB.

Cuadro 15: Preparación del suelo con LC según las dos situaciones de rastrojo.

<b>Tipo herramienta</b>	<b>RB</b>	<b>RA</b>
Excéntrica	24/4/01	24 /4/01 y 28/5/01
Disquera pesada	10/05/01	2 pasadas 10/5/01

En el caso de SD, luego de 48 días de barbecho se realizó una aplicación el 29/05/01 con sulfosato a 1.44 kg i.a/ha.

### 3.4.2 Instalación de los experimentos

Sobre las 4 situaciones creadas, LC y SD por dos alturas de rastrojo de sorgo, alto y bajo se sembraron el 29/05/01 14 especies en forma similar en los dos experimentos: el experimento I cuyo objetivo fue evaluar la producción de forraje y el experimento II cuyo objetivo fue evaluar la producción de semillas. Las densidades de siembra, y pesos de 1000 semillas de las 14 especies se presentan en el cuadro 16.

Cuadro 16: Especies forrajeras sembradas.

Nombre común	Nombre científico y cultivar	Densidad (kg/ha)		Peso de 1000 semillas (g)
		Teórica	Real	
Trigo	<i>Triticum aestivum</i> cv. INIA Tijereta	120	116.3	37.15
Trigo	<i>Triticum aestivum</i> cv. LE 2265	120	s/d	41.82
Avena	<i>Avena byzantina</i> cv. LE 1095 a	120	115.1	32.83
Raigrás	<i>Lolium multiflorum</i> cv. INIA Titán	15	14.2	3.4
Raigrás	<i>Lolium multiflorum</i> cv. E. 284	15	14.5	2.18
Trébol Calipso	<i>Trifolium alexandrinum</i> cv. INIA Calipso	15	14.5	2.37
Holcus	<i>Holcus lanatus</i> cv. La Magnolia	5	4.8	0.31
Bromus	<i>Bromus catharticus</i> cv. Martín Fierro	15	s/d	6.36
Dactilis	<i>Dactylis glomerata</i> cv. INIA Oberón	15	13.2	0.73
Festuca	<i>Festuca arundinacea</i> cv. E. Tacuabé	15	14.7	2.66
Trébol rojo	<i>Trifolium pratense</i> cv. E. 116	15	14.1	2.23
Trébol blanco	<i>Trifolium repens</i> cv. E. Zapicán	5	4.6	0.68
Lotus	<i>Lotus corniculatus</i> cv. INIA Draco	15	14.0	1.34
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i> cv. Crioula	15	14.6	2.07

Se utilizó una sembradora John Deere 750 de 16 líneas con una distancia entre surcos de 0.19 m. A su vez se estableció la posición 3 (3-4 cm de profundidad de siembra) para trigo y Avena, y las restantes especies en posición 1 (0.5-1 cm de profundidad).

Conjuntamente con la siembra se fertilizó en el mismo surco de siembra con 25-33-0 a razón de 150 kg/ha. Además se realizaron el 23/08/01 y el 23/10/01 refertilizaciones a todas las gramíneas luego del corte con 100 kg/ha de urea.

En el cuadro 17 se detallan las características químicas del suelo presente en el ensayo, muestreado de 0 a 10 cm el 12/06/01.

Cuadro17: Características químicas del suelo.

	pH(H <sub>2</sub> O)		N-NO <sub>3</sub> (ug N/g)		C Org. (%)		P Bray (ug P/g)	
	SD	LC	SD	LC	SD	LC	SD	LC
RA	5.5	5.6	7.2	3.8	2.03	2.1	31	17.3
RB	5.5	5.6	7.2	5.3	2.03	2.09	24	14.9

SD: Siembra directa.

LC: Laboreo convencional.

RA: Rastrojo alto

RB: Rastrojo bajo

### 3.4.3 Control de malezas

En ambos experimentos las especies sembradas se mantuvieron libres de malezas mediante la aplicación de herbicidas. El 1/07/01 se aplicó una mezcla de flutmetulam a 0.048 kg i.a/ha y 2,4 DB ester a 1.104 kg i.a/ha más agral a razón de 30 cc/100 l de agua.

### 3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se instalaron dos experimentos idénticos, uno para evaluar producción de forraje y el segundo para producción de semilla.

El diseño experimental fue de bloques divididos donde dos sistemas de siembra LC y SD y dos tipos de rastrojos de sorgo, RA y RB fueron dispuestos en un arreglo factorial 2 por 2 en parcelas grandes, localizándose 14 especies forrajeras distribuidas al azar en parcelas chicas. Se utilizaron 4 repeticiones.

Los tratamientos conformaron así un factorial de dos métodos de laboreo, por dos manejos de rastrojo de sorgo por 14 especies forrajeras.

El tamaño de cada parcela fue de 1.57 por 10 m. El análisis de varianza fue realizado con el programa SAS (Statistical Analysis System, 1985) y las diferencias de medias por MDS al 5 % de probabilidad.

### 3.6 DETERMINACIONES

#### 3.6.1 Temperatura del suelo

Se midió entre las 13 y 14 horas a 2 cm de profundidad los días 12/06; 20/06; 06/07 y 12/09. En la figura 1 se aprecia las temperaturas del suelo registradas en las cuatro fechas para los métodos de laboreos y tipos de rastrojos.

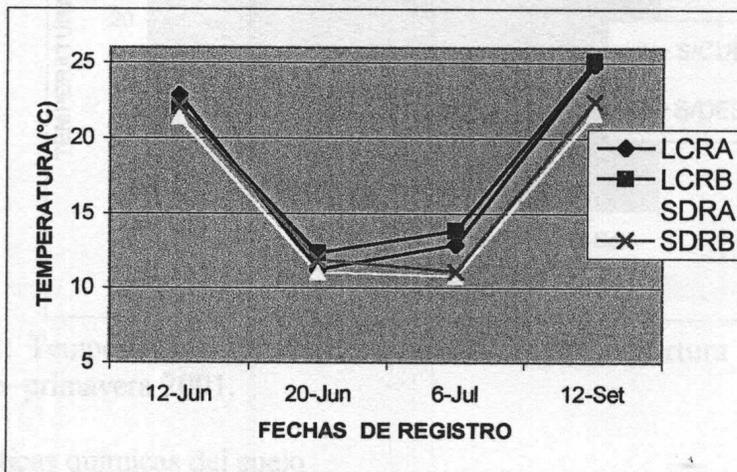


Figura 1: Temperaturas del suelo según métodos de laboreos y tipos de rastrojos para invierno – primavera del 2001.

También se determinaron las temperaturas del suelo bajo SDRA en situaciones de suelo cubierto (S/CUB) y descubierto (S/DESC) de rastrojo con *Digitaria sanguinalis* en las mismas fechas de la determinación anterior (Figura 2).

- Nitrato en Festuca, rastrojo INIA Titán y Avena.
- Fosforo Bray N° 1 en la carella de leguminosas y de gramíneas.

Cuadro 15: Resultados de análisis químico del suelo.

	PMN (mg/kg)		N-NO3 (µg N/g)		P Bray (µg P/g)	
	RA	RB	RA	RB	RA	RB
SD	24.0/6.2	17.0/7.0	4.5	6.7	19.3	19.6
LC	50.6/13.0	20.0/6.3	3.0	4.3	27.2	11.2

### 1.6.3 Número de plantas

Se realizaron 3 determinaciones por parcela en 20 cm de surco (0-20 y 20-40 cm) y los resultados se expresan en número de plantas/m<sup>2</sup>. Esta variable fue evaluada en 23/07.

### 1.6.4 Peso seco de plantas

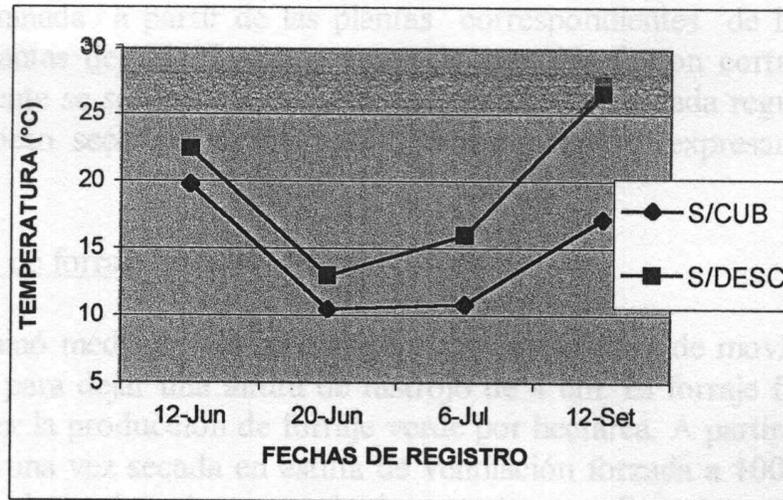


Figura 2: Temperaturas del suelo en SDRA según cobertura del suelo para el período invierno-primavera 2001.

### 3.6.2 Características químicas del suelo

Se realizó un muestreo de suelos el 21/08 a una profundidad de 0 a 20 cm, 4 tomas por tratamiento en las parcelas con controles químicos. En leguminosas la perforación se realizó en Lotus y trébol rojo. En las gramíneas se muestrearon las especies Festuca, raigrás INIA Titán y Avena. Con las muestras obtenidas se hicieron tres clases de análisis químicos que se presentan en el cuadro 18:

- Potencial de mineralización de nitrógeno (PMN) en la entrefila de leguminosas y de gramíneas.

- Nitratos en Festuca, raigrás INIA Titán y Avena.

- Fósforo Bray N° 1 en la entrefila de leguminosas y de gramíneas.

Cuadro 18: Resultados de análisis químico del suelo.

	PMN (mg/kg)		N-NO3 (µg N/g)		P Bray (µg P/g)	
	RA	RB	RA	RB	RA	RB
SD	24.0±6.2	17.0±7.0	4.5	6.7	33.3	13.6
LC	50.6±13.0	28.0±6.5	3.9	4.3	27.2	15.2

### 3.6.3 Número de plantas

Se realizaron 3 determinaciones por parcela en 20 cm de surco c/u y los resultados se expresan en número de plantas/m. Esta variable fue evaluada el 23/07.

### 3.6.4 Peso seco de plantas

Fue determinada a partir de las plantas correspondientes de la determinación del número de plantas del 23/07. Estas una vez contadas fueron cortadas a nivel del suelo, posteriormente se secaron en la estufa de ventilación forzada regulada a 100°C y se determinó el peso seco de las plantas. Los resultados se expresan en g MS/100 plantas.

### 3.6.5 Rendimiento de forraje

Se determinó mediante cortes con pastera de cuchillas de movimiento rotativo (Honda) regulada para dejar una altura de rastrojo de 4 cm. El forraje fue pesado en el campo para obtener la producción de forraje verde por hectárea. A partir de una muestra de 300 g de este una vez secada en estufa de ventilación forzada a 100 °C, hasta peso seco constante, se determinó el porcentaje de materia seca. Este dato permitió calcular los rendimientos en kg de materia seca por hectárea. En cada corte se midió la altura promedio del tapiz. Esta última se expresó en m.

El primer corte se realizó el 22/08 para evaluar la producción de forraje de trigos y avena. Las restantes especies no presentaban acumulación de forraje que justificara el corte. En el segundo corte, el 11/10 se cortaron los tratamientos con SD y el 22/10 los de LC. La diferencia en los dos cortes se originó como consecuencia de las precipitaciones registradas que impidieron cortar la totalidad del experimento en el mismo día.

El 26/ 11 y 26/12 se realizaron el tercer y cuarto corte que completaron el primer año de evaluación.

En el corte del 26/11 los trigos y Avena no presentaban rebrote mientras que el raigrás 284 no produjo forraje al corte del 26/12/01.

### 3.6.6 Número de inflorescencias en floración

En la época de floración se contabilizó en trébol rojo y trébol Calipso las cabezuelas inmaduras. En Lotus se cuantificaron los números de flores amarillas y vainas verdes. En trébol blanco se determinaron las cabezuelas inmaduras y maduras. Todas las especies se contabilizaron aproximadamente cada semana a partir del 20/11/01 hasta el 02/01/02 en parcelas de 0.5 por 0.2 m, con dos conteos en dos repeticiones.

### 3.6.7 Número de inflorescencias a cosecha

Para cada especie las fechas de cosechas se visualizan en el cuadro 19. Se contabilizaron inflorescencias y vainas para cada especie, en 6 cuadros por parcela de 0.5 por 0.5 m. En las leguminosas las cabezuelas o vainas fueron colectadas separadamente, tanto las que se encontraban en estado verde como maduro.

### 3.6.8 Rendimiento de semilla

Se obtuvo a partir de la trilla de las inflorescencias o vainas colectadas en la determinación del n° de inflorescencias o vainas, donde las fechas de cosecha se detallan en el cuadro 19. Se determinó a partir del conteo en 6 cuadros de 0.5 por 0.5 m por parcela. El material trillado fue procesado por zarandas, viento y mesa vibradora mediante procesadoras experimentales ajustadas para cada especie. A partir de la semilla limpia obtenida se expresan los resultados en rendimiento por hectárea.

### 3.6.9 Número y peso de semillas en 10 cabezuelas o vainas

En cada muestra recolectada a cosecha se tomaron al azar 10 cabezuelas o vainas, en trébol rojo y Lotus respectivamente. Las mismas fueron trilladas, determinándose posteriormente el número y peso de las semillas.

### 3.6.10 Peso de 1000 semillas

Se determinó a partir del pesaje de 2 muestras de 100 semillas por parcela tomadas al azar en los trigos y Avena. Este resultado se expresó en gramos cada 1000 semillas.

### 3.6.11 Rendimiento de forraje a cosecha

Se obtuvo aplicando la misma metodología utilizada para evaluar producción de forraje. Los resultados se expresan en kg MS/ha.

Las diferentes especies variaron en los momentos de cosecha y de cortes previo a la misma. En el cuadro 19 se reportan las fechas de cierre y momentos de cosecha para las distintas especies.

Cuadro 19: Fechas de cierre y fechas de cosechas.

<b>Materiales</b>	<b>Fecha de cierre</b>	<b>Fecha de cosecha</b>
Trigo LE 2265	23/08	5/12/01
Trigo INIA Tijereta	23/08	10/12/01
Raigrás E. 284	23/08	27/11/01
Raigrás INIA Titán	23/08	14/12/01
Avena LE 1095a	23/08	14/12/01
Trébol Blanco E. Zapicán	11-22/10	4/01/02
Alfalfa Crioula	11-22/10	7/01/02
Festuca E. Tacuabé	11-22/10	7/01/02
Dactilis INIA Oberón	11-22/10	7/01/02
Holcus La Magnolia	11-22/10	10/01/02
Lotus San Gabriel	11-22/10	10/01/02
Trébol INIA Calipso	11-22/10	10/01/02
Trébol rojo E. 116	11-22/10	17/01/02

En avenas y trigos destinados a producción de semilla fue necesario aplicar fungicidas en setiembre y octubre según se detallan en el cuadro 20.

Cuadro 20: Control de enfermedades.

<b>Nombre principio activo</b>	<b>Dosis kg i.a/ha</b>	<b>Momento de aplicación</b>	<b>Especies</b>
Carbendazim+ Epoconazole	0.125+ 0.125	21/9	Avena, trigo INIA Tijereta
		28/9	Trigo LE2265
Metconazole	0.09	19/10	Trigo LE 2265
Tebuconazol	0.194	19/10	Trigo INIA Tijereta
Antraquinona	0.6	19/10	Trigo LE 2265, trigo INIA Tijereta

### 3.6.12 Número y peso de raíces

Se realizó el 19/12/01 mediante calador hidráulico de suelo con un diámetro 42.5 mm hasta un metro de profundidad de suelo. Cada muestra fue fraccionada cada 10 cm y guardada en heladera para evitar la descomposición de raíces. En cada parcela se

hicieron dos puntos de muestreo, en la fila y en la entrefila. Las especies muestreadas fueron Festuca, trébol blanco y Lotus.

Posteriormente se contaron, utilizando una lupa, todas las raíces en una superficie de 14.2 cm<sup>2</sup>. Debido a la imposibilidad de diferenciar las raíces muertas de las vivas se contó el total de todas las raíces. Las muestras fueron secadas en estufa de ventilación forzada a 60 °C para su posterior lavado. Este consistió en colocar en remojo las muestras de modo que se desagregaran y posteriormente mediante abundante agua corriente sobre una zaranda de malla fina se obtuvieron las raíces limpias de suelo. A continuación las raíces se secaron y pesaron.

### 3.6.13 Composición botánica

Una semana antes de los cortes de forraje se evaluó por apreciación visual el área cubierta por infestación de malezas.

Esta determinación permitió estimar el porcentaje de área cubierta con maleza corregida por el porcentaje en peso de la maleza en cada parcela y descontarlo del peso de forraje total obtenido a campo.

## 3.7 CARACTERIZACION CLIMATICA

Las condiciones climáticas en el período de experimentación se presentan en las figuras 3, 4 y 5. En el cuadro 21 se detallan las precipitaciones diarias de mayo a setiembre del 2001.

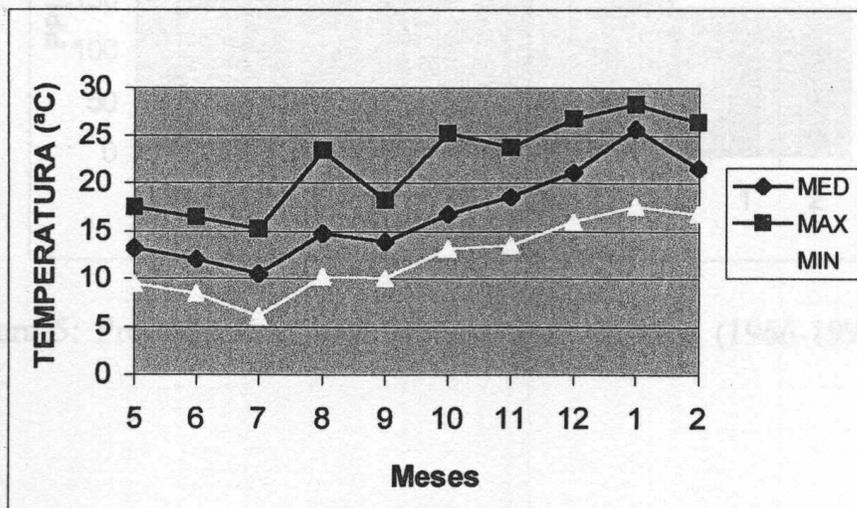


Figura 3: Temperaturas medias, máximas y mínimas (°C) ocurridas durante el período mayo 2001 a febrero 2002.

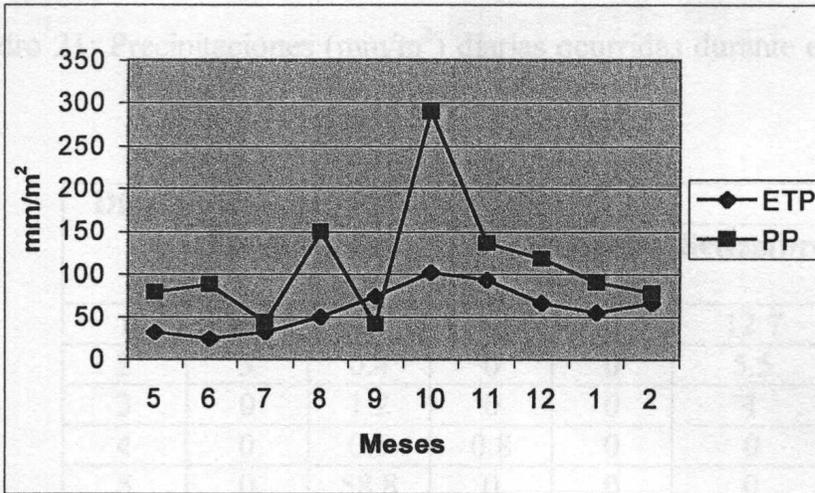


Figura 4: Precipitación (PP) y evapotranspiración potencial (ETP) por mes (mayo 2001 – febrero 2002).

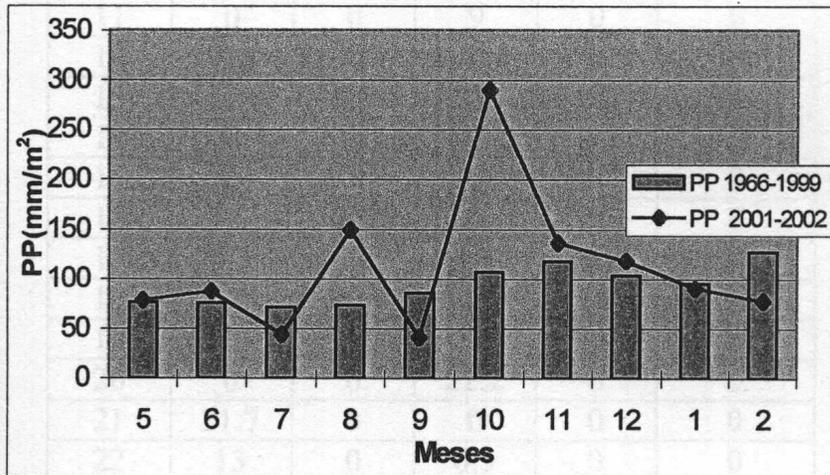


Figura 5: Precipitación media de una serie de años (1966-1999) y del período 2001-2002.

Cuadro 21: Precipitaciones (mm/m<sup>2</sup>) diarias ocurridas durante el período mayo – setiembre.

Días	MESES				
	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
1	8.6	1	0	0	12.7
2	3	0.4	0	0	5.5
3	0	1.2	0	0	1
4	0	0.5	0.8	0	0
5	0	58.8	0	0	0
6	0	4	0	0	0
7	0	0	6.5	7.2	7.3
8	0	0	1	0	8.4
9	5.8	0.2	0	0	0
10	0	1	0	1	0
11	0	0	9	0	0
12	3.5	0	0	0	0
13	0	0.4	0	3	0
14	0	0	0	2.5	0
15	0	10.7	0	16.7	0
16	1.7	2.4	0	7.5	0
17	0.3	6.8	1.2	26.8	0
18	0	0	0	15	0
19	0	0.2	0	2.9	0
20	0	0	22.2	0	0
21	31.7	0	0	0	0
22	13	0	0.5	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0
26	0	0	2.5	0	0
27	0	0	0	63	0
28	0	0	0	1.6	0
29	0	0	0	0	0
30	1	0	0	0	6
31	9.9		0	1.8	

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 ANALISIS DE IMPLANTACION

#### 4.1.1 Gramíneas

##### 4.1.1.1 Porcentaje de implantación

El análisis de varianza para la variable porcentaje de implantación solamente presentó efectos significativos para especies ( $p < 0.0001$ ) y especies\*laboreos ( $p < 0.0122$ ).

En este análisis no se consideró al dactilis, por haberse sembrado 15 kg/ha de unidades de semillas múltiples, desconociéndose el número de unidades de semillas simples sembrado.

En general las condiciones hídricas y térmicas muy favorables registradas en este período posiblemente provocaron que se hayan logrado muy buenos porcentajes de implantación (Cuadro 22).

Las especies presentaron un comportamiento diferente entre los métodos de laboreos (interacción especies\*laboreos) explicada por diferencias en la magnitud y dirección de respuestas (Cuadro 22).

Cuadro 22: Porcentaje de implantación (%) según métodos de laboreos.

<b>Materiales</b>	<b>LC</b>	<b>SD</b>
TIJERETA	86 Aa	65 Bb
LE2265	78 ABa	67 Ba
AVENA	86 Aa	67 Bb
TITAN	54 Ba	64 Ba
RG284	50 Ba	39 Ca
HOLCUS	29 Ca	25 Ca
BROMUS	72 ABa	88 Aa
FESTUCA	64 Ba	61 Ba

Valores con igual letra minúscula dentro de cada especie no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Valores con igual letra mayúscula entre especies dentro de cada método de laboreo no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Se encontraron 3 grupos diferenciales en LC en los resultados de implantación. Con los mejores valores se ubicaron Avena, trigos INIA Tijereta y LE2265 y Bromus con 86, 85, 78 y 72 % de implantación ( $p > 0.05$ ) respectivamente. En segundo lugar se

posicionaron Festuca, raigrás INIA Titán y raigrás 284, las cuales no difirieron ( $p>0.05$ ) del trigo LE2265 y Bromus. El rango de Festuca, raigrás INIA Titán y raigrás 284 varió desde 64 a 50% de implantación. Por último el menor resultado en % de implantación se obtuvo en Holcus con 29%.

Analizando dentro del sistema de SD, Bromus ascendió al primer lugar, comparado con lo que ocurrió en LC, difiriendo estadísticamente de las demás especies con 88% de implantación. Le siguen con valores estadísticamente similares Avena, trigos LE2265 e INIA Tijereta, raigrás INIA Titán y Festuca. El porcentaje de implantación de estas especies varió desde 67 a 61%. Con los menores porcentajes se ubicaron raigrás 284 y Holcus con 39 y 25% respectivamente, valores estadísticamente similares.

Es de destacar Bromus en SD, como especie perenne, en el porcentaje de implantación logrado, ya que obtuvo valores significativamente superiores que las gramíneas anuales. Asimismo, González y Pippolo (1999) comparando la implantación de Bromus, raigrás y Festuca, lograron con *Bromus auleticus* los mejores resultados para esta variable.

Comparando ambos cultivares de raigrás podemos resaltar el comportamiento de raigrás Titán con respecto a raigrás 284 en SD ( $p<0.05$ ), en cambio no superó el resultado de implantación en LC obtenido por una gramínea perenne como Festuca ( $p>0.05$ ).

Por último, la menor implantación fue en Holcus, en ambos métodos de laboreos, seguramente fue más afectado por los factores ambientales y de manejo. Posiblemente la profundidad de siembra haya afectado más a esta especie que tiene un tamaño de semilla pequeño comparativamente con las restantes gramíneas. En este sentido Echeverría y Marques (1993) reportan que Holcus presentó menores resultados de implantación. Dichos autores lo explican sobre la base de un crecimiento inicial lento sumado a condiciones climáticas adversas.

Del análisis de los resultados (Cuadro 22) se puede concluir que Bromus en SD es la única especie que ocupó el primer lugar ( $p<0.05$ ) en cuanto al porcentaje de implantación, en tanto en LC es acompañado por Avena, trigos INIA Tijereta y LE2265 ( $p>0.05$ ). Es de destacar Avena y trigo INIA Tijereta en LC con los mejores resultados de implantación aunque no se diferenciaron estadísticamente de trigo LE2265 y de Bromus.

Los resultados obtenidos con raigrás 284 en SD fueron inferiores a los reportados por Cianelli y Otonello (1998) en siembras en línea, quienes compararon siembras en líneas con abresurcos de discos y zapatas y además cobertura, obteniendo 52, 58 y 26% de implantación. En cambio estos autores lograron en Festuca 26% y

Holcus 15% en siembras en líneas, valores notablemente inferiores a los registrados en este ensayo tanto en SD como en LC. Además Gómez (2000) menciona que los resultados obtenidos en raigrás 284 podrían deberse a excesos hídricos en la etapa de implantación coincidiendo entonces con lo observado en este ensayo en SD.

Con relación a las respuestas y en contrapartida a las demás especies, Bromus y raigrás INIA Titán lograron mejores implantaciones en SD con magnitudes de respuestas de 21 y 16% ( $p>0.05$ ) respectivamente, comparativamente con LC.

En términos globales, los porcentajes de implantación de trigo INIA Tijereta en respuesta al LC fue la mayor, con un incremento del 32% ( $p<0.05$ ); raigrás 284 ( $p>0.05$ ) y Avena ( $p<0.05$ ) aumentaron un 28%. En tanto Holcus y trigo LE2265 presentaron una tendencia similar con 16% ( $p>0.05$ ) a favor de LC. Festuca fue la que logró prácticamente los mismos porcentajes implantación bajo ambos métodos de laboreos ( $p>0.05$ ) con apenas una diferencia de 5% a favor de LC.

Dentro de las especies con mejores resultados en LC en cuanto a porcentaje de implantación, se destacan trigo INIA Tijereta y Avena que mostraron diferencias estadísticas entre métodos de laboreos, a favor de LC.

Es importante mencionar que dentro de las gramíneas Bromus presentó buenos resultados de implantación tanto en SD como LC y fue además una especie que se mostró indiferente al cambio de un método de laboreo (Cuadro 22).

La indiferencia del raigrás 284 al método de laboreo coincide con lo reportado por Llado et al. (1994), quienes mencionan que la implantación de ésta especie es independiente del método de siembra.

Un elemento a tener en cuenta es la menor temperatura del suelo que se registró en SD, sumado a una fecha de siembra tardía que pudo haber determinado un enlentecimiento de los procesos de germinación y macollaje, que provocó un mayor período de exposición de la especie en estado de plántula a factores climáticos adversos, ataque de hormigas, excesos hídricos y efectos de fitopatógenos.

Olarán y Piñeyrúa (1996) mencionan que el menor número de plantas de trigo en SD se debería a un menor contacto suelo-semilla y menor temperatura del suelo que podría reducir la velocidad de germinación.

Por otra parte Arburuas de Lisa et al. (1999) reportan que el menor número de plantas en SD para Avena 1095a es provocado por menor aporte de nitrógeno resultado de una menor mineralización y mayor inmovilización en este sistema.

En este período, el tipo de RA o RB no determinó diferencias ( $p > 0.05$ ) en los porcentajes de implantación de las especies consideradas, registrándose porcentajes de 60 y 64 % para RA y RB respectivamente.

El rastrojo a través de su efecto de sombreado, al que se le suman el alelopático y de microclima que favorecen la presencia de fitopatógenos, el físico que implica atravesar la barrera de restos vegetales serían algunos factores que inciden sobre la germinación de las especies (Rios, 2002).

#### 4.1.1.2 Peso de 100 plantas

Con respecto al peso de 100 plantas, existen diferencias entre especies. En igualdad de condiciones, especies con mayor vigor inicial tendrán mayor capacidad de competencia frente a factores de crecimiento tales como agua, luz o nutrientes. Para Avena y los trigos el mayor tamaño y/o peso de semilla afectó positivamente a la tasa de crecimiento inicial determinando un mayor peso de plántulas.

El análisis de varianza para la variable peso de 100 plantas solamente presentó efectos significativos para especies ( $p < 0.0001$ ) y laboreos ( $p < 0.0007$ ). La interacción especies\*laboreos fue no significativa por escaso margen ( $p < 0.0556$ ), a pesar de lo cual se realizarán comentarios sobre la misma.

El orden jerárquico de las especies en el peso de 100 plantas presentó variantes según el método de laboreo considerado.

En el sistema de LC, Avena y trigo LE2265 obtuvieron el mejor comportamiento en peso de 100 plantas con respecto a las demás gramíneas. En segundo término se ubicó trigo INIA Tijereta. Le siguen con igual vigor de plantas ( $p > 0.05$ ) entre ellos los cultivares de raigrás y Bromus. Por último se posicionaron Festuca y Holcus que no lograron diferenciarse estadísticamente de Bromus (Cuadro 23).

Los menores índices de velocidad de desarrollo reportados por González y Pippolo (1999) de gramíneas (raigrás, *Bromus conmutatus*, *Bromus auleticus*, *Bromus lanceolatus*, *Festuca arundinacea*) fueron para Festuca y *Bromus lanceolatus* y *auleticus*, lo atribuyeron posiblemente a que estas especies poseen un menor vigor inicial y lento desarrollo de la raíz seminal comparado con el resto de las especies.

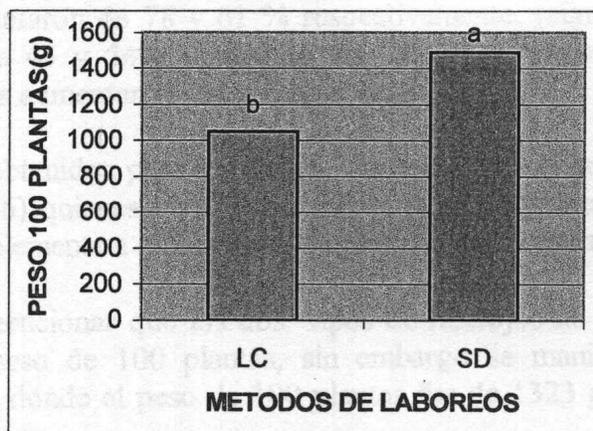
Analizando dentro de SD, el primer grupo se conformó por trigo LE2265 y Avena ( $p > 0.05$ ). El segundo lugar lo ocupó trigo INIA Tijereta pero no se diferenció estadísticamente de Avena. Le siguen los raigrases con similares pesos de plantas ( $p > 0.05$ ). Por último se situaron las gramíneas perennes Bromus, Festuca y Holcus.

En LC y SD existieron dos opciones en cuanto a las especies con mejores vigos de planta que fueron Avena y trigo LE2265. Además, es importante mencionar que tanto en LC como en SD raigrás 284 y raigrás INIA Titán lograron vigos similares.

Los trigos y Avena con su tamaño de semilla mayores, que repercute en velocidad de emergencia y desarrollo radicular superiores, producto de una más alta disponibilidad de reservas y una mayor eficiencia en la movilización y utilización de las mismas, se traduce en vigos de plántulas superiores y finalmente en un aporte de forraje más temprano que en las restantes especies.

La SD determinó en las forrajeras consideradas un peso de 100 plantas medio significativamente superior en un 42% comparado con LC (Figura 6).

Sin embargo dicha superioridad presentó magnitudes diferentes entre especies, aspecto que explica la probabilidad de la interacción especies\*laboreos ( $p < 0.0556$ ).



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 6: Peso de 100 plantas (g) según métodos de laboreos.

Como se aprecia en el cuadro 23 todas las gramíneas presentaron mayores pesos de 100 plantas en SD, sin embargo mientras que los trigos y raigrás 284 lograron una superioridad significativamente diferente en este sistema con respecto a LC, en tanto, Avena, Holcus, Bromus, raigrás INIA Titán y Festuca no se diferenciaron estadísticamente.

Cuadro 23: Peso de 100 plantas (g) según métodos de laboreos.

<b>Materiales</b>	<b>LC</b>	<b>SD</b>
TIJERETA	1.427 Bb	2.215 Ba
LE2265	2.014 Ab	3.077 Aa
AVENA	2.233 Aa	2.608 ABa
TITAN	884 Ca	1.284 Ca
RG284	823 Cb	1.459 Ca
HOLCUS	221 Da	279 Da
BROMUS	549 CDa	628 Da
FESTUCA	230 Da	368 Da

Valores con igual letra minúscula dentro de cada especie no difieren estadísticamente ( $p>0.05$ ).

Valores con igual letra mayúscula entre especies dentro de cada método de laboreo no difieren estadísticamente ( $p>0.05$ ).

En términos globales, los pesos de 100 plantas de raigrás 284 y Festuca en respuesta a SD incrementaron de 78 y 61 % respectivamente, raigrás INIA Titán y los trigos aumentaron entre 45 y 54% ocupando una posición intermedia y por último Holcus, Avena y Bromus aumentaron en un rango entre 14 y 27%.

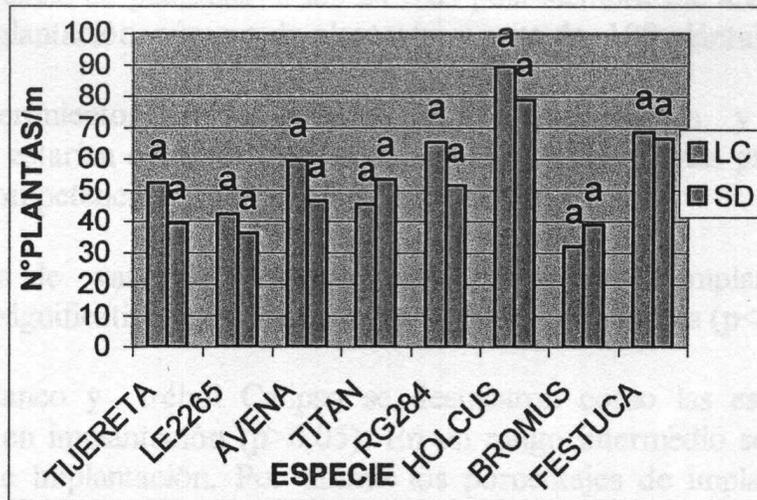
Los resultados obtenidos para los trigos no concuerdan con los registrados por Olarán y Piñeyrúa (1996) quienes obtuvieron mayor peso de plantas en LC para estas especies, atribuido posiblemente a deficiencias nutritivas en el sistema de SD.

Es importante mencionar que los dos tipos de rastros no determinaron efecto significativo sobre el peso de 100 plantas, sin embargo se manifestó una tendencia positiva a favor del RA donde el peso de 100 plantas fue de 1323 g con respecto a RB con 1212 g.

#### 4.1.1.3 Números de plantas/m

El análisis de varianza para la variable número de plantas solamente presentó efecto significativo para especies ( $p<0.0001$ ). Sin embargo la comparación entre especies no debe realizarse ya que las mismas fueron sembradas con distintos números de semillas por metro (Figura 7).

En general, exceptuando Bromus y raigrás INIA Titán, las restantes especies presentaron menores porcentajes de implantación en SD con respecto a LC, por tanto, bajo SD los números de plantas por metro de surco fueron menores (Figura 7). Esto permite inferir una menor competencia entre plantas en SD con respecto a LC, aspecto que se traducirá en mayores pesos por planta bajo SD con relación a LC.



Valores con igual letra dentro de cada especie no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 7: Población (N° de plantas/m) según métodos de laboreos.

Desde el punto de vista poblacional, los requerimientos de las especies para la germinación y su velocidad de desarrollo inicial estarían determinando la capacidad de las mismas para implantarse en condiciones de competencia y de tolerancia a situaciones de estrés.

#### 4.1.1.4 Consideraciones generales

Como consideraciones importantes en la implantación de gramíneas se pueden mencionar que el porcentaje de implantación se afectó por especies y especies\*laboreos y en peso de 100 plantas se agrega además el efecto laboreos. En el porcentaje de implantación en LC se destacan Avena, los trigos y Bromus, en cambio en SD sólo se destacó Bromus. En peso de 100 plantas se comportaron mejor Avena y trigo LE2265, tanto para LC como para SD.

Trigo INIA Tijereta y Avena fueron las especies que presentaron mayor respuesta para la variable porcentaje de implantación, con 32 y 28% respectivamente, a favor de LC. Mientras que en peso de 100 plantas trigo INIA Tijereta, trigo LE2265 y raigrás 284 lograron mayor respuesta, a favor de SD. En la media del peso del peso de 100 plantas se logró una respuesta de 42% a favor de SD.

#### 4.1.2 Leguminosas

##### 4.1.2.1 Porcentaje de implantación

La emergencia de plántulas a los 24 días post-siembra fue analizada a partir del porcentaje de implantación, número de plantas/m y peso de 100 plántulas.

Los requerimientos de las especies para la germinación y su velocidad de desarrollo inicial estarían determinando la capacidad de las mismas para implantarse en condiciones de competencia y tolerancia a situaciones de estrés.

El análisis de varianza para la variable porcentaje de implantación solamente presentó efectos significativos para especies ( $p < 0.0044$ ) y laboreos ( $p < 0.0184$ ).

Trébol blanco y trébol Calipso se destacaron como las especies con mejor comportamiento en implantación ( $p > 0,05$ ). En un rango intermedio se posicionó trébol rojo con 41% de implantación. Por último los porcentajes de implantación inferiores correspondieron a alfalfa y Lotus, con 38 y 34 % respectivamente (Cuadro 24).

Cuadro 24: Porcentaje de implantación (%) según especie.

<b>Materiales</b>	<b>Implantación (%)</b>
CALIPSO	52 ab
TROJO	41 bc
TBLANCO	53 a
LOTUS	34 c
ALFALFA	38 c

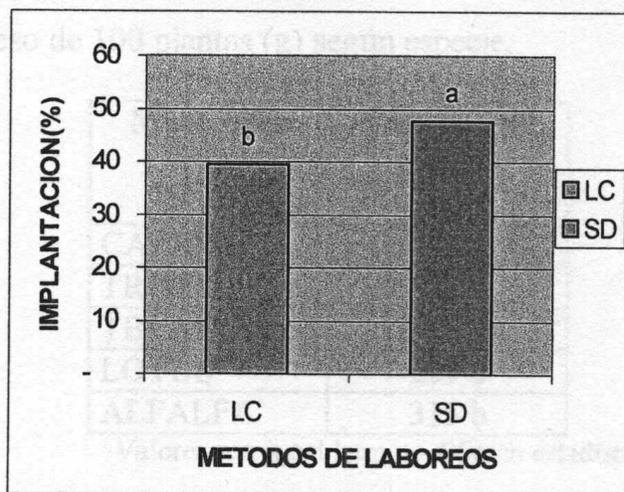
Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

La bibliografía (Echeverría y Marques, 1993) menciona que comparando varias leguminosas (trébol rojo, trébol blanco y Lotus) y gramíneas (raigrás 284, Festuca, falaris, Bromus y Holcus), el trébol rojo sembrado en cobertura se destaca por su alto porcentaje de implantación, alto vigor inicial y rápido establecimiento.

Otros autores (González y Pippolo, 1999) determinaron para trébol rojo, trébol blanco y Lotus en siembras al voleo porcentajes de implantación inferiores a los obtenidos en este experimento. Los mejores resultados en trébol rojo lo explican por menor porcentaje de semilla duras, alto vigor inicial y alto número de semillas. En cambio Arias y Paperan (2001) reportan en siembras en cobertura mayores valores de implantación para trébol blanco y Lotus con respecto a los resultados obtenidos en este trabajo.

Asimismo, Finozzi y Quintana (2000) en siembras en cobertura registraron mayores porcentajes de implantación en trébol rojo (49%) y trébol blanco (58%). Para trébol Calipso (19%) estos autores citan valores de implantación muy inferiores a los que se lograron en este ensayo.

Del análisis de los resultados se puede apreciar que los porcentajes de implantación se ven favorecidos por el sistema de SD, ya que presentó una superioridad ( $p < 0.05$ ) del 8% con respecto al LC (Figura 8).



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 8: Porcentaje de implantación (%) medio según métodos de laboreos.

Estos resultados concuerdan con los reportados por Cianciarullo et al. (2000), que comparando SD con siembras en cobertura, en Lotus determinaron mayores porcentajes de implantación en la primera. En cambio Ferenczi et al. (1997) citan que los resultados en implantación en Lotus y trébol blanco fueron superiores en cobertura que en SD.

El porcentaje de implantación no se vio afectado significativamente por el tipo de rastrojo. Esto no concuerda por lo reportado por Fontanetto y Keller (1997) quienes determinaron, comparando diversos rastrojos, que el rastrojo de sorgo deprime significativamente el porcentaje de implantación de alfalfa. Esto fue explicado por los autores por un efecto físico de los altos volúmenes de rastrojo de sorgo.

Es importante mencionar desde el punto de vista agronómico que los tipos de rastrojos de sorgo no determinaron ninguna diferencia significativa en la implantación de todas las leguminosas evaluadas, registrándose una media de 43 y 44 % de implantación para RA y RB respectivamente.

#### 4.1.2.2 Peso de 100 plantas

El análisis de varianza para la variable peso de 100 plantas presentó efecto significativo solamente para especies ( $p < 0.0007$ ).

Los mayores pesos de 100 plantas los obtuvieron trébol Calipso, trébol rojo y trébol blanco con 432, 425 y 348 g respectivamente ( $p>0.05$ ). Alfalfa presentó un peso de 100 plántulas intermedio, con 315 g. Por último el Lotus es la especie que mostró los menores pesos de plántula logrando 229 g cada 100 plántulas (Cuadro 25).

Cuadro 25: Peso de 100 plantas (g) según especie.

<b>Materiales</b>	<b>Peso de 100 plantas (g)</b>
CALIPSO	432 a
TROJO	425 a
TBLANCO	348 ab
LOTUS	229 c
ALFALFA	315 b

Valores con igual letra no difieren estadísticamente( $p>0.05$ ).

Se destaca el vigor inicial que presentó trébol Calipso evidenciado por mayores pesos de 100 plantas, esto a pesar de lograr mayores porcentajes de implantación, comparado con las demás leguminosas. Esta especie de ciclo de producción anual, presentó un crecimiento más vigoroso con respecto a las demás leguminosas perennes. El trébol rojo por su ciclo bianual logra un vigor de plántula similar a trébol Calipso pero con un porcentaje de implantación que tiende a ser inferior ( $p>0.05$ ).

Es en esta especie que puede visualizarse un efecto compensatorio, donde a pesar de que mostró menores porcentaje de implantación comparado con trébol Calipso y trébol blanco logró un aceptable vigor inicial observado en similares pesos de plantas que las especies anteriormente mencionadas.

Como especie perenne el trébol blanco es de destacar porque además de lograr iguales porcentajes de implantación que el trébol Calipso, a su vez no mostró diferencias significativas en el peso de 100 plantas con la última.

En tanto Lotus presentó un pobre comportamiento en porcentaje de implantación como en peso 100 plantas con respecto a las demás leguminosas. También alfalfa tuvo un pobre comportamiento en porcentaje de implantación, pero en el peso de 100 plantas se ubica en posición intermedia.

Si bien no se observaron efectos significativos para laboreos puede mencionarse que en SD el peso de 100 plantas tendió a ser superior en un 16% que en LC.

En este período, el tipo de RA o RB tampoco determinó diferencias ( $p > 0.05$ ) en peso de 100 plantas de las especies consideradas.

#### 4.1.2.3 Número de plantas/m

En el análisis de varianza para la variable número de plantas/m presentó solamente efectos significativos para especies ( $p < 0.0049$ ), laboreos ( $p < 0.0021$ ) y la interacción especies\*laboreos ( $p < 0.0381$ ).

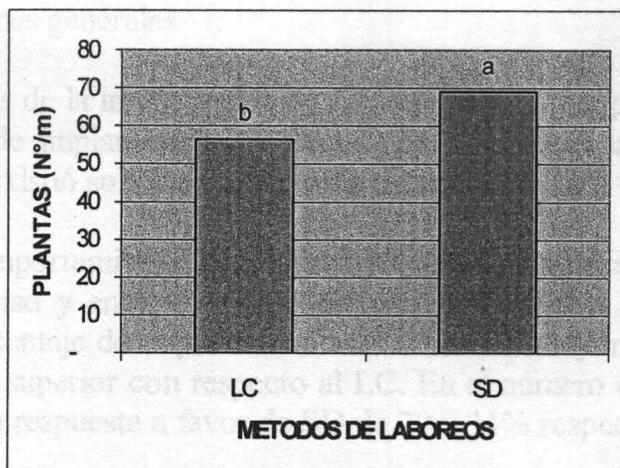
Las comparaciones entre especies no son válidas puesto que inicialmente se sembraron diferentes números de semillas entre especies.

En el cuadro 26 se detalla los números de plantas/m que obtuvieron las leguminosas a 24 días post-siembra.

Cuadro 26: Población (N° de plantas/m) según especie.

<b>Materiales</b>	<b>Población (plantas/m)</b>
CALIPSO	62
TROJO	53
TBLANCO	73
LOTUS	72
ALFALFA	53

En general todas las especies mostraron mejores comportamientos en número de plantas/m con el sistema de SD, la diferencia ( $p < 0.05$ ) con respecto al LC fue de un 18% a favor de la primera (Figura 9).

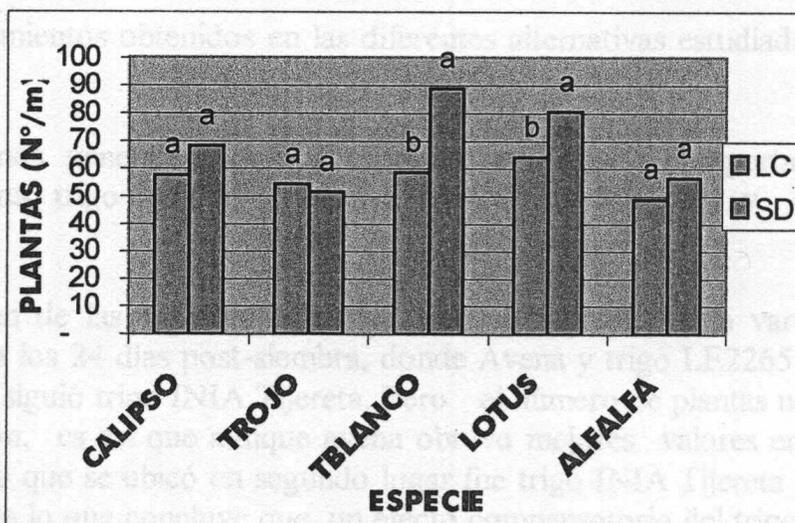


Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 9: Población (N° de plantas/m) media según métodos de laboreos.

El volumen de rastrojo sobre la superficie no afectó de forma significativa al número de plantas/m en las leguminosas.

La interacción significativa entre especies\*laboreos se explica principalmente por magnitudes diferenciales de respuesta entre las leguminosas a los métodos de laboreos. Lotus y trébol blanco respondieron con 20 y 34% respectivamente ( $p < 0.05$ ) a favor de SD, en tanto trébol Calipso y alfalfa mostraron una tendencia ( $p > 0.05$ ) a lograr 15 y 14% a favor de SD. La única especie que tendió a presentar una respuesta opuesta a las anteriores es el trébol rojo, obteniendo un 5% ( $p > 0.05$ ) a favor de LC (Figura 10).



Valores con igual letra dentro de cada especie no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 10: Población (N° de plantas/m) según métodos de laboreos.

#### 4.1.2.4 Consideraciones generales

Como síntesis de la implantación de las leguminosas se puede mencionar que la variable porcentaje de implantación se afectó por especies y laboreos. En cambio en peso de 100 plantas existió solamente efecto de especie.

El mejor comportamiento en el porcentaje de implantación lo obtuvieron trébol blanco y trébol Calipso y en la variable peso de 100 plantas se agrega trébol rojo. Considerando el porcentaje de implantación medio SD fue mayor en 8% y en número de plantas ésta fue 18% superior con respecto al LC. En el número de plantas trébol blanco y Lotus alcanzan una respuesta a favor de SD de 20 y 34% respectivamente.

## 4.2 PRODUCCION DE LAS ESPECIES ANUALES

### 4.2.1 Rendimiento de materia seca del 22 de agosto

El 22/08, luego de la siembra de fines de mayo se realizó el corte de la Avena 1095a, trigo LE2265 y trigo INIA Tijereta porque fueron las únicas especies que dieron corte en ese momento, quedando en evidencia la mayor precocidad de las mismas con respecto a las demás especies sembradas.

El análisis de varianza para la variable producción de forraje correspondiente al corte del 22 de agosto no mostró efectos significativos para especies, laboreos, rastrojos y tampoco para las interacciones especies\*laboreos, especies\* rastrojos y especies\*laboreos\*rastrojos.

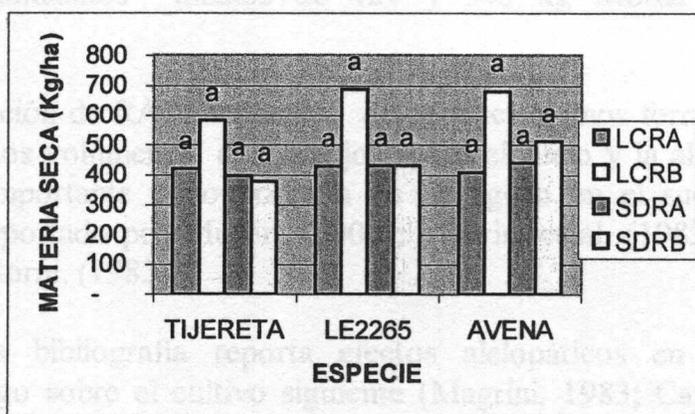
Los rendimientos obtenidos en las diferentes alternativas estudiadas se presentan en la figura 11.

En términos generales las tres especies presentaron comportamiento similar rindiendo la avena, trigo LE2265 e trigo INIA Tijereta 511, 494 y 445 kg MS/ha respectivamente.

Este orden de las especies coincidió con el logrado en la variable peso de plantas en LC a los 24 días post-siembra, donde Avena y trigo LE2265 estuvieron en primer lugar y le siguió trigo INIA Tijereta. Pero el número de plantas no explicó tanto esta jerarquización, es así que aunque avena obtuvo mejores valores en el número de plantas, la especie que se ubicó en segundo lugar fue trigo INIA Tijereta y por último el trigo LE2265. De lo que concluye que un efecto compensatorio del trigo LE2265 pudo recuperar su producción de forraje en agosto.

Los niveles logrados de estas especies fueron inferiores a los reportados por Perrone y Talmón (2000) en condiciones de LC a los 40 días de la siembra, obteniendo 1825 y 1460 kg MS /ha para Avena Polaris y trigo Buck Charrúa respectivamente.

En LC la media de producción de forraje de los trigos y la Avena fue 534 kg MS /ha, tendiendo a producir un 23 % más forraje que la alternativa de SD, cuyo rendimiento promedio fue de 432 kg MS/ha. Los menores rendimientos de SD podrían explicarse por una menor temperatura del suelo. Otra posible causa que explicaría la diferencia sería la menor fertilidad inicial debido a una menor velocidad de mineralización en el suelo con SD (Galarza, 1996; Ciganda, 1996) (Figura 11).



Valores con igual letra dentro de cada especie no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 11: Producción de forraje (kg MS/ha) en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

Según Ernst et al. (1997) los mejores rendimientos en SD se obtienen cuando se mantiene en el tiempo como sistema de manejo del suelo.

Estos resultados donde el LC tendió a lograr una producción de forraje algo superior ( $p > 0.05$ ) podría explicarse por los resultados en número de plantas obtenidos en julio. En esa época también el LC tendió a lograr mayores poblaciones medias de las tres gramíneas, Avena y trigos, los que podrían explicar la tendencia en la producción de forraje entre SD y LC. Lo mismo sucedió en el efecto del tipo de rastrojo.

Aunque en la etapa de implantación a los 24 días post-siembra las especies trigo INIA Tijereta y Avena obtuvieron mayor porcentaje de implantación en la situación con LC ( $p < 0.05$ ), esto no se tradujo en la producción de forraje a los 53 días post-siembra. Lo que demostró que con el tiempo las diferencias entre los sistemas de laboreo se diluyeron en estas especies. En tanto el trigo LE2265 no presentó diferencias

entre los métodos ni en implantación como tampoco en el corte de forraje en agosto ( $p > 0.05$ ).

En cambio si relacionamos los pesos de plántula a los 24 días post-siembra con el corte de forraje a los 53 días post-siembra se pudo apreciar que aunque las especies trigo INIA Tijereta y trigo LE2265 tuvieron mayores ( $p < 0.05$ ) pesos de planta en SD en julio, esto no se vio reflejado en agosto. Avena mostró un comportamiento indiferente al método de laboreo tanto en el vigor de plántula como también luego en la producción de forraje en agosto.

El efecto general del volumen de rastrojo tampoco fue significativo registrándose rendimientos medios de 421 y 545 kg MS/ha para el RA y RB respectivamente.

En la situación de RA la tendencia de producir menos forraje podría deberse a la presencia de altos volúmenes de rastrojos sobre el suelo y la alta relación C/N que determinan una importante inmovilización de nitrógeno en el suelo. Esta tendencia coincide por lo reportado por Morón, (2001); Magrini et al. (1983); Díaz y Baethgen, (1982); Ernst y Ritorni, (1983).

Además la bibliografía reporta efectos alelopáticos en presencia de altos volúmenes de sorgo sobre el cultivo siguiente (Magrini, 1983; Capurro, 1975; García, 1998), aspecto que también podría estar incidiendo.

Resulta interesante destacar desde el punto de vista agronómico, la consistente superioridad aunque no significativa de la producción de forraje en el ambiente LCRB para las especies considerados (Figura 11), denotando una mayor sensibilidad a ambientes más restrictivos como la SD con altos volúmenes de rastrojo. Esto concuerda con lo esperado, donde posiblemente una mejor cama de siembra y la ausencia de rastrojo sobre la superficie del suelo posibilitaron una mayor producción de forraje.

Los menores rendimientos ( $p > 0.05$ ) observados en SD con las dos situaciones de rastrojos con respecto a LC no coinciden con los resultados obtenidos por García (1998).

#### 4.2.2 Altura de plantas en agosto

El análisis de varianza para la variable altura de planta correspondiente al mes de agosto presentó solamente efectos significativos para especies ( $p < 0.0071$ ) y la interacción triple especies\*laboreos\*rastrojos ( $p < 0.0002$ ).

Como se observa en el cuadro 27 Avena y trigo LE2265 no se diferenciaron en altura lo que coincide con sus producciones de forraje similares. La menor altura que registró trigo INIA Tijereta concuerda con el menor rendimiento de forraje en agosto

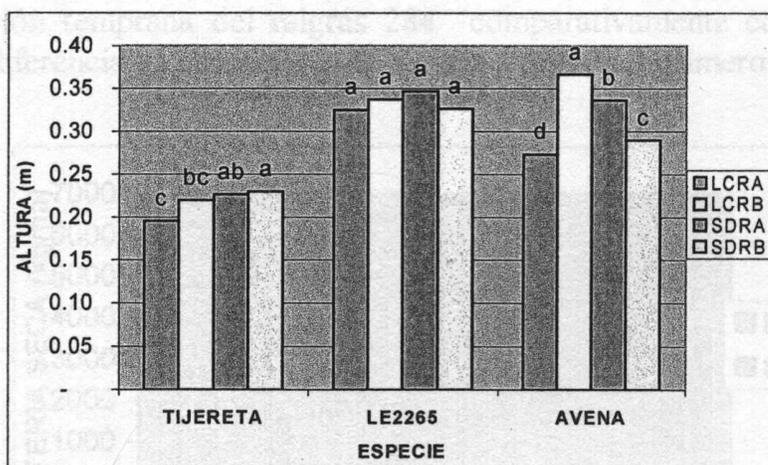
( $p > 0.05$ ). Este cultivar se caracteriza por presentar menor precocidad que el trigo LE2265, aspecto que se visualiza por presentar 11 cm menos de altura que el trigo LE2265.

Cuadro 27: Altura de planta (m) según especie.

Materiales	Altura (m)
TIJERETA	0.22 b
LE2265	0.33 a
AVENA	0.32 a

Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

La interacción especies\* laboreos\* rastrojos es consecuencia del comportamiento diferencial entre Avena y trigo INIA Tijereta, con relación al trigo LE2265 (Figura 12).



Valores con igual letra dentro de cada especie no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 12: Altura de plantas (m) en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

Mientras que trigo LE2265 mostró un comportamiento similar tanto al tipo de rastrojo como al método de laboreo en la variable altura, el trigo INIA Tijereta desarrolló las mayores alturas en SD tanto en RA como RB. En cambio en Avena, el LCRB fue el tratamiento que posibilitó el mayor desarrollo en altura seguido por SDRB, (Figura 12). Por tanto, la significancia de la interacción triple se expresó en función de cada especie que respondió diferencialmente al tipo de rastrojo según se aplique SD o LC.

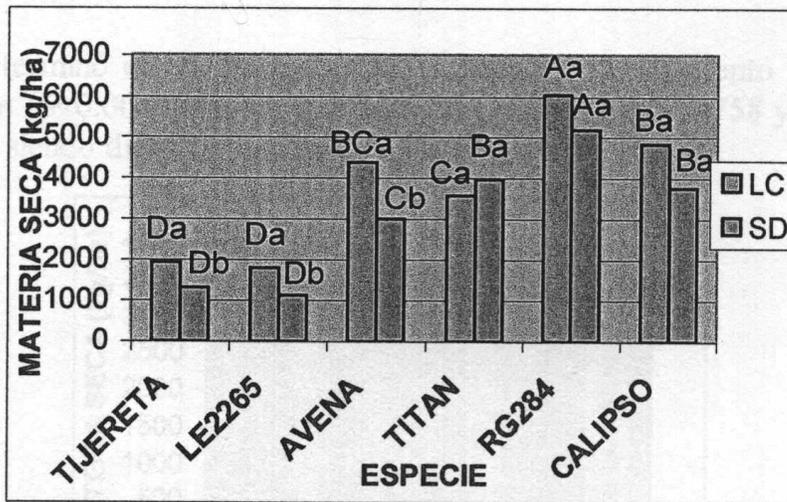
#### 4.2.3 Rendimiento de materia seca acumulada en octubre+noviembre

La producción de forraje acumulada del corte de octubre más la del 26 de noviembre presentó solamente efectos significativos para especies ( $p < 0.0001$ ), laboreos ( $p < 0.0056$ ) y la interacción especies\*laboreos fue no significativa por escaso margen ( $p < 0.068$ ), a pesar de lo cual se realizarán comentarios sobre la misma.

El orden jerárquico de producción de forraje para las especies anuales varía según el método de laboreo que se considere, dependiendo de características propias a su genotipo (Figura 13).

En el período octubre+noviembre con LC, se destaca significativamente de las demás especies raigrás 284 llegando a producir 6043 kg MS/ha. Trébol Calipso y Avena fueron las especies que produjeron más forraje luego de raigrás 284, con 4826 y 4387 kg MS/ha respectivamente. Le sigue con 3577 kg MS/ha raigrás INIA Titán, el cual no se diferencia ( $p > 0.05$ ) de Avena. Por último los trigos INIA Tijereta y LE2265 registraron las menores producciones de forraje con 1922 y 1793 kg MS/ha respectivamente.

La floración temprana del raigrás 284 comparativamente con el raigrás INIA Titán explica la diferencia en producción de forraje a favor del primero en este período.



Valores con igual letra minúscula dentro de cada especie no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).  
Valores con igual letra mayúscula entre especies dentro de cada método de laboreo no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 13: Producción de forraje (kg MS/ha) según métodos de laboreos.

En el sistema de SD se mantiene prácticamente el mismo orden jerárquico de las especies con algunas variantes.

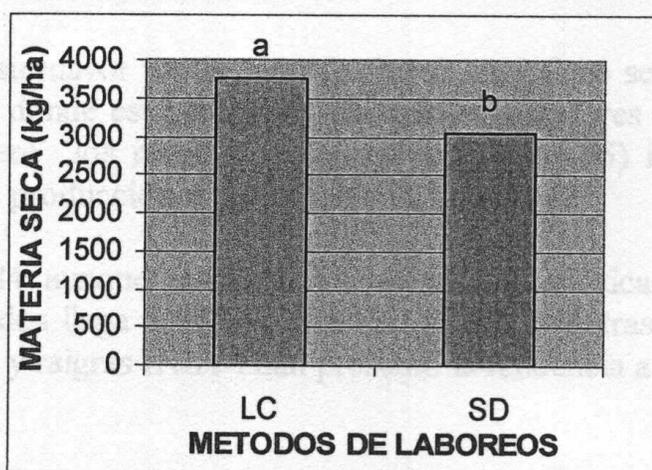
En este período se destacan las especies con ciclos más primaverales, registrando significativamente la mayor producción raigrás 284 con 5172 kg MS/ha con respecto a las demás y en segundo término raigrás INIA Titán y trébol Calipso con 3964 y 3768 kg MS/ha respectivamente, valores estadísticamente similares.

Avena presentó un rendimiento de forraje intermedio, produciendo 3010 kg MS/ha, en tanto los menores rendimientos correspondieron a los trigos INIA Tijereta y LE2265 con 1304 y 1120 kg MS/ha respectivamente, cuyas producciones no se diferencian estadísticamente (Figura 13).

Estos resultados, en ambos métodos de laboreos, de Avena frente a los trigos fueron en parte consecuencia de la etapa inicial del crecimiento, puesto que la Avena tanto en número de plantas, % de implantación y también en el vigor inicial fue superior frente a los trigos ( $p > 0.05$ ).

De los resultados analizados se pudo concluir que en ambos métodos de laboreos la mayor producción la registró raigrás 284, con respecto a las demás especies. Además, se determinó que el orden jerárquico de raigrás INIA Titán cambia según el método de laboreo considerado, es así que en LC esta especie ocupó la tercera posición y en SD ascendió a una segunda ubicación en producción de forraje frente a las restantes especies.

El LC determinó en las forrajeras consideradas un rendimiento medio de forraje significativamente ( $p < 0.0056$ ) mayor que bajo SD, obteniéndose 3758 y 3056 kg MS/ha respectivamente, siendo dicha diferencia de 18% (Figura 14).



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 14: Producción de forraje (kg MS/ha) media según métodos de laboreos.

Diversos autores (Ernst et al. 1997; Olarán y Piñeyrúa, 1996) han determinado que en los primeros años de instalada la SD los rendimientos de trigo fueron 21%

inferiores que en LC. Estas diferencias son explicadas por varias razones, sea por cambios en las propiedades físicas del suelo o por diferencias químicas referentes a la disponibilidad y toma de nutrientes.

Los niveles productivos logrados por Avena y raigrás 284 fueron inferiores a los reportados por Perrone y Talmón (2000) y por Gómez (2000).

En el cuadro 18 de materiales y métodos se aprecia una marcada superioridad en el potencial de mineralización de nitrógeno (PMN) en los sitios con laboreo convencional, lo que posiblemente explicaría en parte las diferencias en la producción de forraje en el segundo corte entre LC y SD.

En este período, el tipo de RA y RB no determinó diferencias ( $p > 0.05$ ) en los rendimientos de forraje de las especies consideradas, registrándose producciones de 3342 y 3472 kg MS/ha para el RA y RB respectivamente.

Las especies presentaron un comportamiento diferente entre los dos métodos de laboreos explicada por diferencias en la magnitud de respuesta (Figura 13).

Se observan rendimientos de forraje estadísticamente superiores en LC con respecto a SD en trigo LE2265, trigo INIA Tijereta y Avena. En tanto trébol Calipso, raigrás INIA Titán y raigrás 284 no son afectados significativamente por el método de siembra aplicado (Figura 13). La diferencia entre métodos de laboreo representa en trigo LE2265, 673 kg MS/ha (60 %), en trigo INIA Tijereta, 618 kg MS/ha (47 %) y en Avena, 1377 kg MS/ha (46 %) a favor de LC.

En los trigos su mayor producción de forraje en LC no se relacionó con el vigor de plantas en agosto donde estas especies mostraron superiores ( $p < 0.05$ ) valores en la situación con SD. Pero los resultados de mayores ( $p > 0.05$ ) implantaciones podrían explicar estas mejores producciones de forraje en LC.

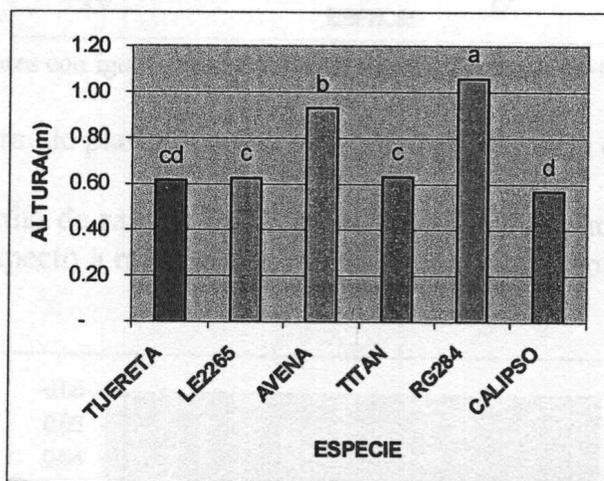
En raigrás 284 aunque la respuesta no es estadísticamente significativa, la diferencia entre métodos llega a 871 kg MS/ha (16 %), mientras que en trébol Calipso fue de 28 % ( $p > 0.05$ ) y raigrás INIA Titán presentó la tendencia a producir un 11 % más pero en SD.

Las especies más precoces (trigo LE2265, trigo INIA Tijereta y Avena) que fueron cortados en agosto redujeron significativamente su producción en este período en SD, mientras que las restantes de ciclo más tardío no diferenciaron significativamente los rendimientos entre ambos métodos de laboreos.

#### 4.2.4 Altura de plantas en octubre

En octubre el 11/10 se cortaron los tratamientos de SD y debido a la ocurrencia de precipitaciones recién el 22/10 se realizó el corte correspondiente a LC. Posteriormente el 26/11 se cortaron los tratamientos de SD y LC. El corrimiento de la fecha de corte entre SD y LC por razones climáticas determinó desde el punto de vista analítico la imposibilidad de comparar las alturas de los distintos materiales forrajeros en SD y LC. Por tanto, en estos períodos los análisis de varianza se realizaron considerando dos variables: especies y alturas de rastrojos.

En LC la altura de las plantas varió significativamente ( $p < 0.0001$ ) con las especies (Figura 15), mientras que el tipo de rastrojo no modificó esta variable que alcanzó un valor de 0.74 m para RA y RB.

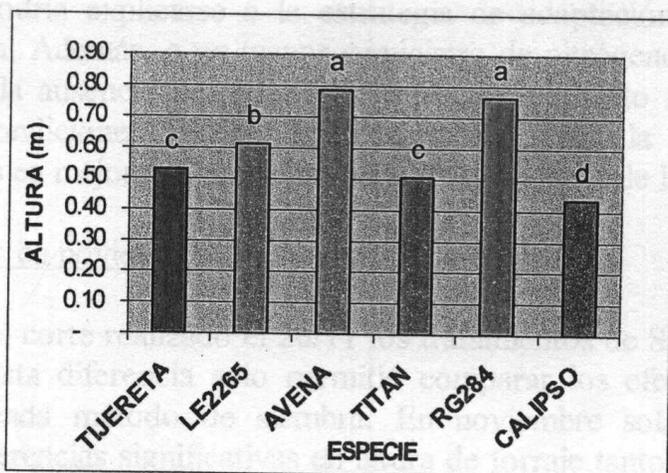


Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 15: Altura de plantas (m) en octubre según especie en LC.

En SD sin embargo, la altura de plantas difirió entre especies ( $p < 0.0001$ ) (Figura 16) y además fue modificada ( $p < 0.028$ ) por el tipo de rastrojo (Figura 17).

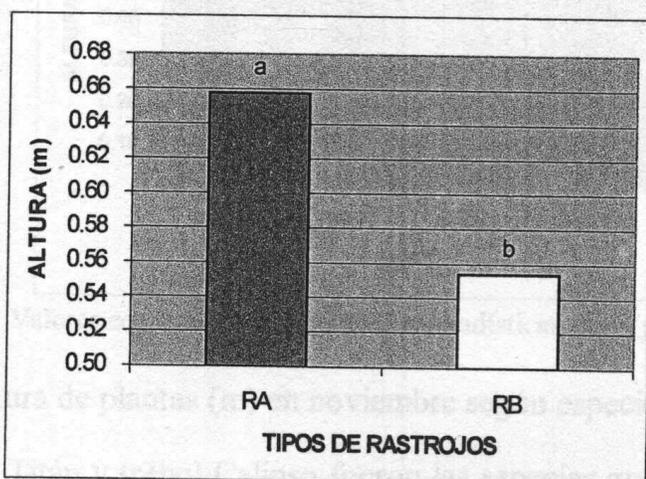
Tanto en LC como en SD las dos especies que desarrollaron mayores crecimientos en altura fueron raigrás 284 y Avena y la que desarrolló menor altura fue trébol Calipso. El crecimiento en altura diferencial entre las dos gramíneas citadas y la leguminosa se explica principalmente por el estado de desarrollo de las mismas. Mientras que raigrás 284 y Avena se encontraban en una etapa muy avanzada en su fase reproductiva, pleno alargamiento de entrenudos e inflorescencia visible, trébol Calipso se encontraba completamente vegetativo.



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 16: Altura de plantas (m) en octubre según especie en SD.

El ciclo más tardío de raigrás INIA Titán, en etapa vegetativa en octubre, explica su menor altura con respecto a raigrás 284, que se encontraba en plena fase reproductiva.



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 17: Altura de plantas (m) en octubre según tipos de rastrojos en SD.

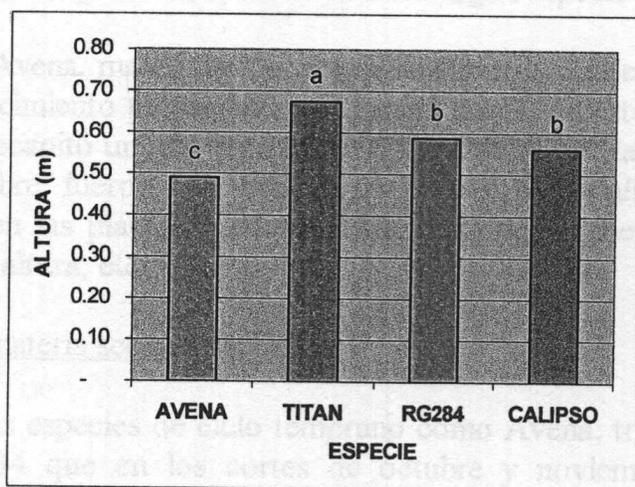
Entre los dos cultivares de trigos evaluados, mientras que en LC no se diferenciaron en altura ( $p > 0.05$ ), bajo condiciones de SD, trigo INIA Tjereta presentó un menor desarrollo en altura ( $p < 0.05$ ) que la línea LE2265.

Como se aprecia en la figura 17 los tipos de rastrojos solamente determinaron en las forrajeras un desarrollo en altura significativamente superior sobre RA que en RB

bajo condiciones de SD. Un mayor crecimiento en altura de las especies estudiadas bajo condiciones de SD podría explicarse a la estrategia de adaptación de las especies a condiciones de sombra. Además, a un mayor suministro de nitrógeno en la situación de rastrojo alto, aunque la ausencia de muestreos en dicho momento impiden corroborar dicha hipótesis. En condiciones de SD varios trabajos resaltan la importancia de los volúmenes de rastrojos en mejorar el ambiente para el crecimiento de las plantas.

#### 4.2.5 Altura de plantas en noviembre

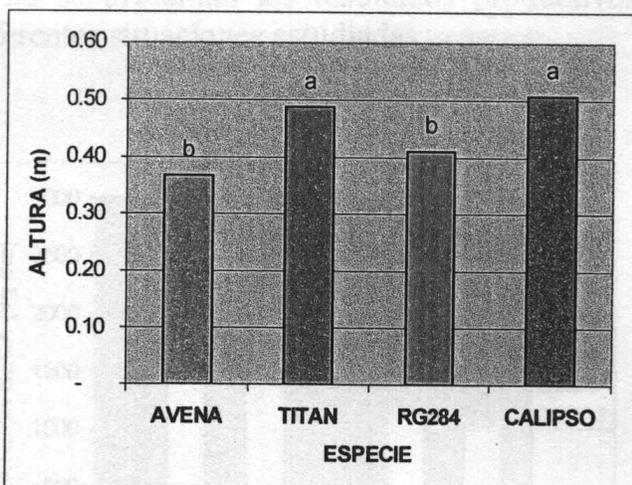
Al momento del corte realizado el 26/11 los tratamientos de SD y LC tenían 46 y 35 días de rebrote. Esta diferencia solo permitió comparar los efectos de especies y rastrojos dentro de cada método de siembra. En noviembre solamente la variable especies determinó diferencias significativas en altura de forraje tanto en SD ( $p < 0.0014$ ) (Figura 18) como en LC ( $p < 0.007$ ) (Figura 19).



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 18: Altura de plantas (m) en noviembre según especie en SD.

Raigrás INIA Titán y trébol Calipso fueron las especies que presentaron mayores alturas en este período. Por tratarse de especies de ciclo tardío, en noviembre se encuentran en un período muy activo de alargamiento de entrenudos que se traduce en mayores alturas de forraje tanto en SD como en LC.



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 19: Altura de plantas (m) en noviembre según especie en LC.

Raigrás 284 y Avena, materiales de ciclo mas temprano, se encontraron en la fase final de su ciclo de crecimiento presentando alturas menores. En estos materiales el corte realizado en octubre decapitó un alto porcentaje de macollos, por tanto los macollos que elongaron en noviembre fueron los más tardíos, que se localizan en condiciones jerárquicas inferiores en las plantas y consecuentemente tienen menores potenciales de crecimiento de forraje, altura, etc.

#### 4.2.6 Rendimiento de materia seca en diciembre

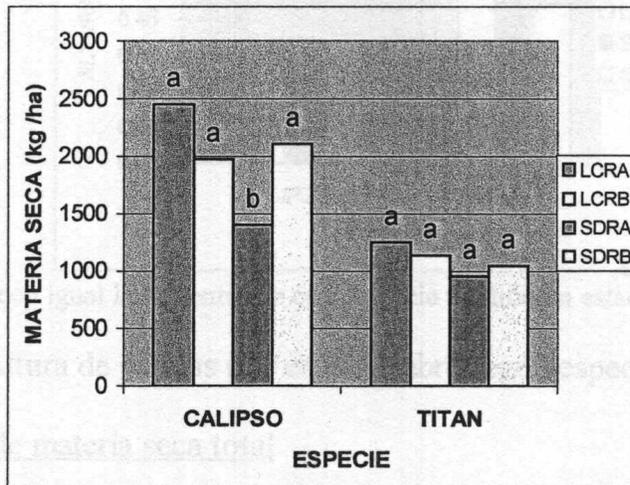
En diciembre las especies de ciclo temprano como Avena, trigos INIA Tijereta y LE 2265 y raigrás 284 que en los cortes de octubre y noviembre presentaban los entrenudos elongados, no presentaron crecimiento por finalizar sus ciclos.

En cambio raigrás INIA Titán rebrotó porque en el corte de octubre+noviembre estaba vegetativo, es decir no había elongado los entrenudos y por tanto sus ápices no fueron eliminados por el corte. En este período solamente trébol Calipso y raigrás INIA Titán produjeron forraje.

El análisis de varianza para la variable producción de forraje correspondiente al mes de diciembre mostró efectos significativos para especies ( $p < 0.007$ ) y la interacción triple ( $p < 0.045$ ).

Las producciones de trébol Calipso y raigrás INIA Titán fueron 1982 y 1094 kg MS/ha respectivamente, rendimientos estadísticamente distintos.

En la Figura 20 se presentan los resultados productivos de trébol Calipso y raigrás Titán en las diferentes situaciones estudiadas.



Valores con igual letra dentro de cada especie no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

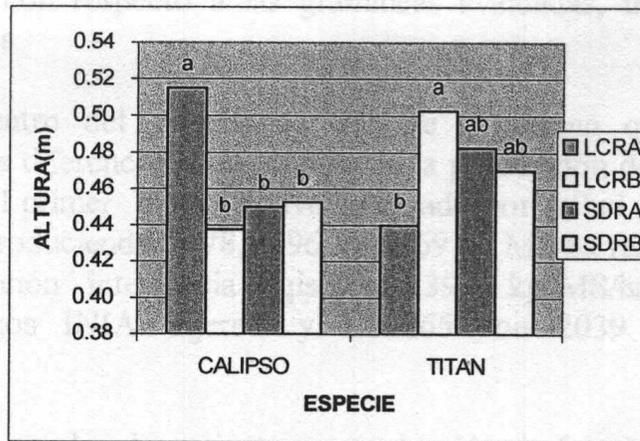
Figura 20: Producción de forraje (kg MS/ha) en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

Tanto trébol Calipso como raigrás INIA Titán, globalmente presentaron una tendencia productiva similar para las 4 situaciones consideradas (Figura 20). Sin embargo la magnitud de las diferencias fue diferente entre las dos especies. Mientras que raigrás Titán no se diferenció estadísticamente en las 4 alternativas, trébol Calipso se presentó como una especie más sensible a cambios de ambiente, donde la SDRA determinó una depresión productiva significativa (Figura 20). Las diferencias en la magnitud de las respuestas entre las dos especies explican la significación de la interacción triple.

#### 4.2.7 Altura de planta en diciembre

En el análisis de la varianza para la variable altura de planta correspondiente al mes de diciembre presentó solamente efecto significativo para la interacción especies\* laboreos\*rastrojos ( $p < 0.0225$ ).

En la figura 21 se puede apreciar que la interacción se explica por el comportamiento opuesto entre el trébol Calipso y raigrás INIA Titán. En la situación más favorable para crecimiento como es el LC del suelo y con bajas cantidades de rastrojo, raigrás INIA Titán registró las mayores alturas, sin embargo para trébol Calipso es la situación más desfavorable. En LC trébol Calipso respondió positivamente al RA, en raigrás INIA Titán se verifica la situación opuesta.



Valores con igual letra dentro de cada especie no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 21: Altura de plantas (m) en diciembre según especie.

#### 4.2.8 Rendimiento de materia seca total

La suma de cortes incluye para trébol Calipso, raigrás 284 y raigrás INIA Titán los cortes de octubre, noviembre y diciembre. Mientras que para Avena y trigos se refiere a los cortes de agosto, octubre y noviembre.

En el análisis de varianza para la variable producción de forraje total correspondiente a la suma de cortes se manifestaron efectos significativos de especies ( $p < 0.0001$ ), laboreos ( $p < 0.0073$ ) y para la interacción especies\*laboreos ( $p < 0.0034$ ).

El primer lugar en la producción de forraje total para LC lo ocuparon trébol Calipso y raigrás 284 con 7425 y 6445 kg MS/ha respectivamente (Figura 22), en segundo lugar se encuentra Avena con 5526 kg MS/ha, le sigue con 4769 kg MS/ha raigrás INIA Titán y por último los trigos con los menores rendimientos. Los trigos INIA Tijereta y LE2265 lograron una producción total de 2964 y 2892 kg MS/ha respectivamente. El rendimiento que se obtuvo con raigrás 284 fue ampliamente superior al reportado por Gallinal y Scaron (2000), sobre tapiz natural mejorado con Lotus en SD. En cambio para raigrás INIA Titán la bibliografía (Perrone y Talmón, 2000) cita rendimientos superiores en 48% a los logrados en este ensayo.

Trébol Calipso a pesar de no aportar suficiente forraje como para que justificara ser cortado en agosto, realiza una importante entrega en los cortes de octubre+noviembre compensando ampliamente su escasa producción de agosto y su menor aporte en diciembre, transformando ese potencial productivo de primavera en la mayor producción total con respecto al resto de las especies. Además esta especie por ser leguminosa tiene la propiedad de fijar nitrógeno atmosférico y por lo tanto ser menos dependiente del nitrógeno que aporta el suelo y la fertilización nitrogenada. Esto le

confiere una ventaja con respecto a las gramíneas evaluadas, frente a una situación restrictiva de nutrientes.

Analizando dentro del sistema de SD, se determinó que las especies se ordenaron en 3 grupos diferenciales en cuanto a la producción de forraje total (Figura 22). En este sentido el primer grupo estuvo integrado por trébol Calipso, raigrás INIA Titán y raigrás 284 produciendo 5378, 4961 y 4769 kg MS/ha respectivamente. Avena se ubicó en una posición intermedia registrando 3993 kg MS/ha. El último grupo lo conformaron los trigos INIA Tijereta y LE2265 con 2039 y 1991 kg MS/ha respectivamente.

Las diferencias en el ordenamiento en producción de forraje total de las especies entre los métodos consistieron básicamente en que, para el LC raigrás INIA Titán ocupó la tercera posición, pero en SD se ubicó en primer lugar junto con raigrás 284 y trébol Calipso.

La respuesta general en rendimiento de forraje a los métodos de laboreos se hizo más evidente al observar la media en la producción de forraje total de las especies anuales anteriormente mencionadas, siendo LC un 29.8 % superior que SD (Cuadro 28).

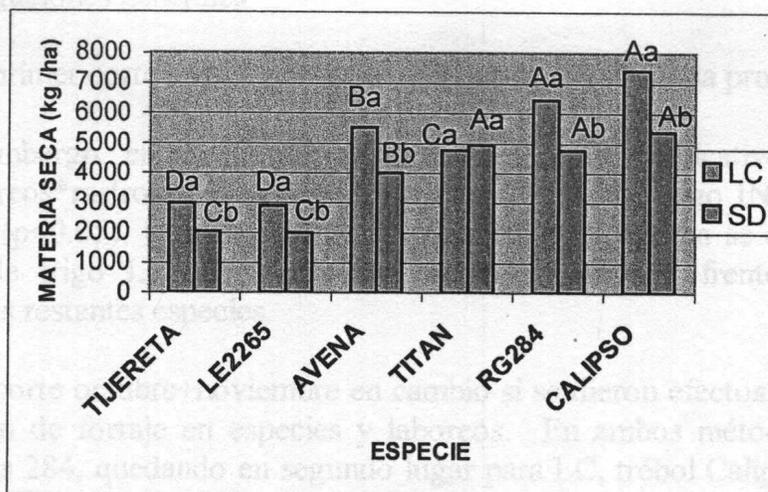
En contrapartida el tipo de rastrojo no produjo efectos significativos sobre la media de la producción forraje total, correspondiendo registros de 4296 y 4562 kg MS/ha para RA y RB respectivamente.

Cuadro 28: Producción de forraje (kg MS/ha) media según métodos de laboreos.

Laboreo	Rendimiento (kg MS/ha)
LC	5004 a
SD	3855 b

Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

La interacción especies\*laboreos ( $p < 0.0034$ ) estuvo determinada por las diferentes magnitudes de producción de forraje entre los métodos de laboreos para todas las especies anuales (Figura 22). Destacándose en este sentido la gran amplitud en producción de forraje que registró trébol Calipso (2047 kg MS/ha) con respecto a las otras especies en especial los trigos que solamente incrementaron 900 kg MS/ha en LC con respecto a SD.



Valores con igual letra minúscula dentro de cada especie no difieren estadísticamente ( $p>0.05$ )

Valores con igual letra mayúscula entre especies dentro de cada método de laboreo no difieren estadísticamente ( $p>0.05$ )

Figura 22: Producción de forraje (kg MS/ha) total según métodos de laboreos.

Avena respondió al LC con incrementos de 1533 kg MS/ha, en tanto que en raigrás 284 dicha diferencia fue de 1675 kg MS/ha (Figura 22).

Los trigos y la Avena en agosto fueron indiferentes productivamente al método de laboreo, pero la creciente producción a favor del LC a través del tiempo repercutió en que estas especies en producción total registran diferencias significativas entre métodos de laboreos a favor del LC.

En contrapartida raigrás INIA Titán, a pesar de no diferenciarse significativamente entre métodos de laboreos tiende a presentar una respuesta de 192 kg MS/ha a favor de SD. Esta similitud de resultados es consecuencia de que tanto en octubre+noviembre como en el corte de diciembre se mantuvo indiferente a los métodos de laboreos.

En la evolución de los cortes trébol Calipso tendió a producir más en LC para octubre+noviembre y en diciembre esas diferencias fueron significativas, afectando así el resultado de la suma de cortes.

En términos globales, la producción total de los trigos en respuesta al LC fue la mayor con un incremento del 45 %; Avena, raigrás 284 y trébol Calipso aumentaron entre 35 y 38 % ocupando una posición intermedia, en tanto raigrás INIA Titán fue la única especie que produjo prácticamente lo mismo bajo ambos métodos de laboreos, con apenas un 4% a favor de SD, aunque dicho guarismo fue no significativo.

#### 4.2.9 Consideraciones generales

En el primer corte en agosto no se registraron efectos en la producción de forraje.

Sin embargo en la altura existieron efectos significativos de especies y especies\*laboreos\*rastrojos. De las tres especies evaluadas trigo INIA Tijereta obtuvo mayor altura ( $p<0.05$ ). Con respecto a la interacción, la misma se explica debido a la indiferencia de trigo LE2265, entre las cuatro situaciones, frente a las respuestas ( $p<0.05$ ) de las restantes especies.

En el corte octubre+noviembre en cambio si se dieron efectos significativos para la producción de forraje en especies y laboreos. En ambos métodos de laboreos se destacó raigrás 284, quedando en segundo lugar para LC, trébol Calipso y Avena, y para SD, raigrás INIA Titán y trébol Calipso. En producción media de forraje LC registró un 18% de superioridad con respecto a SD. En este corte existió efecto de interacción por escaso margen, logrando los trigos y la Avena respuesta significativa a favor de LC.

La altura en octubre presentó efecto en LC de especies, logrando raigrás 284 la mayor ( $p<0.05$ ) altura. En SD la altura también se afectó por especies, logrando Avena y raigrás 284 superiores resultados. A su vez en SD se agrega un efecto rastrojos, obteniendo para RA alturas mayores. En noviembre la altura únicamente se afectó por especies, en ambos métodos de laboreos, destacándose en SD el raigrás INIA Titán y en LC se agregó el trébol Calipso.

Para el corte de diciembre en producción de forraje existió efecto significativo de especies y especies\*laboreos\*rastrojos. A esta fecha trébol Calipso logró mayor ( $p<0.05$ ) producción de forraje que raigrás INIA Titán. La interacción se explica debido a la indiferencia de raigrás INIA Titán entre las situaciones frente al resultado menor en SDRA obtenido en trébol Calipso.

La producción total de forraje presentó efectos significativos de especies, laboreos y especies\*laboreos. En LC las especies que se destacaron fueron trébol Calipso y raigrás 284, en SD además se agregó raigrás INIA Titán. Con relación a la producción media de forraje, LC fue superior en 29.8% con respecto a SD. La interacción se explica por respuestas y magnitudes diferenciales. En este sentido todas las especies responden significativamente a favor de LC con excepción del raigrás INIA Titán. Los trigos fueron los que presentaron las mayores respuestas, con un 45% a favor de LC. En cambio Avena, raigrás 284 y trébol Calipso lograron respuestas entre 35 a 38%.

#### 4.3 PRODUCCION DE LAS ESPECIES PERENNES

#### 4.3.1 Rendimiento de materia seca acumulada en octubre+noviembre

El análisis de varianza para la variable producción de forraje correspondiente a la acumulación de los cortes en octubre+noviembre presentó efectos significativos para especies ( $p<0.0001$ ), las interacciones especies\*laboreos ( $p<0.0001$ ) y especies\*laboreos\*rastrojos ( $p<0.0419$ ).

Los rendimientos de forraje de las especies variaron diferencialmente con los métodos de laboreos aplicados, (interacción especies\*laboreos) (Cuadro 29).

Analizando la producción de forraje de las especies en LC se pudo determinar un ordenamiento de las especies. En este sentido Lotus, Festuca y trébol rojo fueron las especies que registraron las mayores producciones de forraje, variando de un rango de 3600 hasta 3300 kg MS/ha. En una posición intermedia se ubicaron Holcus, trébol blanco y dactilis, pero estas especies no llegaron a diferenciarse ( $p>0.05$ ) de Festuca y trébol rojo. Por último los menores rendimientos en LC los lograron Bromus y alfalfa, con 2458 y 2348 kg MS/ha ( $p>0.05$ ), no diferenciándose la primera estadísticamente de dactilis.

Como se aprecia en el cuadro 29 en SD el ordenamiento entre las especies es diferente a la del LC. Con este método se destacan productivamente las leguminosas.

Al igual que en LC, trébol rojo y Lotus se destacaron en producción de forraje en SD alcanzando similares ( $p>0.05$ ) valores productivos entre ellos. En un segundo término se encontraron en SD, trébol blanco, Festuca y Bromus, con un rango entre 3362 a 3002 kg MS/ha ( $p>0.05$ ). En tercer lugar se posicionaron dactilis y Holcus con rendimientos estadísticamente similares a Festuca y Bromus. En tanto el menor rendimiento correspondió para alfalfa con 1710 kg MS/ha.

Por lo tanto se concluyó que dentro de un mismo método de laboreo tanto en SD como en LC, se podría optar indistintamente entre Lotus y trébol rojo ya que fueron las especies que lograron las mejores producciones de forraje dentro de las especies perennes. En LC se suma, además, una gramínea como Festuca siendo también, la especie con importantes producciones de forraje en este método de laboreo (Cuadro 29).

Cuadro 29: Producción de forraje (kg MS/ha) según métodos de laboreos.

<b>Materiales</b>	<b>LC</b>	<b>SD</b>	<b>Diferencia (%)</b>
HOLCUS	3.066 Ba	2.714 Ca	13
BROMUS	2.458 Cb	3.002 BCa	22
DACTILIS	2.713 BCa	2.716 Ca	0
FESTUCA	3.399 ABa	3.014 BCa	13
TROJO	3.324 ABb	4.615 Aa	39
TBLANCO	3.043 Ba	3.362 Ba	10
LOTUS	3.587 Aa	4.011 Aa	12
ALFALFA	2.348 Ca	1.710 Db	37

Valores con igual letra minúscula dentro de cada especie no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Valores con igual letra mayúscula entre especies dentro de cada método de laboreo no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Analizando el comportamiento de las especies en producción de forraje frente a los métodos de laboreos se pudo constatar comportamientos diferenciales de las especies, de lo que se concluye que una misma especie puede dar resultados diferentes al pasar de un método de laboreo a otro.

La interacción significativa entre especies y métodos de laboreos se explica por diferentes magnitudes de respuesta y por respuestas opuestas de las especies frente al método de laboreo.

En el cuadro 29 se observa para alfalfa, trébol rojo y Bromus diferencias significativas entre ambos métodos de laboreo. Alfalfa aumentó un 37 % su rendimiento en LC, sin embargo Bromus y trébol rojo manifestaron un cambio en la dirección de sus respuestas ya que en dichas especies se verificó un aumento ( $p < 0.05$ ) en el rendimiento de un 22% y 39% respectivamente, pero a favor de SD. Las restantes forrajeras no difirieron estadísticamente en sus rendimientos entre métodos de laboreos. Sin embargo, tendencialmente se observó que mientras Holcus y Festuca aumentaron sus rendimientos con LC, trébol blanco y Lotus los bajaron. En tanto dactilis presentó un comportamiento indiferente.

En octubre+noviembre Lotus además de lograr una de las mejores producciones de forraje en LC y SD, mostró insensibilidad a las condiciones físico-químicas diferenciales que pueden provocar los métodos de laboreos en el suelo.

Se destaca trébol rojo por su buen comportamiento en SD, lo que sugiere una buena adaptabilidad a este ambiente que se tradujo en 1291 kg MS/ha a favor de SD. Esto no concuerda con lo reportado por Ciganda (1996) que no encontró diferencias

entre los métodos de laboreos atribuido a una alta fertilización basal y altas refertilizaciones para trébol rojo en mezcla con gramíneas.

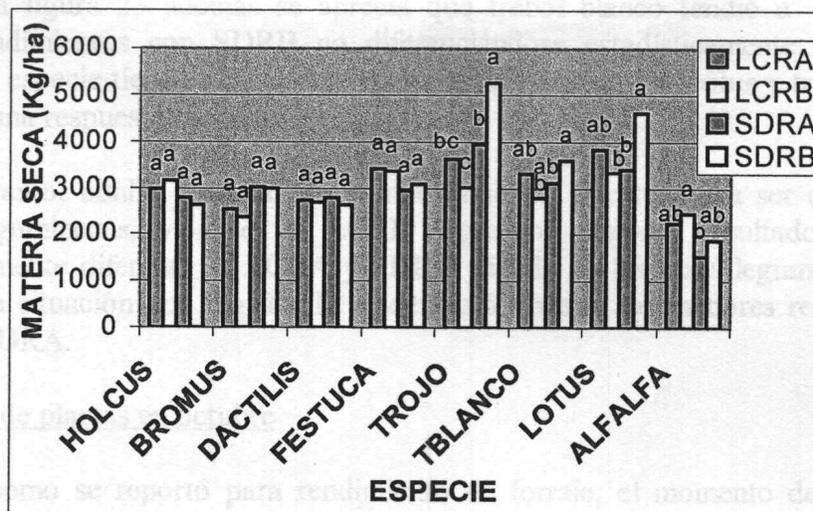
En contrapartida dactilis muestra alta plasticidad lo que se evidencia en similares producciones de forraje para ambos métodos. Holcus y Festuca se comportaron de manera similar registrando una respuesta entre 350 y 380 kg MS/ha superior en LC.

Por otro lado Bromus aunque porcentualmente responde aceptablemente, la respuesta en producción de forraje (kg MS/ha) es inferior a las demás (Cuadro 29), con excepción del dactilis. La respuesta en producción de forraje en octubre+noviembre de Bromus no coincidió con lo acontecido en la etapa de implantación, donde esta especie fue indiferente a los métodos de laboreo. Los resultados similares en producción de forraje entre métodos de laboreos para las gramíneas Festuca y Holcus, podría explicarse por sus vigos iniciales de plántulas semejantes en agosto entre LC y SD.

Es importante mencionar desde el punto de vista agronómico la respuesta de Lotus, que aunque no se diferencia significativamente entre los métodos de laboreos, logró 424 kg MS/ha a favor de SD. En contrapartida Rios (1998) menciona en Lotus, dactilis y trébol blanco una producción de forraje superior en LC.

Del análisis de los resultados de la interacción triple surge que existe un patrón diferencial en la producción de forraje entre las especies perennes frente a la combinación de los métodos de laboreos con los tipos de rastrojos (Figura 23).

Las diferencias en producción de forraje para Lotus y trébol rojo debidas al rastrojo en SD, dejan evidenciar posiblemente que el efecto del rastrojo se manifiesta más tarde para estas especies, ya que en agosto no se manifestaron diferencias entre los tipos de rastrojos.



Valores con igual letra dentro de cada especie no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 23: Producción de forraje (kg MS/ha) en LC y SD en dos tipos de rastrosos.

La interacción se explica en parte por las diferentes magnitudes de respuestas frente a las combinaciones entre métodos de laboreos y tipos de rastrosos. Por ejemplo, comparando la respuesta de trébol rojo al tipo de rastrojo en SD cuya diferencia es 1316 kg MS/ha, siendo en este caso para trébol blanco 500 kg MS/ha, en alfalfa 350 y en Lotus 1215 kg MS/ha a favor de RB.

Las gramíneas perennes presentaron un comportamiento similar puesto que no se diferenciaron estadísticamente entre las cuatro combinaciones de métodos de laboreos con tipos de rastrosos. Sin embargo Holcus y Festuca tendieron a presentar mejores rendimientos de materia seca en LC, en tanto Bromus a SD.

Entre las leguminosas trébol rojo, Lotus y trébol blanco tendieron a producir más forraje en sistemas de SD con bajos volúmenes de rastrojo de sorgo sobre el suelo verificándose además los menores ( $p > 0.05$ ) rendimientos en LCRB (Figura 23).

Los resultados indicarían que trébol rojo se comporta mejor en la situación SDRB diferenciándose estadísticamente de las demás situaciones. A su vez para trébol rojo la peor situación fue LCRB, seguida por LCRA la que no difiere de la anterior estadísticamente, tampoco de SDRA. Este resultado difiere de lo reportado por Ciganda (1996), el cual menciona que no existió efecto significativo de métodos de laboreos para trébol rojo en mezcla con raigrás y avena. Para esta especie parece ser importante retirar el rastrojo en la situación de SD ya que los mejores resultados se obtienen en RB, diferenciándose en 1316 kg MS/ha del RA.

En la figura 23 además se aprecia que trébol blanco tendió a registrar los mayores rendimientos con SDRB no diferenciándose estadísticamente de SDRA y LCRA. Esta especie tiende a comportarse de forma semejante a Lotus y trébol rojo pero no muestra una respuesta tan clara.

En tanto, alfalfa presentó un comportamiento que tendió a ser diferente a las restantes leguminosas, ya que en LCRB logra los mejores resultados aunque no significativamente diferente a LCRA y SDRB, siendo en las otras leguminosas la peor situación. La situación que registra la tendencia a obtener los menores rendimientos de forraje fue SDRA.

#### 4.3.2 Altura de plantas en octubre

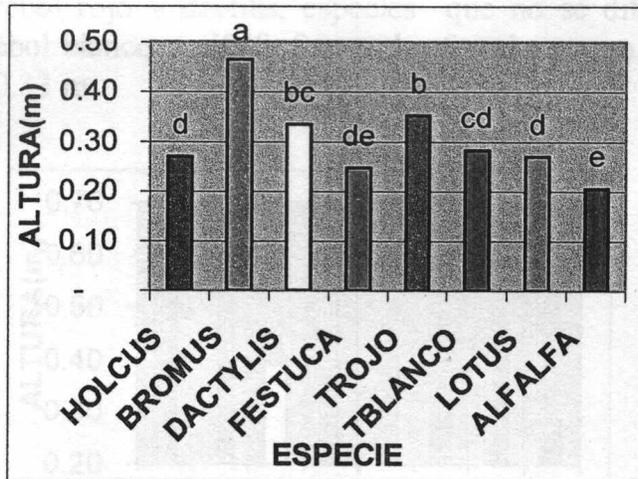
Tal como se reportó para rendimiento de forraje, el momento de corte de los tratamientos correspondiente a SD fue diferente que para LC, razón por la cual las alturas de forraje se analizaron separadamente entre métodos de laboreos. Esto determinó además que las edades de los rebrotes de SD y LC fueron diferentes para el corte de noviembre y por tanto también se estudiaron separadamente.

En octubre las alturas de forraje dependieron significativamente de los tipos de rastrojos ( $p < 0.0140$ ) y de las especies ( $p < 0.0001$ ) bajo SD, mientras que en LC la altura solamente fue afectada por las especies ( $p < 0.0001$ ). En SD la altura promedio de forraje fue de 0.33 m para el RA, disminuyendo a 0.22 m para el RB.

La permanencia de gran parte del rastrojo de sorgo en pie determinó que desde la siembra al primer corte de octubre las forrajeras sembradas se implantaron y crecieron bajo un ambiente sombreado por la intercepción de luz que originó el rastrojo en pie. Bajo estas condiciones las forrajeras se adaptan morfológicamente siendo uno de los procesos adaptativos principales la elevación de sus tallos y/o pecíolos con el objetivo de captar mayor radiación lumínica. Estos procesos se traducen en mayores alturas de forraje.

Tanto en SD (Figura 24) como en LC (Figura 25), Bromus y trébol rojo presentaron las mayores alturas aunque significativamente diferentes, en tanto alfalfa fue la especie de menor crecimiento en altura.

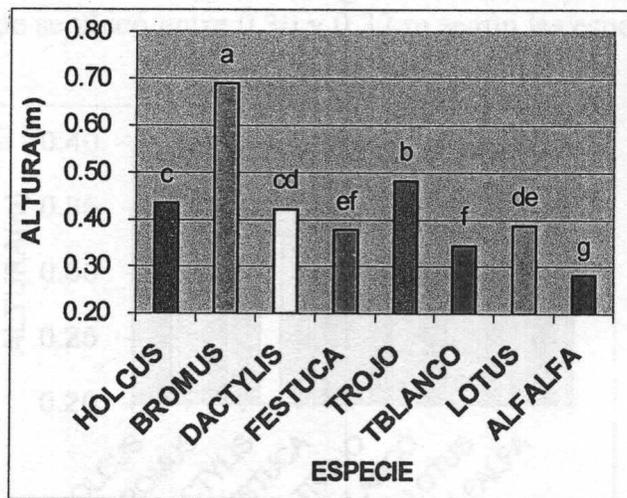
Dactylis no se diferenció de trébol rojo en SD en tanto las restantes especies presentaron alturas intermedias entre dactylis y alfalfa (Figura 24).



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 24: Altura de planta (m) en octubre según especie en SD.

En LC, Holcus y dactilis desarrollaron alturas inferiores ( $p < 0.05$ ) que trébol rojo, mientras que Lotus, Festuca y trébol blanco presentaron alturas entre 0.35 y 0.39 m, superiores significativamente a alfalfa, especie que fue posiblemente afectada por los excesos hídricos.



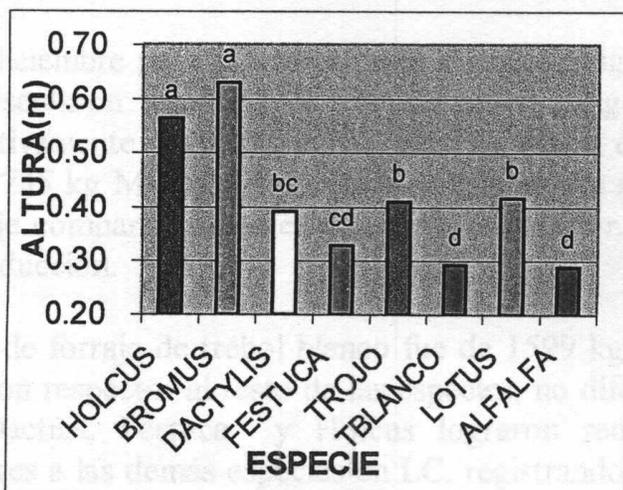
Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 25: Altura de planta (m) en octubre según especie en LC.

#### 4.3.3 Altura de plantas en noviembre

En noviembre bajo SD solamente la altura de las plantas fue afectada por las especies ( $p < 0.0001$ ) presentando Bromus y Holcus las mayores alturas (Figura 26)

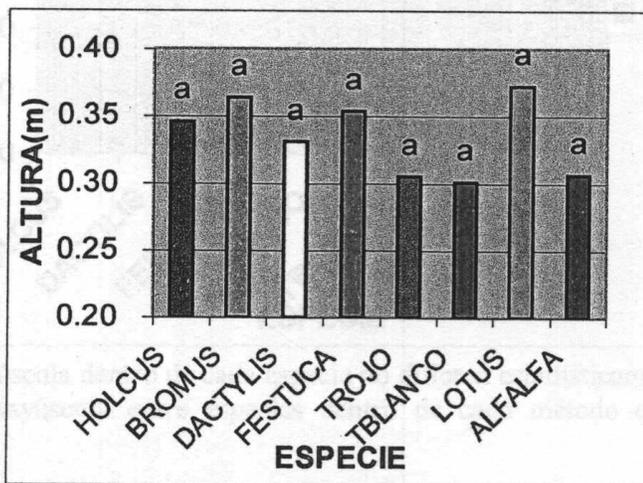
seguidos por Lotus, trébol rojo y dactilis, especies que no se diferenciaron ( $p>0.05$ ) entre ellas. Festuca, trébol blanco y alfalfa fueron las forrajeras con menores alturas, en un rango entre 0.29 y 0.33 m.



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p>0.05$ ).

Figura 26: Altura de planta (m) en noviembre según especie en SD.

En condiciones de siembra bajo LC ninguna variable afectó significativamente la altura de las plantas que se ubicó entre 0.30 y 0.37 m según las especies (Figura 27).



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p>0.05$ ).

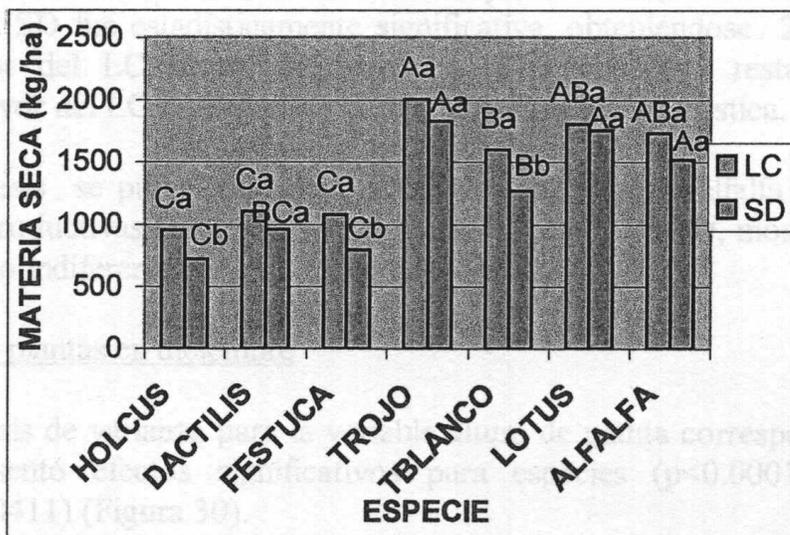
Figura 27: Altura de planta (m) en noviembre según especie en LC.

#### 4.3.4 Rendimiento de materia seca en diciembre

El análisis de varianza para la producción de forraje correspondiente al mes de diciembre presentó solamente efectos significativos para especies ( $p < 0.0001$ ) y la interacción especies\*laboreos fue significativa para  $p < 0.0602$ , por lo cual se realizarán comentarios sobre la misma.

En el corte de diciembre para LC, trébol rojo y Lotus al igual que en el corte de octubre+noviembre presentaron los mayores rendimientos, (Figura 28) con 2006 y 1808 kg MS/ha respectivamente ( $p > 0.05$ ), estos, además, no se diferenciaron ( $p > 0.05$ ) de alfalfa que obtuvo 1735 kg MS/ha. Es de destacar que alfalfa en este corte recuperó su producción de forraje comparativamente con el corte anterior, ocupando una de los primeros lugares en producción.

La producción de forraje de trébol blanco fue de 1599 kg MS/ha situándose en una segunda posición con respecto al resto de las especies, no diferenciándose ( $p > 0.05$ ) de alfalfa y Lotus. Dactilis, Festuca y Holcus lograron rendimientos de forraje estadísticamente inferiores a las demás especies en LC, registrando 1102, 1078 y 951 kg MS/ha respectivamente, valores estadísticamente similares (Figura 28).



Valores con igual letra minúscula dentro de cada especie no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).  
 Valores con igual letra mayúscula entre especies dentro de cada método de laboreo no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 28: Producción de forraje (kg MS/ha) según métodos de laboreos.

En tanto en SD se observó un ordenamiento de las especies diferente al descrito anteriormente en LC en la producción de forraje para diciembre.

En este período en SD se destacan productivamente trébol rojo, Lotus y alfalfa, registrando significativamente las mayores producciones de forraje en este sistema, con 1831, 1757, 1520 kg MS/ha respectivamente ( $p > 0.05$ ). Trébol blanco y dactilis presentaron rendimientos intermedios, registrando 1267 y 960 kg MS/ha respectivamente, valores estadísticamente similares.

Por último los menores rendimientos de forraje en SD los lograron Festuca y Holcus con 796 y 720 kg MS/ha ( $p > 0.05$ ) respectivamente, aunque no se diferencian estadísticamente de dactilis (Figura 28).

Del análisis de los resultados se concluyó que las mejores especies en términos de producción de forraje en LC también lo fueron en el sistema de SD.

Con respecto al análisis comparativo entre métodos de laboreos se puede afirmar que la interacción entre métodos de laboreos con especies se origina a partir de magnitudes diferentes de respuestas entre las especies (Figura 28).

A diferencia del corte anterior existe una tendencia clara de todas las especies de producir más forraje en el sistema de LC. Sin embargo las magnitudes de las respuestas fueron diferentes en Holcus, Festuca y trébol blanco. La superioridad del LC con respecto a SD fue estadísticamente significativa, obteniéndose 231, 282 y 332 kg MS/ha a favor del LC respectivamente, en tanto con las restantes especies las diferencias a favor del LC no llegan a alcanzar significación estadística.

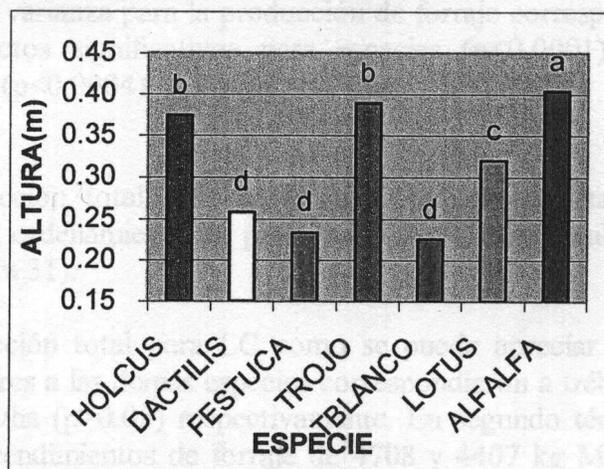
En síntesis se pudo concluir que trébol rojo, Lotus y alfalfa además de ser las especies más productivas en diciembre, tanto en LC como en SD, mostraron a su vez un comportamiento indiferente a los métodos de laboreos.

#### 4.3.5 Altura de plantas en diciembre

El análisis de varianza para la variable altura de planta correspondiente al mes de diciembre presentó efectos significativos para especies ( $p < 0.0001$ ) (Figura 29) y laboreos ( $p < 0.0411$ ) (Figura 30).

Se puede apreciar de los resultados en la figura 29 que en diciembre la mayor altura es alcanzada por la alfalfa. Esta se encuentra en los inicios de su etapa reproductiva, ubicándose entre los primeros lugares en producción de forraje para esta época con un muy activo crecimiento terminal de sus tallos. Con alturas decrecientes se encuentran Holcus y trébol rojo las cuales son estadísticamente iguales, pero en producción de forraje el segundo obtiene los mayores rendimientos en esta época. En tercer lugar con 0.32 m se ubica Lotus, aunque logra las mismas producciones de forraje que trébol rojo. Las menores alturas las presentan dactilis, Festuca y trébol

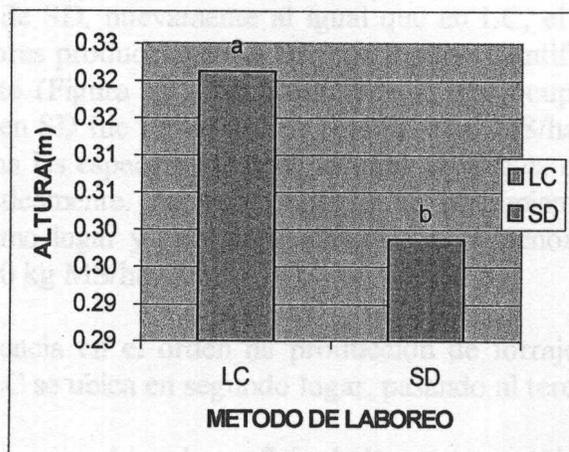
blanco, aunque este último dentro de las especies perennes en producción de forraje se encuentra en segundo lugar en diciembre.



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 29: Altura de planta (m) en diciembre según especie.

La altura de las plantas fue significativamente superior en LC con respecto a SD (Figura 30). Esta última explica las producciones de forraje logradas.



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 30: Altura de planta (m) media según métodos de laboreos.

#### 4.3.6 Rendimiento de materia seca total

El análisis de varianza para la producción de forraje correspondiente a la suma de cortes presentó efectos significativos para especies ( $p < 0.0001$ ) y las interacciones especies\*laboreos ( $p < 0.0004$ ), especies\*rastrojos ( $p < 0.001$ ) y la interacción triple ( $p < 0.001$ ).

En la producción total se evidencia un comportamiento diferencial de las especies variando su ordenamiento en producción de forraje total de forma diferencial entre LC y SD (Figura 31).

En la producción total para LC como se puede apreciar en la figura 31 los rendimientos superiores a las demás especies correspondieron a trébol rojo y Lotus, con 5541 y 5395 kg MS/ha ( $p > 0.05$ ) respectivamente. En segundo término trébol blanco y Festuca registraron rendimientos de forraje de 4708 y 4407 kg MS/ha respectivamente en LC.

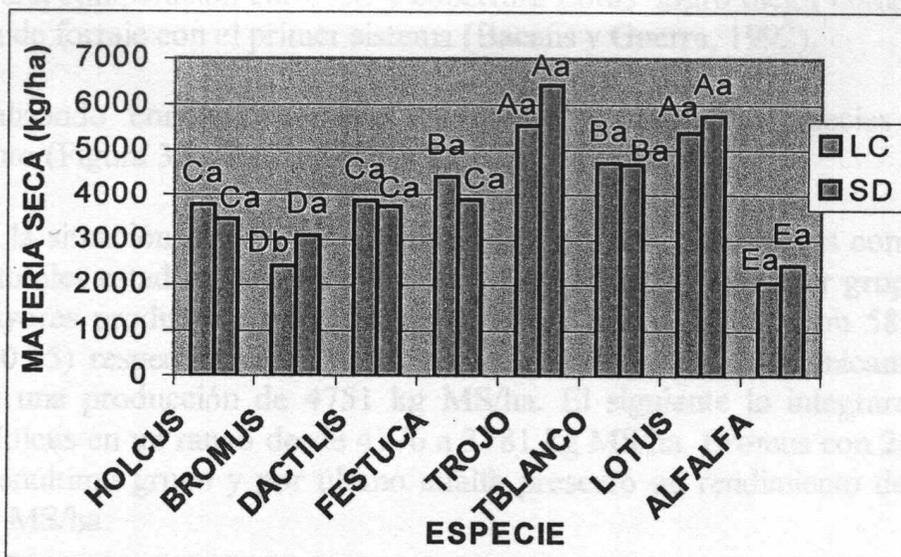
En tercera posición se encuentra dactilis y Holcus con 3872 y 3782 kg MS/ha, valores estadísticamente similares, y en penúltimo lugar Bromus con 2429 kg MS/ha. Los rendimientos inferiores para todo el período evaluado lo obtuvo la alfalfa con apenas 2071 kg MS/ha.

En el sistema de SD, nuevamente al igual que en LC, el trébol rojo y Lotus se destacan con las mayores producciones de forraje totales cuantificando 6432 y 5758 kg MS/ha respectivamente (Figura 30). La única especie que ocupó el segundo lugar en términos productivos en SD fue trébol blanco con 4694 kg MS/ha. Le siguen con 3900, 3754 y 3468 kg MS/ha las especies Festuca, dactilis y Holcus, cuyas producciones no se diferencian estadísticamente. Bromus presentó un rendimiento de 3087 kg MS/ha ubicándose en penúltimo lugar y por último alfalfa con la menor producción de forraje total produciendo 2450 kg MS/ha.

La única diferencia en el orden de producción de forraje entre los métodos lo hizo Festuca, que en LC se ubica en segundo lugar, pasando al tercer lugar en SD.

Se puede afirmar que al igual y reflejo de los cortes previos, la mejor producción total también lo lograron trébol rojo y Lotus en ambos métodos de laboreos, debido a su comportamiento similar entre los métodos de laboreos.

Considerando la interacción especies\*laboreos, surge un patrón de comportamiento diferencial entre las especies según se considere LC o SD (Figura 31).



Valores con igual letra minúscula dentro de cada especie no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ). Valores con igual letra mayúscula entre especies dentro de cada método de laboreo no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 31: Producción de forraje (kg MS/ha) total según métodos de laboreos.

Bromus fue la única especie que diferenció los rendimientos totales de forraje con los métodos de laboreos, produciendo un 27% más de forraje ( $p < 0.05$ ) en la situación de SD. Las gramíneas restantes, Holcus, dactylis y Festuca rindieron cantidades similares ( $p > 0.05$ ) entre ambos métodos de laboreos, aunque manifestaron la tendencia a rendir menos bajo SD.

En leguminosas, exceptuando trébol blanco que produjo lo mismo en SD que en LC, las restantes especies, trébol rojo, Lotus y alfalfa presentaron una tendencia productiva opuesta en dirección a la verificada con las gramíneas ya que dichas leguminosas produjeron más en SD.

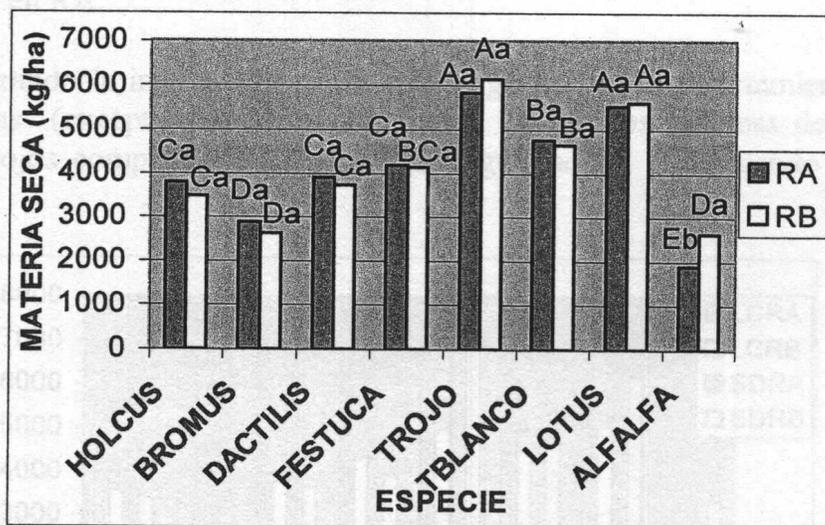
Gallinal y Scaron (2000) evaluaron la productividad de algunas gramíneas, registrando valores superiores a los obtenidos en este trabajo, siendo 4180 kg MS/ha para Holcus en SD.

En contrapartida, Castaño et al. (2000) evaluando la producción de forraje de Lotus, trébol blanco y alfalfa determinó que las especies fueron indiferentes a la siembra al voleo o en líneas. Asimismo, Ferenczi et al. (1997) resalta el buen comportamiento de Lotus, que fue la especie que se comportó mejor en producción de forraje superando la siembra en cobertura a la directa sobre un tapiz natural. Por otro lado, Cianciarullo et al. (2000) no determinó diferencias entre SD y cobertura para Lotus.

En una comparación entre LC y cobertura Lotus logró mejor comportamiento en producción de forraje con el primer sistema (Bacans y Guerra, 1992).

Analizando comparativamente los tipos de rastrojos, las especies variaron en su ordenamiento (Figura 32).

En la situación de RA se evidenciaron 5 grupos de especies con producciones de forraje totales estadísticamente diferentes entre ellas. En el primer grupo se destacan con las mayores producciones de forraje el trébol rojo y Lotus con 5834 y 5529 kg MS/ha ( $p>0.05$ ) respectivamente. El segundo grupo lo conformó únicamente el trébol blanco con una producción de 4751 kg MS/ha. El siguiente lo integraron la Festuca, dactilis y Holcus en un rango desde 4176 a 3781 kg MS/ha. Bromus con 2889 kg MS/ha ocupó el penúltimo grupo y por último alfalfa presentó un rendimiento de forraje total de 1898 kg MS/ha.



Valores con igual letra minúscula dentro de cada especie no difieren estadísticamente ( $p>0.05$ ).

Valores con igual letra mayúscula entre especies dentro de cada método de laboreo no difieren estadísticamente ( $p>0.05$ ).

Figura 32: Producción de forraje (kg MS/ha) total según tipos de rastrojos.

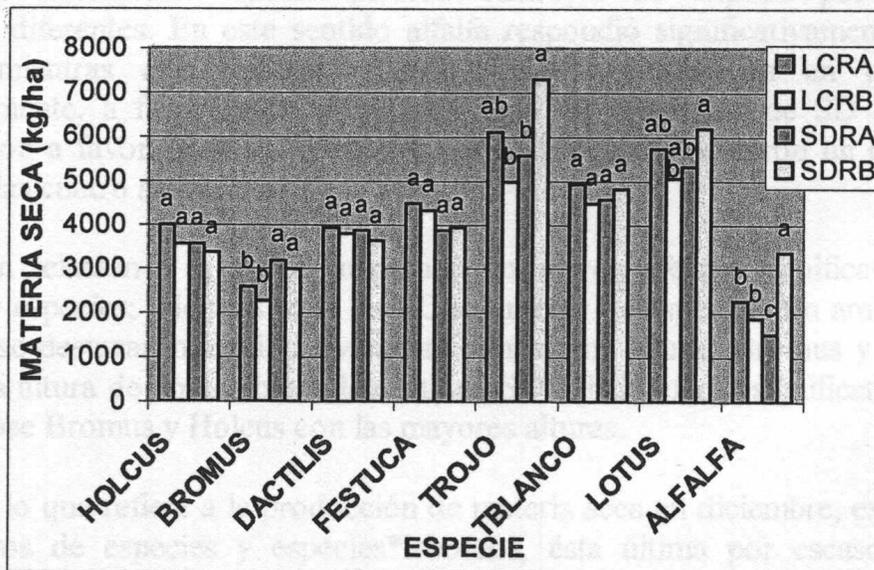
En RB las especies se ubicaron en 4 grupos estadísticamente diferenciales entre ellas. También con este manejo del rastrojo las especies que se destacan y por lo tanto ocupan el primer grupo de todas las perennes fueron el trébol rojo y el Lotus alcanzando una producción de forraje total de 6138 y 5623 kg MS/ha. Le siguen trébol blanco y Festuca con 4651 y 4131 kg MS/ha respectivamente, valores estadísticamente similares. El tercer grupo lo conformaron dactilis y Holcus en RB, con 3720 y 3469 kg MS/ha respectivamente, valores que no difieren estadísticamente de Festuca. Al final en RB el cuarto grupo lo integran Bromus y alfalfa con 2628 y 2624 kg MS/ha respectivamente.

Como ya se mencionó en RB se pudo determinar que la alfalfa iguala a Bromus estadísticamente (Figura 32), que en la situación con RA registró el menor rendimiento. Otra diferencia en el ordenamiento en producción de forraje total la hizo Festuca que en RB se posicionó tanto en el segundo como en el tercer grupo, en tanto en RA solo pertenece al tercer grupo de especies en el ranking de producción de forraje total.

La interacción especies\*rastrojos se explica básicamente por la gran magnitud de respuesta de alfalfa frente al tipo de rastrojo con respecto a las otras especies, produciendo un 38 % ( $p < 0.05$ ) más de forraje en la situación de RB comparativamente con RA (Figura 32).

También contribuyen en la interacción las respuestas opuestas que se observan frente a los tipos de rastrojos, es así que encontramos a Lotus y trébol rojo que tendieron a producir más en RB y por otro lado a Bromus, Holcus, dactilis y Festuca que tendieron a producir más en RA.

Considerando la interacción triple, esa surge por un comportamiento diferencial de las gramíneas (exceptuando Bromus), frente a los dos sistemas de laboreos por alturas de rastrojos comparativamente con las leguminosas, exceptuando trébol blanco (Figura 33).



Valores con igual letra dentro de cada especie no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 33: Producción de forraje (kg MS/ha) total en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

Mientras que *Holcus*, *dactylis* y *Festuca* no diferenciaron sus producciones totales entre métodos de laboreos por tipos de rastrojos, *Bromus* respondió positivamente ( $p < 0.05$ ) a la SD.

Con leguminosas la respuesta cambia tanto en dirección como en magnitud, exceptuando trébol blanco. Trébol rojo y Lotus presentaron las mayores producciones en SDRB que LCRA ( $p > 0.05$ ) y las menores con SDRA que LCRB ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, en alfalfa, a pesar de presentar un modelo de respuesta similar a trébol rojo y Lotus, la magnitud de los rendimientos diferenció ( $p < 0.05$ ) la mayor producción registrada en SDRB de la siguiente LCRA. Mientras que en alfalfa los rendimientos menores correspondieron a SDRA, en Lotus y trébol rojo se verificaron con LCRB. Trébol blanco se diferenció en su respuesta de las restantes leguminosas ya que produjo en forma similar ( $p > 0.05$ ) en las 4 situaciones estudiadas (Figura 33).

#### 4.3.7 Consideraciones generales

Como consideraciones generales sobre el rendimiento de materia seca de octubre+noviembre se pueden mencionar que se determinaron efectos significativos de especies, especies\*laboreos y especies\*laboreos\*rastrojos. En cuanto al efecto especies\*laboreos en LC se destacaron significativamente en producción de forraje Lotus, *Festuca* y trébol rojo. En tanto en SD se destacaron productivamente trébol rojo y Lotus. La interacción especies\*laboreos\*rastrojos se explica por magnitudes y respuestas diferentes. En este sentido alfalfa respondió significativamente 37% a favor de LC, mientras que *Bromus* y trébol rojo respondieron en un 22 y 39% respectivamente, a favor de SD. Por otro lado en el sistema de SD las leguminosas respondieron a favor de RB. En cambio las gramíneas presentaron un comportamiento similar en las cuatro situaciones.

Con relación a la altura en octubre existieron efectos significativos en SD de rastrojos y especies; mientras que en LC solamente de especies. En ambos métodos de laboreos se destacaron significativamente con mayor altura *Bromus* y trébol rojo. En cuanto a la altura de noviembre solamente en SD existió efecto significativo de especies, destacándose *Bromus* y *Holcus* con las mayores alturas.

En lo que refiere a la producción de materia seca en diciembre, existieron efectos significativos de especies y especies\*laboreos, ésta última por escaso margen. Para ambos métodos de laboreos las especies que produjeron significativamente más forraje fueron trébol rojo, Lotus y alfalfa. La interacción especies\*laboreos es consecuencia de magnitudes de respuestas diferenciales. En este sentido, *Holcus*, *Festuca* y trébol blanco lograron producir significativamente más forraje a favor de LC.

Con respecto a la altura en diciembre existieron efectos de especies y laboreos, logrando alfalfa las mayores alturas y en cuanto a los métodos de laboreos LC se comportó mejor.

En la producción de forraje total existieron efectos significativos de especies, especies \*laboreos, especies\*rastrojos y especies\*laboreos\*rastrojos. En ambos métodos de laboreos se destacan en producción de forraje trébol rojo y Lotus. La única especie que marcó una diferencia significativamente entre los métodos de laboreos fue Bromus, con 27% a favor de SD. En RA y RB las especies que ubicaron en primer lugar también fueron trébol rojo y Lotus. Alfalfa fue la única especie que logró una diferencia significativa entre los rastrojos, con 38% a favor de RB. Con relación a la interacción triple algunas especies se mostraron indiferentes (Holcus, dactilis, Festuca y trébol blanco) frente a otras que presentaron respuestas significativas entre las situaciones. Trébol rojo y Lotus presentaron similares comportamiento tendiendo SDRB a lograr mayores producciones de forraje. En tanto en alfalfa ésta situación es significativamente mayor. Por último Bromus se comportó mejor en SD independiente del rastrojo.

## 4.4 CURVAS DE FLORACION

### 4.4.1 Calipso

En esta especie al igual que en trébol rojo únicamente se contabilizaron las cabezuelas inmaduras o inflorescencias donde la evolución de las mismas se presenta en la figura 34 del 1-4.

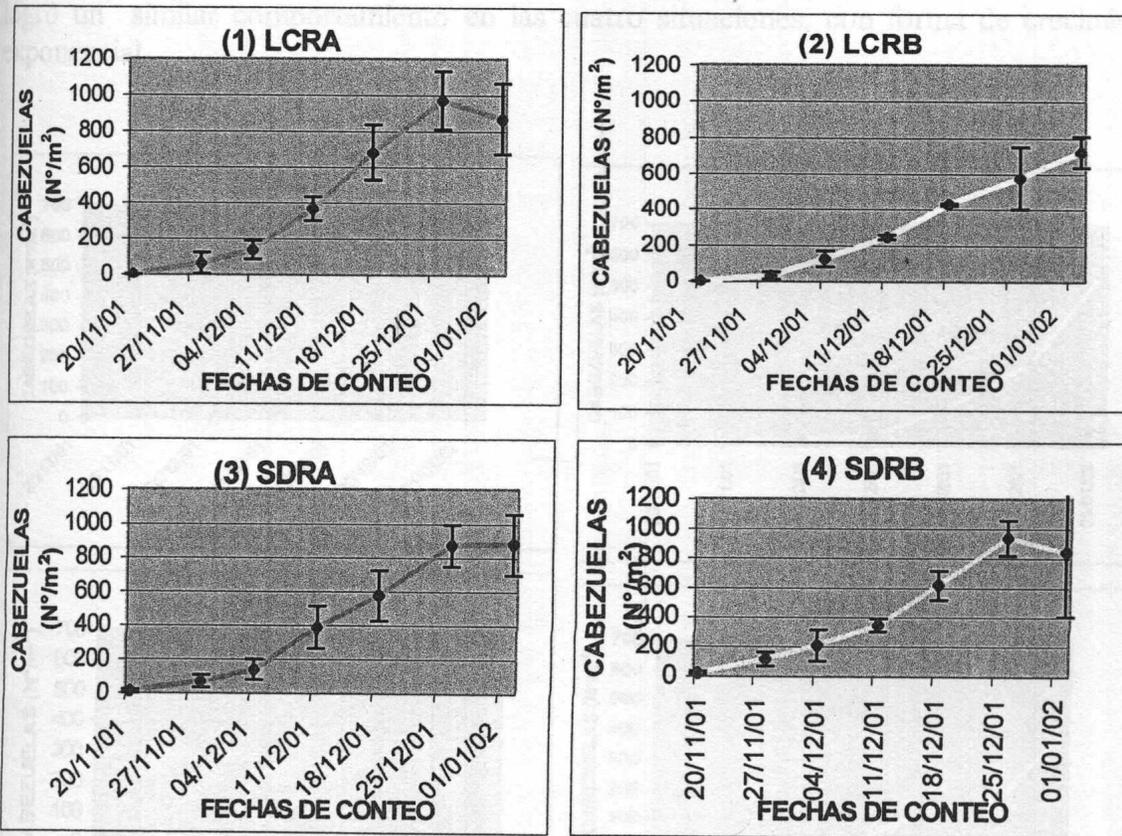


Figura 34: Evolución del número de cabezuelas/m<sup>2</sup> para cuatro situaciones (1-4).

En términos globales con excepción de la curva en la situación LCRB las restantes situaciones presentaron igual comportamiento en la evolución de cabezuelas. Las mismas presentaron evolución creciente hasta el 26/12 donde se produjo el máximo sin diferencias muy claras entre ellas, presentando un leve decrecimiento posterior.

En LCRB la evolución de las cabezuelas es lineal sin lograr en el período evaluado un pico máximo. Además el grado de la pendiente comparado con las demás situaciones fue más gradual.

En general se puede apreciar en las figuras una mayor variación en los datos en las situaciones de LCRA y SDRA con respecto a las otras situaciones. En estas últimas en cambio se puede visualizar un mayor desvío en las últimas fechas de conteo, especialmente el 2/01/02 para situación SDRB donde la cuantía de error es importante.

#### 4.4.2 Trébol rojo

En esta especie únicamente se presentan las curvas con la evolución de las cabezuelas inmaduras. En general la evolución de las cabezuelas en las figura 35 (1-4) logró un similar comportamiento en las cuatro situaciones, con forma de crecimiento exponencial.

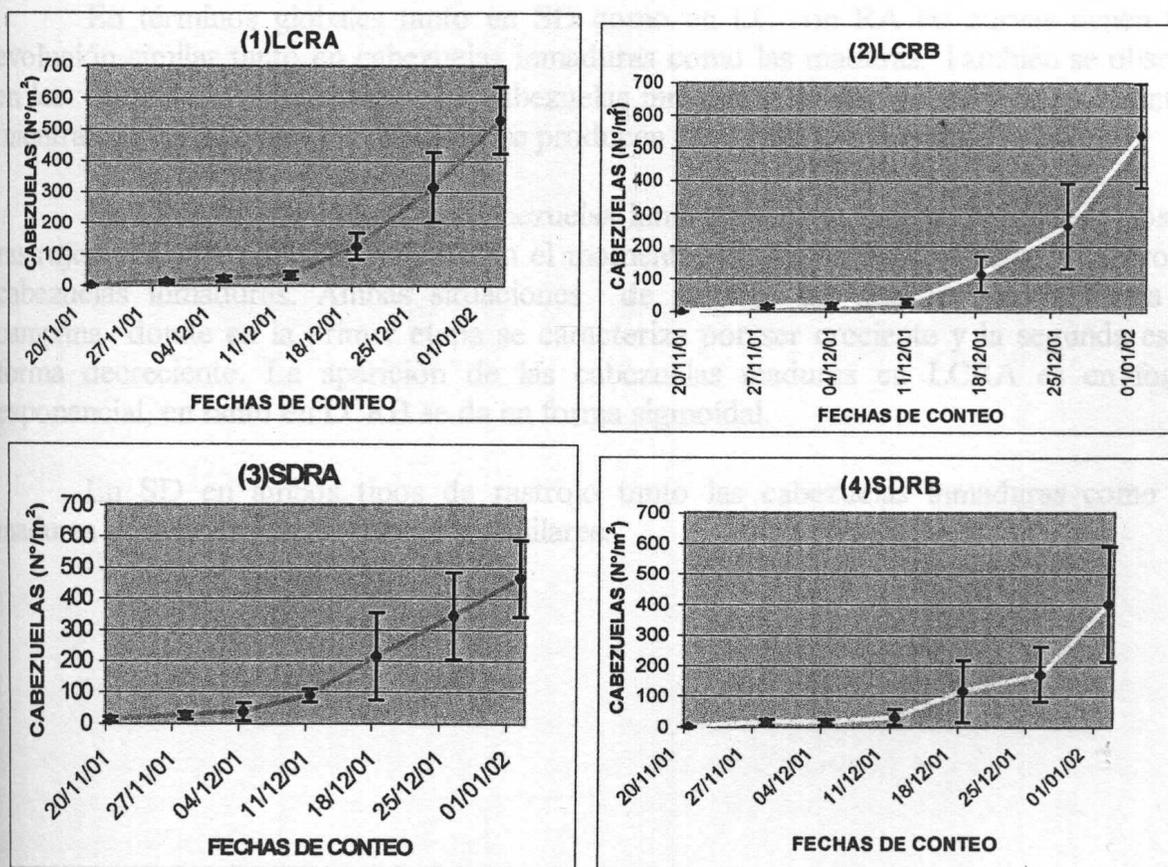


Figura 35: Evolución del número de cabezuelas/m<sup>2</sup> para cuatro situaciones (1-4).

La evolución en LC es similar para ambos tipos de rastrojos llegando al 2/01 con un máximo 530 cabezuelas inmaduras/m<sup>2</sup>. Sin embargo en SD la evolución de aparición de cabezuelas en RB es más gradual que en RA pero se logra un número final algo similar.

En el tipo de RB en el mes de enero logró una variación aproximada de 400 cabezuelas/m<sup>2</sup> en el sistema de SD, en tanto en LC de 300 cabezuelas/m<sup>2</sup>. Las mayores variaciones a medida que se incrementa el valor medio era esperable por ser propio de la especie. En general al igual que en la especie anterior se registran altas variabilidades en los datos, característica propia de las leguminosas y al que se agrega el error de muestreo.

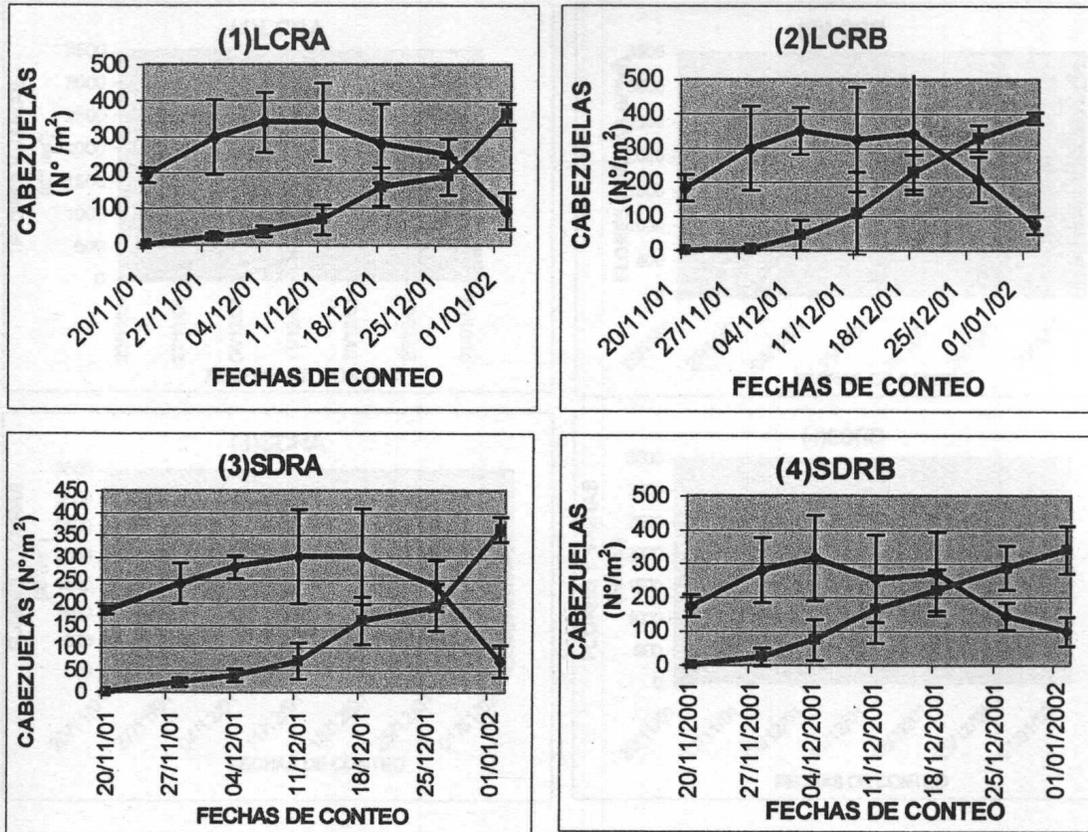
#### 4.4.3 Trébol blanco

En las figura 36 de 1-4 se puede apreciar la evolución de las cabezuelas inmaduras y maduras en las cuatro situaciones para trébol blanco.

En términos globales tanto en SD como en LC con RA las curvas tienen una evolución similar tanto en cabezuelas inmaduras como las maduras. También se observa en las figuras que los máximos en cabezuelas inmaduras se dan en momentos distintos, mientras en las maduras los máximos se producen en el mismo momento.

En LC la evolución de las cabezuelas inmaduras es la misma en ambos tipos de rastrojos con una pequeña variante en el momento al que se llega al mayor número de cabezuelas inmaduras. Ambas situaciones de rastrojo las gráficas tienen forma de campana donde en la primer etapa se caracteriza por ser creciente y la segunda es de forma decreciente. La aparición de las cabezuelas maduras en LCRA es en forma exponencial, en tanto en LCRB se da en forma sigmoïdal.

En SD en ambos tipos de rastrojo tanto las cabezuelas inmaduras como las maduras presentan valores máximos similares.



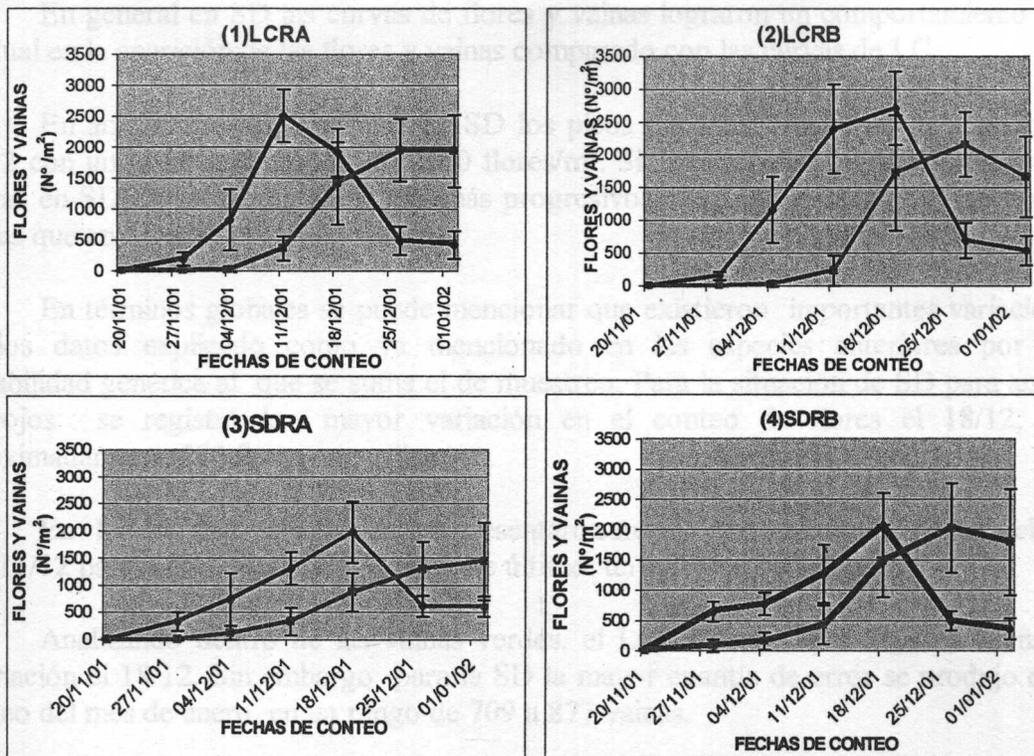
Referencias: cabezuelas inmaduras: azul; cabezuelas maduras: rosado.

Figura 36: Evolución del número de cabezuelas/m<sup>2</sup> para cuatro situaciones (1-4).

En las cabezuelas inmaduras se puede visualizar una mayor variación en los valores determinados comparado con las cabezuelas maduras la que se explica por el tipo de fecundación de la especie y sumado el error de muestreo. En las cabezuelas inmaduras con excepción de la situación SDRB las mayores variaciones se registraron el 18/12. Los máximos registros de cuantía de error se produjeron en la situación de LCRB alcanzando un valor de 179 cabezuelas/m<sup>2</sup>. Analizando dentro de las cabezuelas maduras, la mayor variación fue para RB el 11/12. En cambio en el RA importantes errores de muestreo se registraron el 18/12.

#### 4.4.4 Lotus

En el período del 20/11/01 hasta el 2/01/02 se cuantificaron las flores amarillas y vainas verdes en Lotus, visualizándose en la figura 37 para cada situación las curvas de floración y de vainas verdes.



Referencias: flores amarillas :azul; vainas verdes: rosado.

Figura 37: Evolución del número de flores y vainas/m<sup>2</sup> para cuatro situaciones (1-4).

Se determinó en general para las cuatro situaciones un similar comportamiento en la evolución de las curvas de flores y vainas. Sin embargo se aprecian algunas variantes leves en las fechas de los picos máximos y en el grado de las pendientes de las curvas.

En la figura 37 (1) para LCRA se puede apreciar aumentos crecientes en forma exponencial de flores amarillas llegando a un pico máximo el 11/12 con 2500 flores/m<sup>2</sup> y decreciendo posteriormente. Estas disminuciones son consecuencia de la transformación en vainas verdes, donde las mismas presentan en general una evolución decreciente en el periodo. La mayor pendiente se registró en el período del 11/12 al 25/12 para posteriormente estabilizarse con 2000 vainas verdes/m<sup>2</sup> aproximadamente.

En la figura 37 (2) con LCRB el pico máximo de flores se produce 7 días más tarde que en LCRA con similar número. Otra diferencia con RA es la pendiente de la curva de flores que en este caso presenta una evolución no tan acelerada en la aparición de flores.

En general en SD las curvas de flores y vainas lograron un comportamiento más gradual en la aparición de las flores y vainas comparado con las curvas de LC.

En ambos tipos de rastros en SD los picos máximos de flores se alcanzan el 18/12 con un valor aproximado de 2000 flores/m<sup>2</sup>. Sin embargo en las vainas verdes las curvas en SDRA presentan aumentos más progresivos llegando a un número menor de vainas que en SDRB.

En términos globales se puede mencionar que existieron importantes variaciones de los datos explicado como ya mencionado en las especies anteriores por una variabilidad genética al que se suma el de muestreo. Para la situación de SD para ambos rastros se registró la mayor variación en el conteo de flores el 18/12, con aproximadamente 550 flores amarillas.

En LC los datos determinados presentaron mayor desviación el 4/12 para el RA y el 11/12 para el RB, alcanzando para este último un valor de 683 flores.

Analizando dentro de las vainas verdes, el LCRB es el que registró la mayor desviación el 18/12. Sin embargo para la SD la mayor cuantía de error se produjo en el conteo del mes de enero, en un rango de 709 a 877 vainas.

#### 4.4.5 Consideraciones generales

Como consideraciones finales en la evolución de la floración de todas las especies podemos mencionar en general que para trébol Calipso la evolución de las cabezuelas en el tiempo se dio en forma sigmoideal a excepción del LCRB. Esto implica una etapa inicial de lento crecimiento, seguido por una etapa de activa floración, estabilizándose en la etapa final el 25/12 llegando a similares máximos. Para el trébol rojo la evolución tiende a mostrar forma exponencial y no se pudo determinar el máximo de cabezuelas en el período considerado. Sin embargo se aprecia una velocidad de floración mas acelerada en SDRA que en SDRB.

En trébol blanco y Lotus en cambio las curvas de cabezuelas inmaduras y flores amarillas respectivamente tienen una evolución de forma campana. Es decir en la primer etapa los valores aumentaban en forma creciente hasta un máximo y luego continúan en forma decreciente. En trébol blanco existieron diferencias en las fechas en que se producen los máximos en LC para cabezuelas inmaduras. En Lotus en tanto en LCRA las flores logran antes el máximo que las demás situaciones. En ambas especies en general tanto las cabezuelas maduras como las vainas verdes presentaron una evolución sigmoideal.

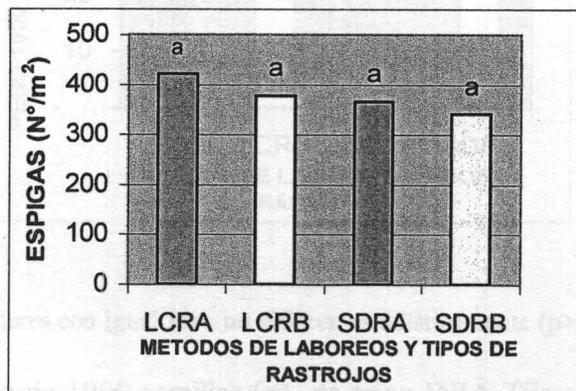
## 4.5 COSECHA

### 4.5.1 Trigo INIA Tijereta

#### 4.5.1.1 Componentes del rendimiento

El trigo INIA Tijereta se cosechó el 10/12/01 manualmente, dentro de los componentes del rendimiento se determinaron número de espigas/m<sup>2</sup> y peso de 1000 semillas.

El análisis de varianza para la variable número de espigas/m<sup>2</sup> no presentó efectos significativos para laboreos, rastros y laboreos\*rastros (Figura 38).



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

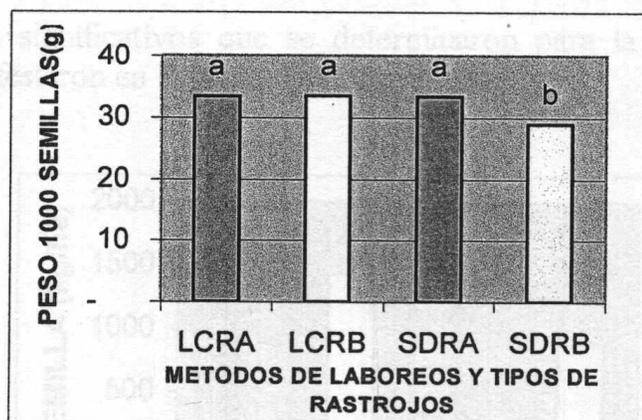
Figura 38: Número de espigas/m<sup>2</sup> de trigo INIA Tijereta en LC y SD en dos tipos de rastros.

El número de espigas/m<sup>2</sup> que se logró para las cuatro situaciones varió en un rango de 342 a 422 espigas/m<sup>2</sup>, con una tendencia decreciente desde LCRA a SDRB (Figura 38). La indiferencia a los métodos de laboreos en la variable número de espigas/m<sup>2</sup> coincide con lo que mencionan Olarán y Piñeyrúa (1996).

El análisis de varianza para la variable peso de 1000 semillas presentó efectos significativos para laboreos ( $p < 0.0355$ ), rastros ( $p < 0.0417$ ) y laboreos\*rastros ( $p < 0.0385$ ).

El método de laboreo en el trigo INIA Tijereta permitió lograr 33.5 y 31.3 g cada 1000 semillas en LC y SD respectivamente ( $p < 0.05$ ). Esto no concuerda con lo reportado por Olarán y Piñeyrúa (1996), quienes no determinaron diferencias entre métodos de laboreos en el peso de 1000 semillas de trigo.

Analizando el efecto del tipo de rastrojo, se determinó que el RA produjo en promedio 7% más peso de 1000 semillas que el RB ( $p < 0.05$ ). Explicando estas diferencias por posibles efectos positivos que mencionan varios autores en varias características físico-químicas (Olarán y Piñeyrúa, 1996; Morón, 2001; Marelli, 2001; Marchesi, 1999; Bradley, 1997, Calegari, 1997) y biológicas (Morón, 2001; Pitelli, 1995; Colozzi, 1997) que provocan las mayores coberturas de residuos en los suelos, traduciéndose por lo tanto a favor de la planta.



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 39: Peso de 1000 semillas (g) de trigo INIA Tijereta en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

Como se visualiza en la figura 39 la interacción laboreos\*rastrojos estaría explicada por la indiferencia del LC hacia los tipos de rastrojos frente al efecto significativo del tipo de rastrojo en SD. La diferencia entre rastrojos en SD alcanzó un 15% a favor del RA. La mayor sensibilidad a las cantidades de rastrojos en SD para trigo evidencia su importancia específicamente en estos sistemas, aunque esto no se ve reflejado en la producción de semilla.

#### 4.5.1.2 Producción de semilla

El análisis de varianza para producción de semilla no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

Estos resultados no concuerdan con Magrini (1983), Ferrari (1997) y Olarán y Piñeyrúa (1996), quienes reportan inferiores rendimientos de trigo con SD. Además con Fontanetto (2001) quien determinó diferencias entre métodos de laboreos, a favor de SD en trigo.

En cebada para Bologna y Rincón (1997) en SD la presencia o no de rastrojo no afectó sus rendimientos, lo que concuerda con los resultados obtenidos en trigo en este ensayo.

La producción media de semilla para las cuatro situaciones (Figura 40) fue 1288 kg/ha, este resultado respondió a que el trigo INIA Tijereta fue afectado severamente por Fusarium, lo que en definitiva no permitió expresar su potencial de producción.

Los efectos significativos que se determinaron para la variable peso de 1000 semillas no se manifestaron en la producción de semillas.

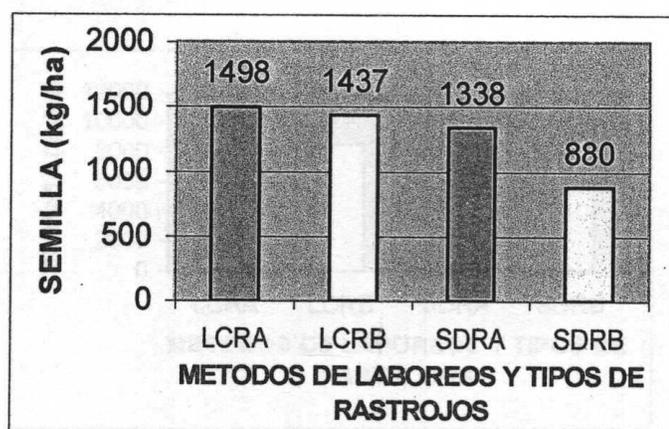


Figura 40: Producción de semilla (kg/ha) de trigo INIA Tijereta en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

Es importante destacar desde el punto de vista agronómico que en RB la diferencia ( $p > 0.05$ ) entre métodos de laboreos alcanzó 557 kg/ha de semilla, a favor de LC. Dentro del sistema de SD las diferencias fueron más evidentes ( $p > 0.05$ ) entre los tipos de rastrojos que en LC, logrando 458 kg/ha a favor de RA (Figura 40).

La similitud estadística entre métodos de laboreos en la producción de semilla de trigo coincide con Ernst y Siri (1997) quienes tampoco registraron diferencias tanto en producción de semilla como en los componentes del rendimiento. A su vez Causarano (1995) luego de 4 años en SD no cita diferencias significativas del rendimiento de trigo con respecto al LC.

En chacras con buena fertilidad natural como fue el caso de este ensayo Ernst y Ritorni (1984) y Vallo y Zarauz (1987) mencionan que no se esperan diferencias en el rendimiento del trigo debido al rastrojo. Por otra parte las dificultades mayores con altas cantidades de rastrojo de sorgo en LC respecto a SD que menciona García (1998) no se

pudieron observar en estos resultados. Más bien en SD las mayores cantidades de rastrojo presentan una tendencia a obtener menores rendimientos.

#### 4.5.1.3 Producción de biomasa

El análisis de varianza para producción de biomasa a cosecha no presentó efectos significativo para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

En la figura 41 se visualiza tendencialmente menores producciones de biomasa en RB en ambos métodos de laboreos. Aunque las diferencias no son significativas entre los tipos de rastrojos, en LC alcanzan 1560 kg/ha (18%) y en el sistema de SD se diferenció en 1126 kg/ha (12%) a favor de RA entre ambos métodos.

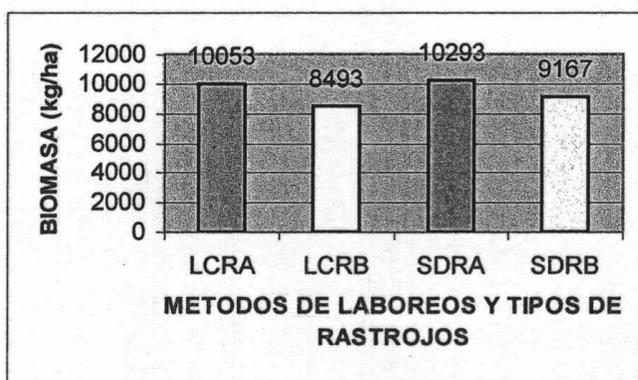


Figura 41: Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de trigo INIA Tijereta en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

El mejor índice de cosecha que obtuvo LCRB con 0.17 se atribuye a sus importantes producciones de semilla, y tendencia a no incrementar sus producciones de forraje. En cambio SDRB tendió a lograr el menor índice de cosecha (0.09) consecuencia en su mayor parte de sus menores ( $p > 0.05$ ) rendimientos en semilla.

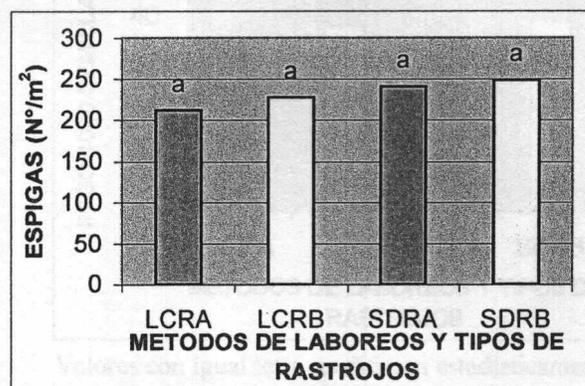
#### 4.5.2 Trigo LE 2265

##### 4.5.2.1 Componentes del rendimiento

El trigo LE 2265 fue cosechado el 5/12/01 manualmente y se determinó el número de espigas/m<sup>2</sup> y el peso de 1000 semillas como componente del rendimiento.

El análisis de varianza para la variable número de espigas no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

En la figura 42 se visualizan el número de espigas/m<sup>2</sup>, con valores menores a los obtenidos para trigo INIA tijeleta.



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 42: Número de espigas/m<sup>2</sup> de trigo LE2265 en SD y LC en dos tipos de rastrojos.

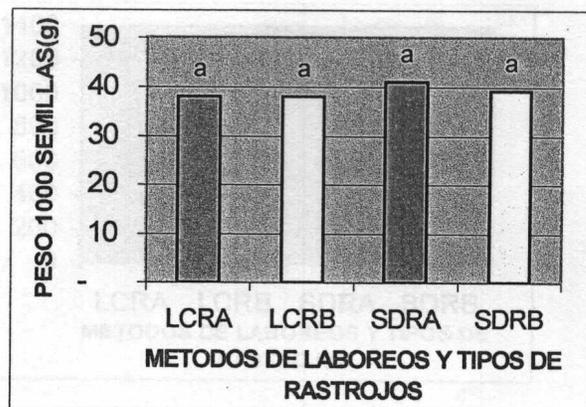
Entre las cuatro situaciones se registraron desde 212 a 245 espigas/m<sup>2</sup>. Si bien no se presentaron diferencias significativas, en la figura 42 se puede apreciar que tanto en SD como en LC el número de espigas tendió a ser superior en RB. Además, sin considerar el tipo de rastrojo el sistema de SD tendió a lograr mayor número de espigas/m<sup>2</sup> que LC.

El análisis de varianza para la variable peso de 1000 semillas no presentó efecto significativo para rastrojos y la interacción laboreos\*rastrojos. El efecto laboreos fue no significativo por escaso margen ( $p < 0.0592$ ), a pesar de lo cual se realizarán comentarios sobre el mismo.

El peso de 1000 semillas medio que se logró en LC fue 38 g y para SD se registró 40 g. La diferencia entre métodos fue 6% a favor del sistema de SD.

Aunque no existió efecto significativo de la interacción laboreos\* rastrojos se puede apreciar en la figura 43 una tendencia a lograr mayores pesos de 1000 semillas en SDRA. Estas tendencias en el peso de 1000 semilla se correspondieron en parte al comportamiento en producción de semilla, específicamente la situación SDRA.

El peso medio de 1000 semillas de las cuatro situaciones evaluadas registrado fue 39 g.



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 43: Peso de 1000 semillas (g) de trigo LE2265 en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

#### 4.5.2.2 Producción de semilla

El análisis de varianza para producción de semilla no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

Asimismo Vallo y Zarauz (1987) y Triñanes y Uriarte (1984) concuerdan con la ausencia de limitantes importantes en trigo sobre rastrojo de sorgo. En la figura 43 puede apreciarse que el sistema de SDRA presentó la tendencia ( $p > 0.05$ ) a registrar la mayor producción de semilla. Esta tendencia se podría atribuir a las diferencias significativas entre métodos de laboreos, a favor de SD, en la variable peso de 1000 semillas.

En LC la ausencia de respuesta a las cantidades de rastrojo no concuerda con los resultados de Bouza y Galluzo (1986) quienes obtuvieron una diferencia de 360 kg/ha de trigo entre un remanente de rastrojo de sorgo de 2000 kg/ha y 4000 kg/ha.

Como se aprecia en la figura 44 las magnitudes de respuestas al tipo de rastrojo tienden a ser más acentuadas en SD, puesto que en este sistema las diferencias entre RA y RB alcanzan los 90 kg/ha. En cuanto a la comparación entre los métodos de laboreos, estos diferenciaron ( $p > 0.05$ ) en un 6% a favor de SD con respecto a LC.

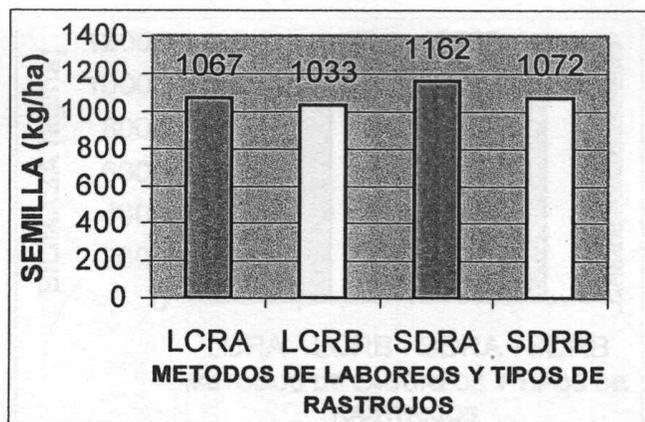


Figura 44: Producción de semilla (kg/ha) de trigo LE2265 en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

Estos resultados no concuerdan con Morón (2001), Capurro (1975), Magrini et al. (1983) quienes mencionan dificultades en obtener rendimientos en trigo sobre rastrojo de sorgo, debido a inmovilizaciones, alelopatías, entre otras cosas. Asimismo el rendimiento relativo de 59% de trigo sobre rastrojo de sorgo frente a un rastrojo de soja para Díaz y Baetghen, (1982) indican un efecto importante de los primeros en el rendimiento de trigo que no fue evidenciado en este ensayo.

#### 4.5.2.3 Producción de biomasa

El análisis de varianza para producción de biomasa a cosecha no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

En la figura 45 se visualiza que la situación SDRA es la que tiende a favorecer la producción de biomasa superando a LCRA en 2400 kg/ha (28%), la que registró tendencialmente menores resultados. Esto indica que las diferencias ( $p > 0.05$ ) mas claras se pueden evidenciar entre los métodos de laboreos y no tanto entre los tipos de rastrojos para esta especie.

Aunque se determinaron diferencias ( $p > 0.05$ ) en producción de forraje no se determinaron diferencias tan claras en producción de semilla, lo que se traduce en los resultados que expresa el índice de cosecha. En este sentido los valores obtenidos para las cuatro situaciones fueron similares y estuvieron en el entorno de 0.11 a 0.13.

Figura 46: Número de plantas/m<sup>2</sup> de Avena en LC y SD en dos tipos de rastrojos

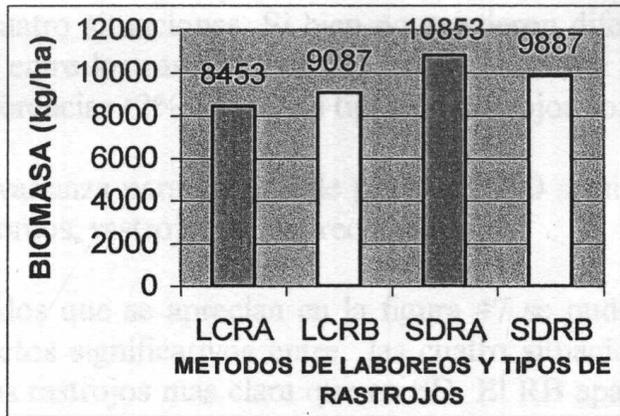


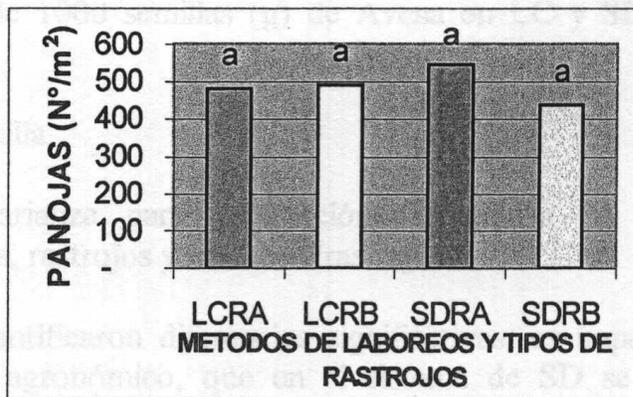
Figura 45: Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de trigo LE2265 en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

### 4.5.3 Avena

#### 4.5.3.1 Componentes del rendimiento

A la fecha de cosecha el 14/12/01 se determinó como componentes de rendimiento el número de panojas/m<sup>2</sup> y peso de 1000 semillas de Avena.

El análisis de varianza para la variable número de panojas/m<sup>2</sup> no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos. El número de panojas/m<sup>2</sup> contabilizadas se pueden visualizar en la figura 46 para las cuatro situaciones estudiadas.



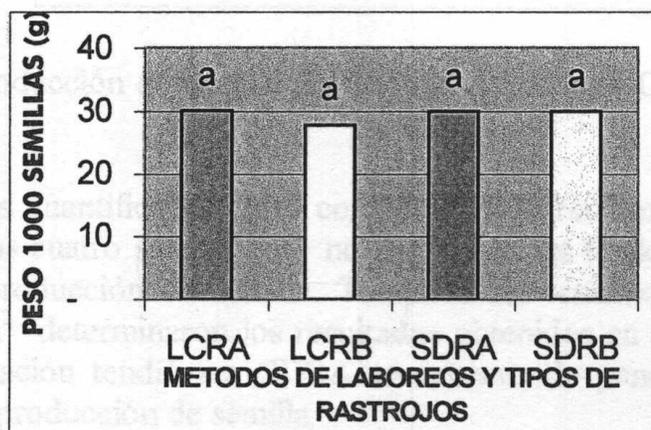
Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 46: Número de panojas/m<sup>2</sup> de Avena en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

En general el número de panojas en Avena se ubicó en un rango desde 439 a 546 panojas/m<sup>2</sup> para las cuatro situaciones. Si bien no existieron diferencias significativas se puede mencionar que entre los rastrojos en SD la diferencia fue del 24% a favor de RA. En tanto en LC las diferencias (2%) entre los tipos de rastrojos son poco relevantes.

El análisis de varianza para la variable peso de 1000 semillas no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

De los resultados que se aprecian en la figura 47 se pudo concluir que a pesar que no existieron efectos significativos entre las cuatro situaciones, en LC se registró una tendencia entre los rastrojos mas clara que en SD. El RB apareció como el ambiente que en LC afectó mas negativamente ( $p>0.05$ ) el peso de 1000 semillas comparado con el RA.



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p>0.05$ ).

Figura 47: Peso de 1000 semillas (g) de Avena en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

#### 4.5.3.2 Producción de semilla

El análisis de varianza para producción de semilla no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

Aunque no se cuantificaron diferencias significativas, es importante mencionar desde el punto de vista agronómico, que en el sistema de SD se pudo determinar diferencias de 410 kg/ha de semillas a favor de RB. En LC no se dieron diferencias tan importantes entre los tipos de rastrojos (Figura 48).

La producción de semilla de Avena Polaris determinada por Gómez (2000) en LC, 1917 kg/ha, fue inferior a los obtenidos en este experimento. Asimismo fue

inferior la producción de Avena 1095a citado por Arburuas de Lisa et al. (1999) en SD con pastoreo rotativo.

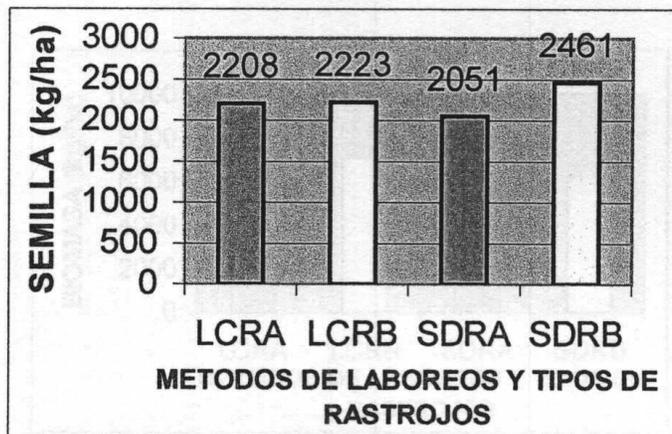


Figura 48: Producción de semilla (kg/ha) de Avena en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

Las tendencias cuantificadas en el componente de rendimiento como peso de 1000 semillas entre las cuatro situaciones, no explicaron las tendencias que se observan en la figura 48 en producción de semilla. Tampoco las tendencias en el componente número de panojas/m<sup>2</sup> determinaron los resultados obtenidos en producción de semilla, ya que la mejor situación tendió ser SDRA en número de panojas/m<sup>2</sup> siendo ésta la menor ( $p > 0.05$ ) para producción de semilla.

Los procesos de mineralización e inmovilización son importantes en el reciclaje de nutrientes en SD. Especialmente cuando la cobertura posee altas relaciones C/N según Fries (1997) se producen decrecimientos en la mineralización y aumentos en la inmovilización del nitrógeno en el suelo, lo que resulta en posibles deficiencias de éste nutriente repercutiendo en los rendimientos de los cultivos. Lo mencionado podría explicar el resultado en SDRA.

#### 4.5.3.3 Producción de biomasa

El análisis de varianza para producción de biomasa a cosecha no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

En la producción de biomasa se registraron diferencias ( $p > 0.05$ ) más notorias entre los tipos de rastrojos en el sistema de SD con respecto al LC, siendo dicha diferencia de 2140 kg/ha (34%) a favor de RA (Figura 49). Las tendencias determinadas en número de panojas/m<sup>2</sup> en que el SDRA fue la situación más favorable se corresponden a los resultados en producción de biomasa.

Los mejores resultados en índice de cosecha se lograron para la situación SDRB, con 0.4, en tanto en LCRB este valor fue de 0.3.

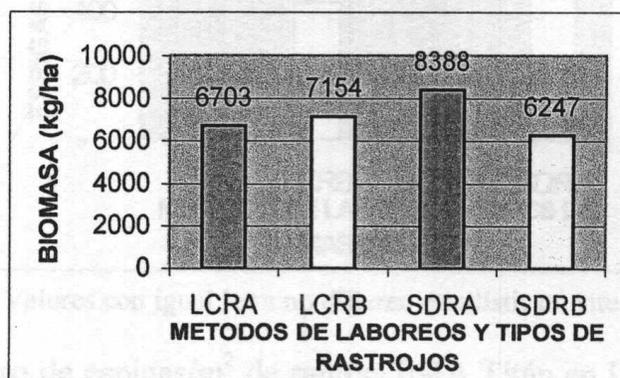


Figura 49: Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de Avena en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

#### 4.5.4 Raigrás INIA Titán

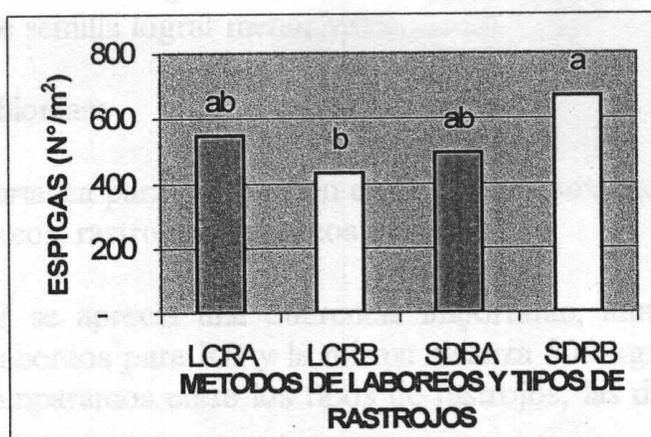
##### 4.5.4.1 Componentes del rendimiento

Para el raigrás INIA Titán solamente se determinó dentro de los componentes de rendimiento el número de espigas/m<sup>2</sup>. En esta especie las parcelas fueron cerradas tempranamente, el 23/08, y la cosecha se realizó el 14/12.

El análisis de varianza para número de espigas/m<sup>2</sup> no presentó efectos significativos para laboreos y rastrojos. A su vez la interacción especies\*laboreos fue no significativa por escaso margen ( $p < 0.0631$ ), a pesar de lo cual se realizarán comentarios sobre la misma.

La interacción dada en la figura 50 indica que en cada método de laboreo existe un comportamiento diferencial frente al tipo de rastrojo. Para LC el ambiente favorable para la variable número de espigas es retirar el rastrojo del suelo. En tanto en SD raigrás INIA Titán se comporta mejor con mayores cantidades de rastrojos sobre el suelo.

La diferencia ( $p < 0.05$ ) entre los métodos de laboreos en RB alcanzó 236 espigas/m<sup>2</sup> (55%) a favor de SD. Analizando entre los rastrojos, en RB tiende a comportarse mejor el sistema de SD, en cambio en RA el LC tiende a obtener mejores resultados en esta variable (Figura 50).



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 50: Número de espigas/m<sup>2</sup> de raigrás INIA Titán en LC y SD en dos tipos de rastrosjos.

#### 4.5.4.2 Producción de semilla

El análisis de varianza para producción de semilla no presentó efectos significativos para laboreos, rastrosjos y laboreos\*rastrosjos.

En la figura 51 no se observan importantes tendencias en las producciones de semilla para las cuatro situaciones, registrando valores entre 946 y 1063 kg/ha.

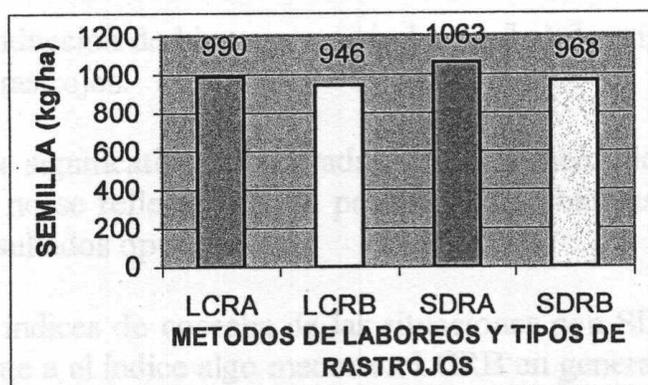


Figura 51: Producción de semilla (kg/ha) de raigrás INIA Titán en LC y SD en dos tipos de rastrosjos.

De los resultados obtenidos se puede afirmar que en raigrás INIA Titán el rendimiento en semilla no se explica por el componente número de espigas/m<sup>2</sup>, puesto que las diferencias significativas en ésta última variable no se reflejaron en la

producción de semilla. Sin embargo en LCRB el menor número de espigas ( $p < 0.05$ ) tendió en producción de semilla lograr menor valor.

#### 4.5.4.3 Producción de biomasa

El análisis de varianza para producción de biomasa a cosecha no presentó efectos significativos para laboreos, rastros y laboreos\*rastros.

En la figura 52 se aprecia una diferencia importante, aunque no significativa, entre los métodos de laboreos para RB y la misma alcanza 509 kg/ha (10%) a favor de LC. Sin embargo si comparamos entre los tipos de rastros, las diferencias no son tan marcadas.

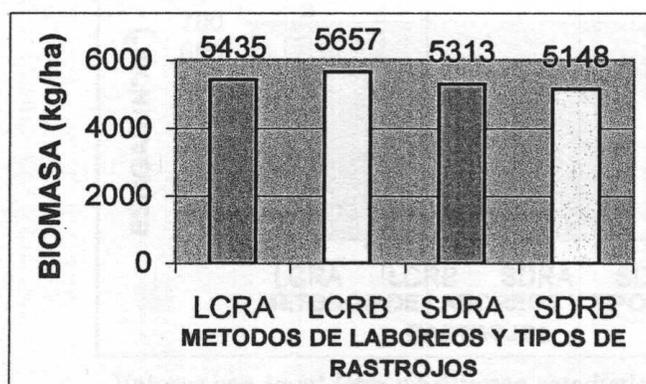


Figura 52: Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de raigrás INIA Titán en LC y SD en dos tipos de rastros.

Las diferencias significativas observadas en el número de espigas/m<sup>2</sup> entre los métodos para el RB no se reflejaron en la producción de biomasa a cosecha, es decir, más bien se dieron resultados opuestos.

Los similares índices de cosecha de las situaciones con SD y LCRA con valores alrededor de 0.2, frente a el índice algo menor en LCRB en general podría indicar que en la última las importantes producciones de biomasa mermaron éste indicador. Puesto que en las producciones de semilla no se registraron diferencias importantes.

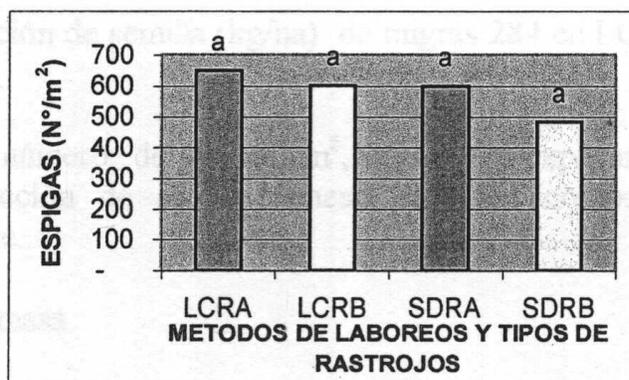
#### 4.5.5 Raigrás 284

##### 4.5.5.1 Componentes del rendimiento

A la fecha de cosecha el 27/11/01 realizada manualmente en raigrás 284 únicamente se evaluó dentro de los componentes del rendimiento el número de espigas/m<sup>2</sup>.

El análisis de varianza para número de espigas/m<sup>2</sup> no presentó efectos significativos para laboreos, rastros y laboreos\*rastros.

En general los datos variaron entre 482 y 651 espigas/m<sup>2</sup>, en los cuales tendencialmente el RB en ambos métodos obtuvo menores valores (Figura 53). Sin embargo en el sistema de SD los números de espigas tienden a presentar diferencias más notorias entre los tipos de rastros que en LC. En tal sentido en SD el RA presenta una superioridad del 24 % frente al RB, diferencia no significativa.



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 53: Número de espigas/m<sup>2</sup> de raigrás 284 en LC y SD en dos tipos de rastros.

#### 4.5.5.2 Producción de semilla

El análisis de varianza para la producción de semilla no presentó efectos significativos para laboreos, rastros y laboreos\*rastros.

La producción media de semilla por hectárea alcanzada fue de 938 kg/ha. Este rendimiento fue superior a los reportados en una encuesta nacional por García et al. (1991), quienes citan una media de 556 kg/ha de semilla limpia. Estas diferencias pueden atribuirse a métodos de cosecha diferenciales en la comparación, ya que es un detalle importante en determinar el rendimiento final.

Como se puede apreciar en la figura 54 a pesar de no visualizar diferencias significativas entre rastros existió una tendencia a favor del LCRB en un 17 % con respecto a LCRA. En el sistema de SD se da una tendencia opuesta, y a su vez de menor magnitud.

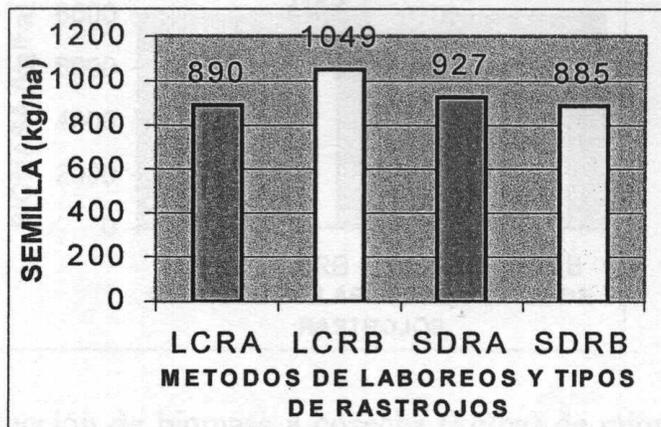


Figura 54: Producción de semilla (kg/ha) de raigrás 284 en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

Con relación al número de espigas/m<sup>2</sup>, éstas no explicaron las tendencias observadas en la producción de semilla, puesto que los comportamientos no se corresponden en gran parte.

#### 4.5.5.3 Producción de biomasa

El análisis de varianza para la producción de biomasa a cosecha no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

Al igual que en las variables ya analizadas para esta especie la producción de forraje no es afectada estadísticamente por los tratamientos. Sin embargo se puede observar en la figura 55 que los métodos presentan tendencias diferenciales frente a los tipos de rastrojos. Es decir, para LC el RA tendió presentar mayores producciones de biomasa, en cambio en SD fue el RB. A su vez es importante mencionar que las diferencias ( $p > 0.05$ ) mayores se dieron entre los métodos de laboreos en especial con RB, cuantificando 1562 kg/ha de diferencia a favor de LC.

En esta especie las tendencias observadas en producción de semilla presentan similar comportamiento que en producción de biomasa, es decir, el mejor resultado en LCRB en producción de semilla también lo fue para producción de biomasa (Figura 54 y 55).

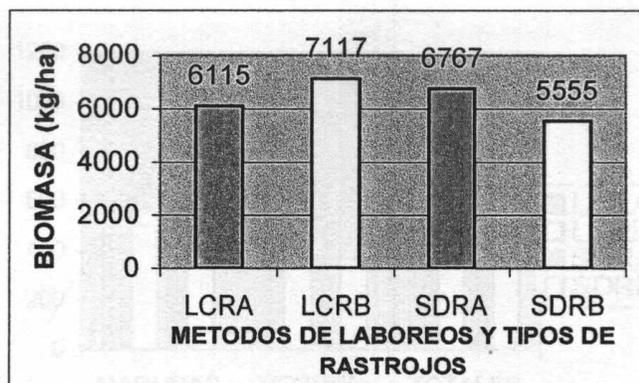


Figura 55: Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de raigrás 284 en LC y SD en dos rastrojos.

En las situaciones LCRB y SDRA que permitieron obtener las tendencias más favorables en producción de biomasa fueron en cambio las que marcaron un índice de cosecha menor ( $p > 0.05$ ), 0.14 y 0.13 respectivamente. A pesar que las producciones de semilla tendieron ser superior en estas situaciones, pero no lograron compensar. Las otras dos situaciones en cambio lograron un índice de cosecha de 0.16.

#### 4.5.6 Calipso

##### 4.5.6.1 Componentes del rendimiento

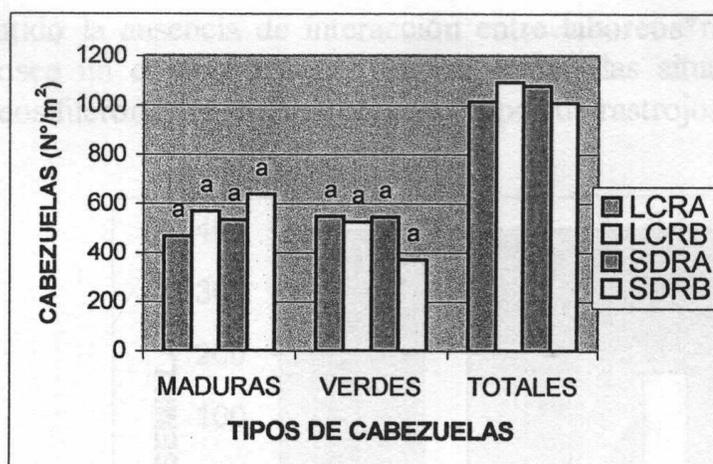
La cosecha de trébol Calipso se efectuó el 10/01/02 de forma manual, donde los componentes del rendimiento cuantificados fueron cabezuelas maduras y verdes.

El análisis de la varianza para las variables cabezuelas maduras y verdes no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

Se cuantificó una tendencia a registrar mayor número de cabezuelas maduras en SDRB ( $p > 0.05$ ), en tanto, en las cabezuelas verdes esta situación tendió a registrar el menor número de cabezuelas (Figura 56).

Se contabilizaron un total de 1049 cabezuelas/m<sup>2</sup>, siendo la media de las cuatro situaciones, de las cuales 52 % correspondieron a cabezuelas maduras.

La velocidad de maduración de las cabezuelas presenta variantes en diferentes situaciones pero eso no implica que el número total de cabezuelas sea diferente entre las situaciones. Esto hace más importante la comparación de las cabezuelas totales en las cuatro situaciones y no las maduras y verdes.



Valores con igual letra dentro de cada cabezuela no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 56: Número de cabezuelas maduras, verdes y totales de trébol Calipso en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

Como se observa en la figura 56 en SDRB las cabezuelas tienden a madurar tempranamente sin embargo en número final de cabezuelas tiende a ser menor que las demás situaciones. Además en LC el RB y en SD el RA fueron las situaciones que tienden a lograr un número mayor de cabezuelas totales.

#### 4.5.6.2 Producción de semilla

El análisis de varianza para producción de semilla para laboreos fue no significativa por escaso margen ( $p < 0.0619$ ), a pesar de lo cual se realizarán comentarios sobre el mismo (Cuadro 30).

Cuadro 30: Producción de semilla (kg/ha) según métodos de laboreos.

Laboreo	Rendimiento (kg/ha)
LC	318
SD	182

Como se observa en el cuadro 30 el LC logró una superioridad ( $p > 0.05$ ) de 136 kg/ha en producción de semillas a los 190 días post-siembra, con respecto a SD. Este resultado fue posiblemente explicado por la tendencia registrada en las cabezuelas verdes a favor de LC.

El análisis de varianza para producción de semilla no presentó efectos significativos para rastrojos y laboreos\*rastrojos.

En tal sentido la ausencia de interacción entre laboreos\*rastrojos indicaría que trébol Calipso posee un comportamiento similar entre las situaciones, es decir, los métodos de laboreos fueron independientes de los tipos de rastrojos (Figura 57).

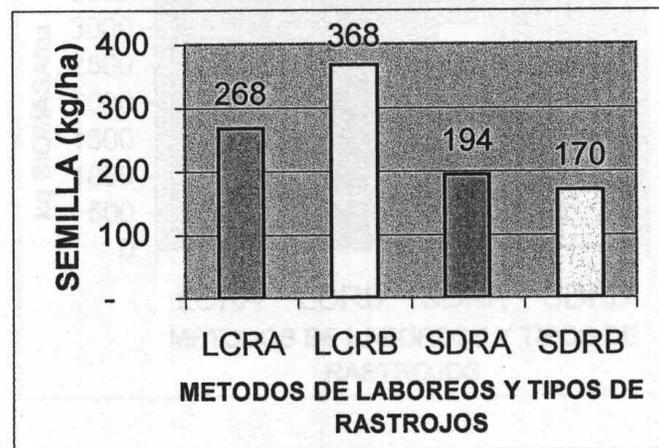


Figura 57: Producción de semilla (kg/ha) de trébol Calipso en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

#### 4.5.6.3 Producción de biomasa

El análisis de varianza para producción de biomasa a cosecha solamente presentó efecto significativo para rastrojos ( $p < 0.0334$ ).

Como se puede apreciar en el cuadro 31 el RA es estadísticamente superior con respecto al RB, la diferencia entre ambos rastrojos alcanza 672 kg/ha.

Cuadro 31: Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) según rastrojos.

Rastrojos	Biomasa (kg/ha)
RA	2961a
RB	2289 b

Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Aunque no se determinaron efectos significativos en la interacción laboreos\*rastrojos en la figura 58 se presentan las cuatro situaciones con sus producciones de biomasa correspondientes.

En términos generales, para ambos métodos de laboreos el RA tiende a favorecer la producción de biomasa. Además debemos agregar que no se puede apreciar una correspondencia de la producción de biomasa con la producción de semilla.

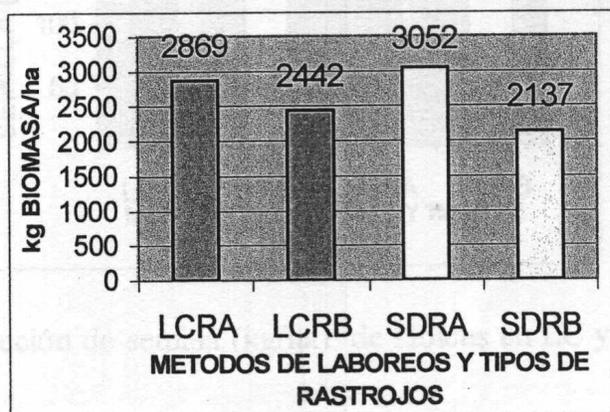


Figura 58: Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de trébol Calipso en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

El índice de cosecha mayor se determinó en la situación LCRB con un valor de 0.15, es decir de la producción total de biomasa la producción de semilla presenta una mayor proporción que en las otras situaciones. En la situación SDRA el índice de cosecha fue el menor siendo 0.063, indicando que las plantas particionaron los nutrientes más hacia la producción de forraje que en la de semilla.

#### 4.5.7 Holcus

##### 4.5.7.1 Producción de semilla

Las parcelas de Holcus fueron cerradas el 11-22/10/01 y pudieron ser cosechadas el 10/01/02. En esta especie no se determinaron los componentes del rendimiento, como tampoco la producción de biomasa.

El análisis de varianza para producción de semilla no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

En el sistema de SD como se visualiza en la figura 59, el RA tendió a deprimir los rendimientos de semilla en 61 kg/ha con respecto al RB.

En la situación de RA los métodos de laboreos se diferencian en 36% a favor de LC, no siendo estadísticamente significativo.

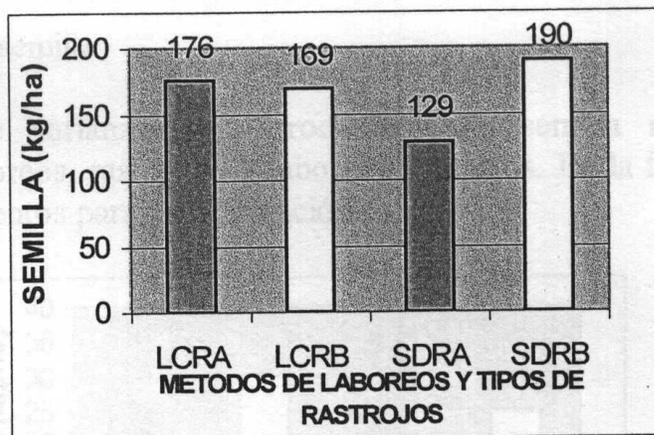


Figura 59: Producción de semilla (kg/ha) de Holcus en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

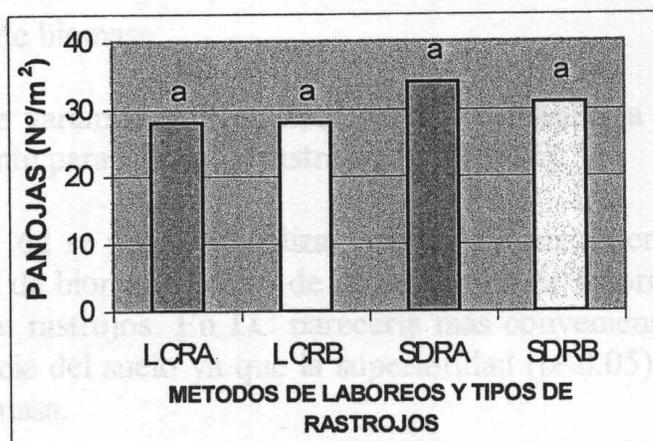
#### 4.5.8 Dactilis

##### 4.5.8.1 Componentes del rendimiento

La cosecha de dactilis se realizó el 7/01/02, donde se determinaron dentro de los componentes de rendimiento únicamente el número de panojas/m<sup>2</sup>.

El análisis de la varianza para la variable número de panojas/m<sup>2</sup> no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

El número de panojas/m<sup>2</sup> estuvo comprendido en un rango entre 28 a 34 panojas/m<sup>2</sup>. Con RA las diferencias entre los métodos de laboreos alcanzaron 21 %, a favor de SD ( $p > 0.05$ ) (Figura 60).



Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 60: Número de panojas/m<sup>2</sup> de dactilis en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

#### 4.5.8.2 Producción de semilla

El análisis de varianza para producción de semilla no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos. En la figura 61 sin embargo se detallan los rendimientos para cada situación.

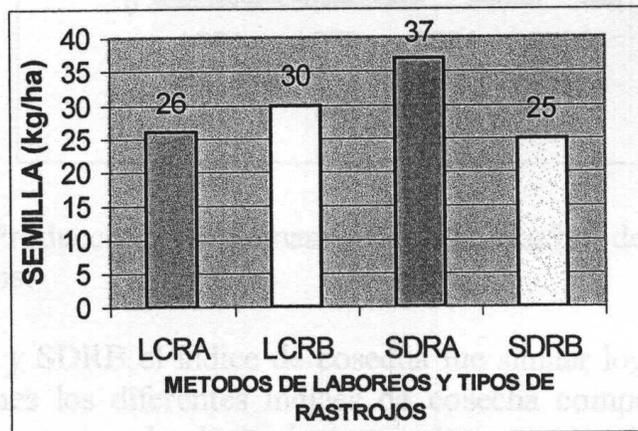


Figura 61: Producción de semilla (kg/ha) de dactilis en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

Relacionando la producción de semilla con el número de panojas se puede observar una leve correspondencia entre ellos. Sin embargo los resultados obtenidos tanto en número de panojas como en rendimiento de semillas, ambas variables con valores muy bajos reflejan el bajo potencial reproductivo que presenta esta especie en el año de siembra. Este aspecto se agrava en condiciones de siembra tardía, tal como la que se realizó en este experimento.

#### 4.5.8.3 Producción de biomasa

El análisis de varianza para producción de biomasa a la cosecha presentó efecto significativo solamente para laboreos\*rastrojos ( $p < 0.0486$ ).

En la figura 62 se puede visualizar que existió una interacción explicada debido a que la producción de biomasa dentro de cada método de laboreo no respondió de igual forma a los tipos de rastrojos. En LC parecería más conveniente el hecho de mantener RA sobre la superficie del suelo ya que la superioridad ( $p < 0.05$ ) de este sobre RB llega a 320 kg/ha de biomasa.

Sin embargo en SD el RB favorece la producción de biomasa a cosecha, siendo la diferencia entre ambos rastrojos 267 kg/ha ( $p < 0.05$ ).

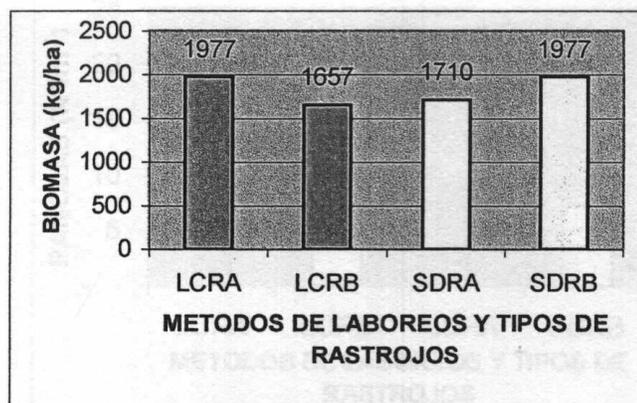


Figura 62: Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de dactilis en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

Para LCRA y SDRB el índice de cosecha fue similar logrando un valor de 0.01. En ambas situaciones los diferentes índices de cosecha comparado con las otras dos situaciones se explica porque la planta invierte más en producción de forraje y menos en semilla. Asimismo en LCRB y SDRA el índice entre las situaciones fue similar alcanzando un valor de 0.02.

#### 4.5.9 Festuca

##### 4.5.9.1 Componentes del rendimiento

Para Festuca la fecha de cierre fue entre el 11-22/10 y su cosecha se pudo realizar el 7/01/02, en el cual dentro de los componentes de rendimiento se contabilizó el número de panojas/m<sup>2</sup>.

El análisis de varianza para número de panojas/m<sup>2</sup> no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

En la figura 63 se reportan los números de panojas/m<sup>2</sup> en las cuatro situaciones consideradas. Las mismas variaron en un mínimo de 7 y un máximo de 20, reflejando claramente el muy bajo potencial que este material presenta en formar macollas reproductivas en el año de siembra. Esta característica en la medida que se atrasa la fecha de siembra es deprimida considerablemente.

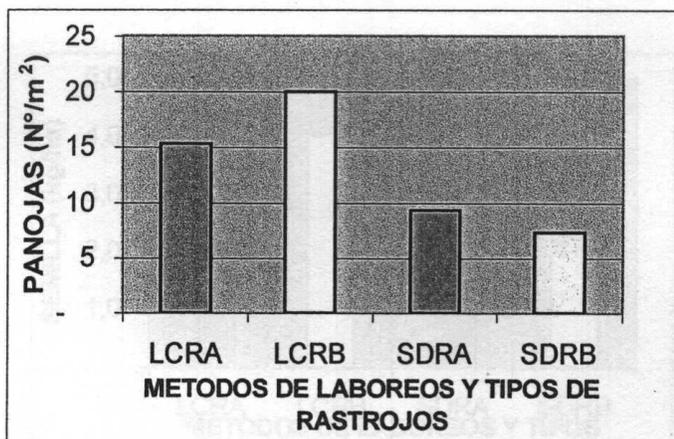


Figura 63: Número de panojas/m<sup>2</sup> de Festuca en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

#### 4.5.9.2. Producción de semilla

El análisis de varianza para producción de semilla presentó efecto significativo solamente para laboreos ( $p < 0.0476$ ).

En el cuadro 32 se presentan los rendimientos de semilla obtenidos los cuales agronómicamente a nivel comercial representan magnitudes despreciables.

Cuadro 32: Producción de semilla (kg/ha) según métodos de laboreos.

Laboreo	Rendimiento (kg/ha)
LC	3.4 a
SD	1.9 b

Valores con igual letra no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Los mismos traducen la muy baja capacidad de formación de estructuras reproductivas que esta especie presenta en el año de siembra y que se agrava con fechas de siembra tardía.

LCRA LCRB SDRA SDRB  
MÉTODOS DE LABOREOS Y TIPOS DE  
RASTROJOS

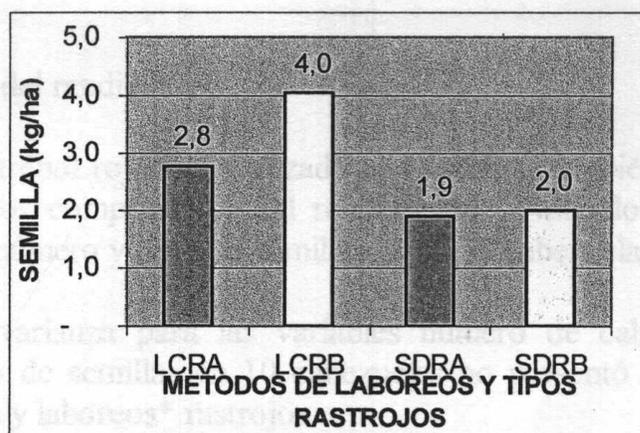


Figura 64: Producción de semilla (kg/ha) de Festuca en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

#### 4.5.9.3 Producción de biomasa

El análisis de varianza para producción de biomasa a cosecha no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

En la producción de biomasa aunque no se determinaron diferencias significativas entre las situaciones se verificaron ciertas tendencias. En SD las diferencias son más pronunciadas que en LC con los tipos de rastrojos. Se pudo cuantificar así en SD diferencias de 501 kg/ha de biomasa a favor de RA (Figura 65).

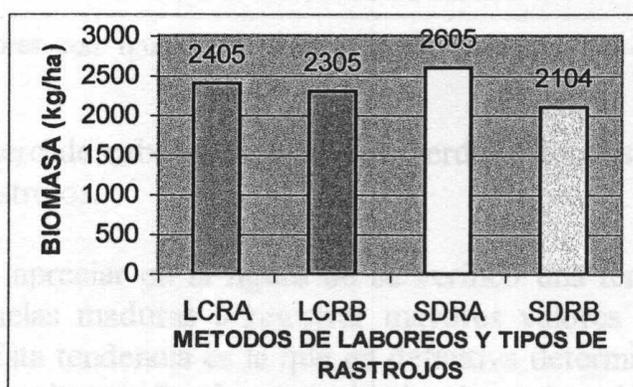


Figura 65: Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de Festuca en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

Los índices de cosecha que se registraron fueron en general muy bajos, como era esperable de las producciones de semilla obtenidas.

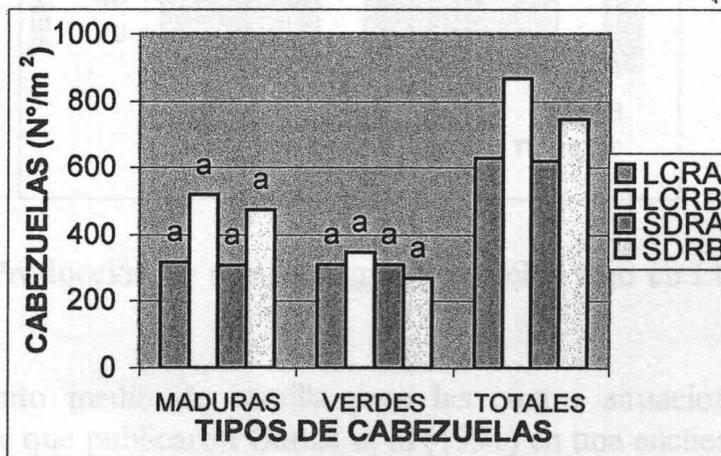
#### 4.5.10 Trébol rojo

##### 4.5.10.1 Componentes del rendimiento

La cosecha de trébol rojo fue realizada el 17/01/02, también de manera manual, pero en esta especie los componentes del rendimiento evaluados fueron cabezuelas verdes y maduras/m<sup>2</sup>, número y peso de semillas cada 10 cabezuelas.

El análisis de varianza para las variables número de cabezuelas maduras y verdes, número y peso de semillas en 10 cabezuelas no presentó efectos significativos para laboreos, rastros y laboreos\* rastros.

A los 197 días post-siembra el total de cabezuelas, media de las cuatro situaciones, fue de 714 cabezuelas/m<sup>2</sup> de las cuales 56% representaron cabezuelas maduras (Figura 66).



Valores con igual letra dentro cada cabezuela no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 66: Número de cabezuelas maduras, verdes y totales de trébol rojo en LC y SD en dos tipos de rastros.

Como se puede apreciar en la figura 66 se verificó una tendencia ( $p > 0.05$ ) más notoria en las cabezuelas maduras a registrar mayores valores en RB para ambos métodos de laboreos. Esta tendencia es la que en definitiva determina los resultados que se registraron en cabezuelas totales. Las velocidades de maduración diferenciales entre las situaciones probablemente originadas por diferencias en humedad del suelo, etc determina que para una detección más validera entre las situaciones se comparen los números de cabezuelas totales. En tanto el RB para ambos métodos en cabezuelas totales presenta una aparente tendencia a registrar los mejores resultados (Figura 66).

La producción de semillas cada 10 cabezuelas tendió a favorecerse ( $p>0.05$ ) con RA, siendo más acentuado en LC que en SD. Igual tendencia se pudo cuantificar para la variable peso de semillas cada 10 cabezuelas, lo que indicaría que el número no afectó negativamente al peso de semilla.

#### 4.5.10.2 Producción de semilla.

El análisis de varianza para producción de semilla no presentó efectos significativos para laboreos, rastros y laboreos\*rastros.

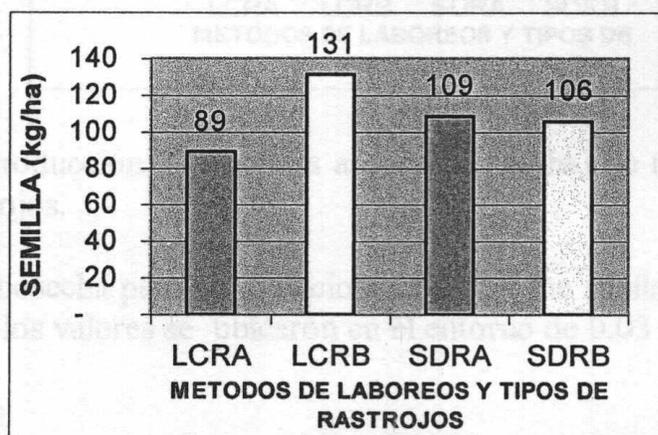


Figura 67: Producción de semilla (kg/ha) de trébol rojo en LC y SD en dos tipos de rastros.

El rendimiento medio de semilla para las cuatro situaciones fue 109 kg/ha, resultado superior al que publicaron García et al (1991) en una encuesta a productores de semillas forrajeras. En dicho trabajo citan rendimientos de semilla de trébol rojo de 95 kg/ha sembrado en invierno y de 107 kg/ha cuando fue instalado en forma pura.

#### 4.5.10.3 Producción de biomasa

El análisis de varianza para producción de biomasa a cosecha no presentó efectos significativos para laboreos, rastros y laboreos\*rastros.

En la figura 68 se puede visualizar que aunque no existieron diferencias significativas el tipo de rastrojo en LC marca diferencias de 725 kg/ha y en SD de 628 kg/ha, a favor de RA en ambos casos.

En general las diferencias entre los métodos de laboreos son más leves que las que se pueden apreciar entre los tipos de rastrojos.

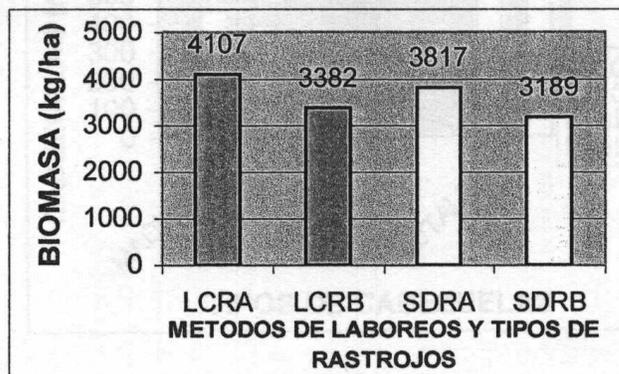


Figura 68: Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de trébol rojo en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

El índice de cosecha para las situaciones de RA fue similar con un valor de 0.02. En tanto para el RB los valores se ubicaron en el entorno de 0.03 a 0.04.

#### 4.5.11 Trébol blanco

##### 4.5.11.1 Componentes del rendimiento

El 4/01/02 se efectuó la contabilización de los componentes del rendimiento, cabezuelas maduras y verdes/m<sup>2</sup>.

El análisis de varianza para las variables números de cabezuelas verdes y maduras no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

Como se observa en la figura 69, existió una leve tendencia en registrar mayor número de cabezuelas maduras en LC. Esta tendencia también se observa en cabezuelas totales. Como ya fue mencionado en las demás leguminosas aunque las velocidades de maduración de cabezuelas pueden ser diferentes, eso no significa que en el número final de cabezuelas sean similares entre las situaciones. El sistema de SDRB tiende a presentar los menores números de cabezuelas totales.

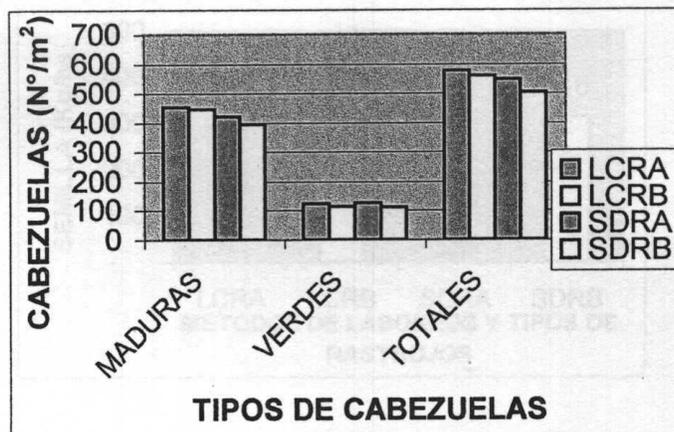


Figura 69: Número de cabezuelas maduras, verdes y totales de trébol blanco en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

Como se puede apreciar en la figura 69 a la fecha de cosecha, 184 días post-siembra, en promedio se contabilizó una media de 546 cabezuelas totales, de las cuales el 78% correspondió a cabezuelas maduras.

#### 4.5.11.2 Producción de semilla

El análisis de varianza para producción de semilla no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

El rendimiento medio de las cuatro situaciones en producción de semilla fue 368 kg/ha (Figura 70), resultado notoriamente superior al que publicaron García et al. (1991). Estos autores citan resultados de una encuesta a nivel nacional para trébol blanco de 35 kg/ha sembrado en invierno y cuando fue instalado puro de 119 kg/ha. El método de cosecha manual y el alto porcentaje de cabezuelas maduras posiblemente hayan influido en la superioridad de los resultados comparando con los obtenidos a nivel nacional.

La tendencia que se determinó en LCRA para las cabezuelas maduras se manifestó en una mayor ( $p > 0.05$ ) producción de semilla para esta situación.

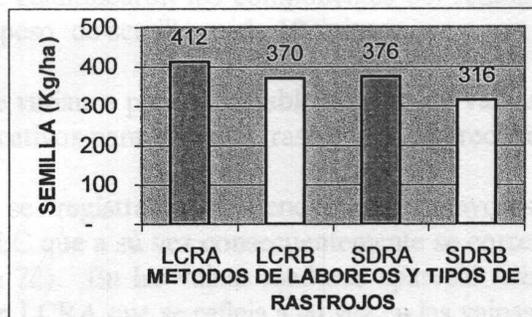


Figura 70: Producción de semilla (kg/ha) de trébol blanco en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

#### 4.5.11.3 Producción de biomasa

El análisis de varianza para producción de biomasa a cosecha no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

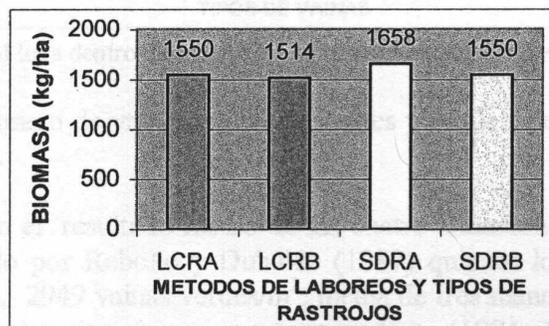


Figura 71: Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de trébol blanco en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

La diferencia entre la mejor situación que fue SDRA y la menor LCRB alcanza los 144 kg/ha. En términos globales el índice de cosecha no presentó grandes variantes entre las cuatro situaciones ubicándose en un rango entre 0.2 a 0.26, esto a pesar de que se observaron tendencias en producción de forraje.

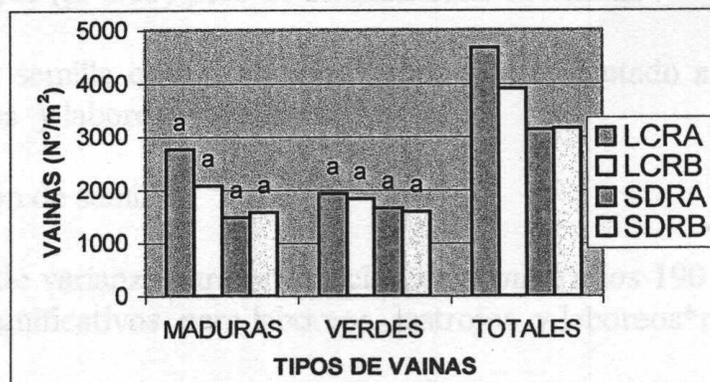
#### 4.5.12 Lotus

##### 4.5.12.1 Componentes del rendimiento

El 10/01/02 se cuantificaron los componentes del rendimiento, vainas verdes y maduras/m<sup>2</sup>, número y peso de semillas cada 10 vainas.

En el análisis de varianza para la variable número de vainas maduras y verdes no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

Sin embargo se registraron tendencialmente mayores números de vainas maduras y verdes con LC que a su vez consecuentemente se correspondió con el número total de vainas (Figura 72). En las vainas maduras apareció más clara la tendencia de lograr mayor número en LCRA que se refleja a su vez en las vainas totales.



Valores con igual letra dentro de cada vaina no difieren estadísticamente ( $p > 0.05$ ).

Figura 72: Número de vainas maduras, verdes y totales de Lotus en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

En este ensayo el resultado medio de las cuatro situaciones en vainas verdes fue inferior a lo reportado por Rebollo y Duhalde (1987) quienes lograron en LC, en una cosecha el 4 de enero, 2949 vainas verdes/m<sup>2</sup>, media de tres manejos de cortes. En tanto el promedio de las cuatro situaciones en vainas maduras (1974 n° vainas/m<sup>2</sup>) es inferior a de dichos autores quienes lograron al 4 de enero 1323 vainas maduras/m<sup>2</sup>.

El análisis de varianza para la variable número de semillas en 10 vainas el efecto laboreo fue no significativo por escaso margen ( $p < 0.0556$ ), y no fueron significativos los de rastrojos y laboreos\*rastrojos.

Figura 73: Producción de semilla (kg/ha) de Lotus en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

La diferencia ( $p > 0.05$ ) mayor se registró entre LCRA y SDRB alcanzando 200 kg/ha de semilla, a favor de LCRA. Como se puede apreciar en la figura 73, las diferencias en LC debido al rastrojo tienden a ser más claras que en el sistema de SD con

Cuadro 33: Número de semillas en 10 vainas según métodos de laboreos.

Laboreos	Nº semillas/ 10 vainas
LC	157
SD	125

Como se aprecia en el cuadro 33 el LC permitió obtener 26 % más ( $p>0.05$ ) de semillas en 10 vainas con respecto a la SD. Estos resultados superiores en LC no afectaron negativamente el peso individual de cada semilla, puesto que también LC tendió a lograr mayor ( $p>0.05$ ) peso de semillas cada 10 vainas.

El peso de semilla cada 10 vainas tampoco fue afectado significativamente por los efectos rastrojos y laboreos\* rastrojos.

#### 4.5.12.2 Producción de semilla

El análisis de varianza para producción de semilla a los 190 días post-siembra no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

En la figura 73 se pueden apreciar las producciones de semilla en las cuatro situaciones analizadas. La indiferencia del Lotus en la cosecha a los manejos de rastrojos y laboreos dejó evidente que las diferencias entre las situaciones se diluyeron en la cosecha.

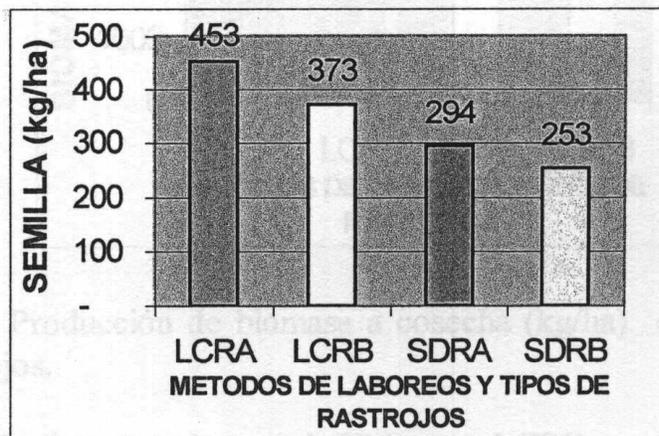


Figura 73: Producción de semilla (kg/ha) de Lotus en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

La diferencia ( $p>0.05$ ) mayor se registró entre LCRA y SDRB alcanzando 200 kg/ha de semilla, a favor de LCRA. Como se puede apreciar en la figura 73 las diferencias en LC debido al rastrojo tienden a ser más claras que en el sistema de SD con

diferencias 80 y 41 kg/ha respectivamente en ambos métodos de laboreos a favor de RA.

El rendimiento medio de producción de semilla para las cuatro situaciones fue 343 kg /ha, rendimiento superior a lo que logró Rebollo y Duhalde (1987) en Lotus para cuatro manejos de corte, obteniendo 292 kg /ha. También el rendimiento fue superior al reportado por García et al. (1991) a nivel nacional donde Lotus sembrado puro rindió 120 kg/ha promedio y cuando fue sembrado en invierno produjo 99 kg/ha. En tanto Berrutti y Grauert (1994) reportan rendimientos similares a este ensayo, de 334 kg/ha de Lotus en una cosecha sin cortar ni hiliarar.

#### 4.5.12.3 Producción de biomasa

El análisis de varianza para producción de biomasa no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

Aunque no se detectaron diferencias significativas agronómicamente es importante mencionar que la mejor situación SDRB se diferencia en 592 kg/ha con respecto a los sistemas con LC (Figura 74).

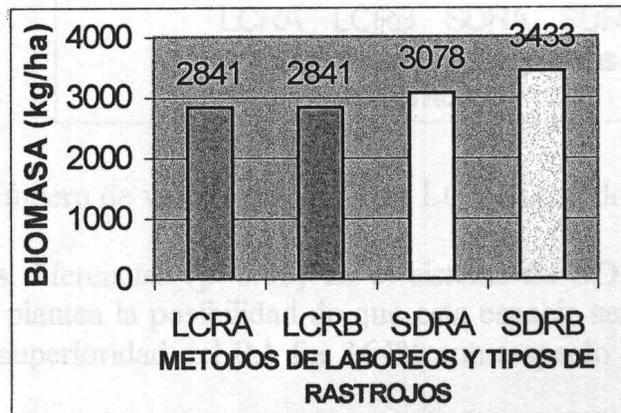


Figura 74: Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de Lotus en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

Comparando las situaciones LCRA con LCRB se puede decir que aunque producen igual biomasa el índice de cosecha de LCRA tiende a ser superior consecuencia de una mayor producción de semilla. En términos generales en SD para ambos rastrojos el índice de cosecha tendió a ser menor que en LC. Además la diferencia entre los rastrojos fue similar con respecto a lo mencionado para LC

#### 4.5.13 Alfalfa

#### 4.5.13.1 Producción de vainas

A la fecha de cosecha el 7/01/02 la alfalfa no se encontraba en etapa de madurez fisiológica adecuada para su cosecha, por lo que sólo se procedió a la recolección y determinación del número de vainas.

El análisis de varianza para la variable número de vainas no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

En la figura 75 se puede apreciar una clara tendencia ( $p > 0.05$ ) a lograr mayor producción de vainas a los 187 días post-siembra en la situación SDRA.

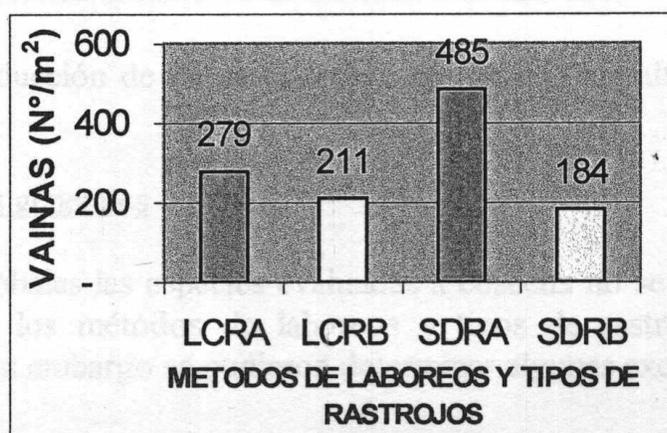


Figura 75: Número de vainas de alfalfa en LC y SD en dos tipos de rastrojos.

Las mayores diferencias ( $p > 0.05$ ) en el sistema de SD con el tipo de rastrojo comparado con LC plantea la posibilidad de que esta especie sea más sensible al tipo de rastrojo en SD. La superioridad del RA fue 164% con respecto al RB para el sistema de SD.

La producción media de vainas para las cuatro situaciones analizadas resultó en 290 vainas/m<sup>2</sup>.

#### 4.5.13.2 Producción de biomasa

El análisis de varianza para la producción de biomasa a cosecha no presentó efectos significativos para laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos.

Sin embargo en la figura 76 se visualiza una tendencia creciente en la producción de biomasa desde LCRA a SDRB con una diferencia entre ambas situaciones de 214 kg/ha. Tanto en SD como en LC el RB tiende favorecer la producción de biomasa a la

cosecha. Esta producción no presentó correspondencia con la cantidad de vainas recolectadas en esta especie.

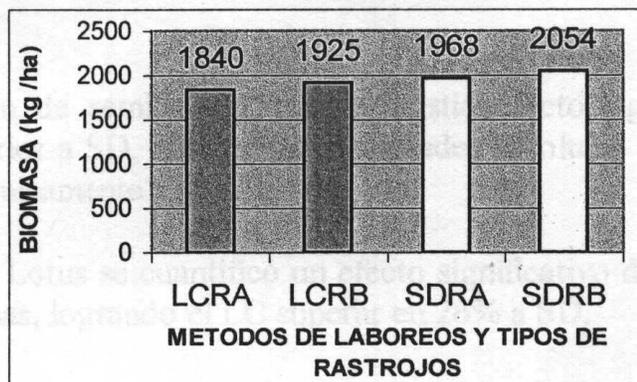


Figura 76: Producción de biomasa a cosecha (kg/ha) de alfalfa en LC y SD en dos tipos de rastros.

#### 4.5.14 Consideraciones generales

En términos globales las especies evaluadas a cosecha no se vieron influenciadas significativamente por los métodos de laboreos y tipos de rastros para todas las variables estudiadas. Sin embargo se pudieron determinar algunas excepciones.

En tal sentido en trigo INIA tizereta se registraron efectos significativos en laboreos, rastros y laboreos\*rastros para la variable peso de 1000 semillas. El LC y el tipo de RB permitieron lograr más peso de 1000 semillas. En cuanto a la interacción, ésta es consecuencia de que en el sistema de SD los rastros se diferenciaron en un 15%, a favor de RA. En cambio en LC no existió respuesta al tipo de rastrojo.

Para trigo LE 2265 en la misma variable anteriormente mencionada se determinó por escaso margen solamente efecto de laboreos, donde SD permitió obtener un peso 6% superior a LC.

En número de espigas/m<sup>2</sup> de raigrás INIA Titán se determinó por escaso margen efecto especies\*laboreos. Esta interacción se da porque en LC el RA favoreció el número de espigas/m<sup>2</sup>, en cambio en SD lo fue el RB.

En trébol Calipso para la variable producción de semilla presentó efecto por escaso margen para laboreos, superando LC en 136 kg/ha a SD. En cambio en producción de biomasa a cosecha existió efecto significativo de rastros, donde el RA superó en 672 kg/ha al RB.

Para dactilis únicamente en producción de biomasa a cosecha presentó efecto significativo de laboreos\*rastrojos. La producción de biomasa no respondió de igual forma al tipo de rastrojo, es decir en LC la producción se favoreció con RA y en SD lo hizo RB.

En producción de semilla de Festuca existió efecto significativo de laboreos, siendo LC 75% superior a SD, aunque las magnitudes absolutas de los rendimientos son despreciables agronómicamente.

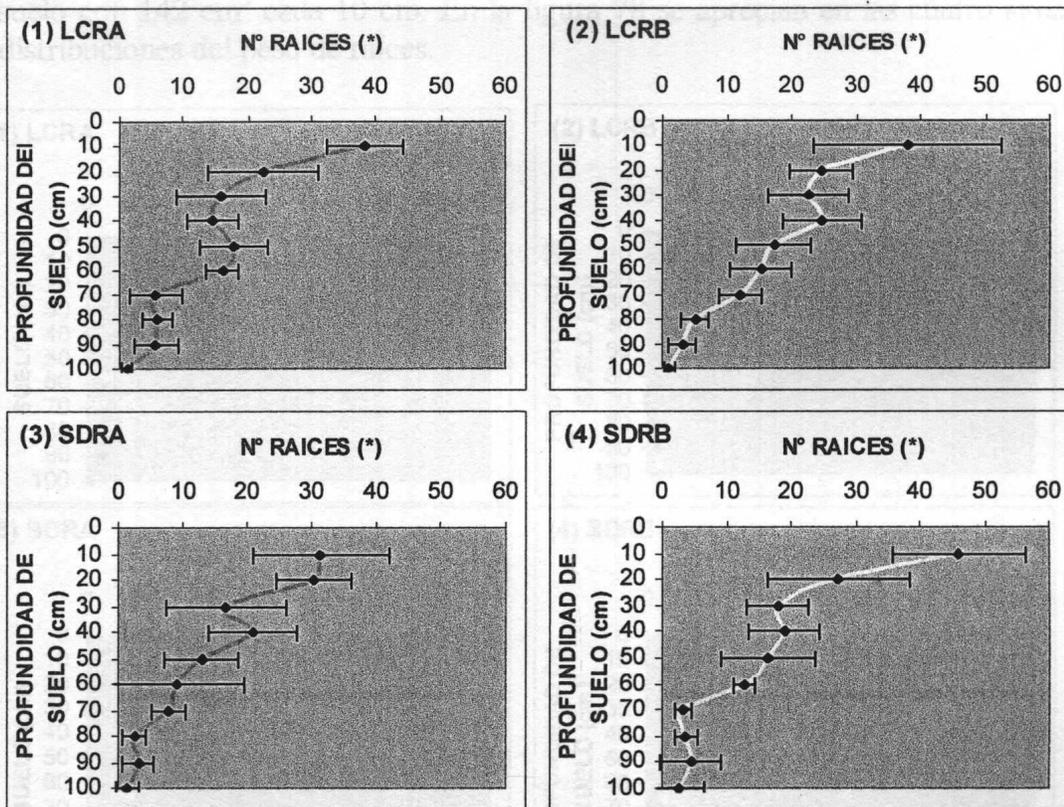
Por último en Lotus se cuantificó un efecto significativo de laboreos para número de semillas en 10 vainas, logrando el LC superar en 26% a SD.

#### 4.6 RAICES EN EL PERFIL

Las determinaciones de raíces a profundidades de 30 y más centímetros presentaron como dificultad la imposibilidad de diferenciar raíces vivas de muertas. La presencia de raíces muertas probablemente se origine por una menor velocidad de descomposición a dichas profundidades y las mismas podrían pertenecer al cultivo antecesor, sorgo. Por esta razón los números y pesos de raíces a partir de los 30 cm deben ser considerados como de la especie forrajera y/o del sorgo sin saber exactamente a que especie, a pesar de lo cual en este trabajo se refieren a Festuca, trébol blanco o Lotus a los efectos de simplificar la redacción. Sin embargo independientemente de la especie que se trate, tanto los números como los pesos de raíces determinados de los 30 cm en adelante dan una idea de la capacidad de exploración del suelo en LC y SD.

##### 4.6.1 Festuca

A los 170 días post-siembra se cuantificaron el número de raíces de Festuca cada 10 cm hasta un metro de profundidad de suelo, en una superficie de 14.2 cm<sup>2</sup> para las cuatro situaciones. En la figura 77 se presentan los resultados obtenidos.



(\*) contabilizada en una muestra con un área de 14.2 cm<sup>2</sup> cada 10 cm

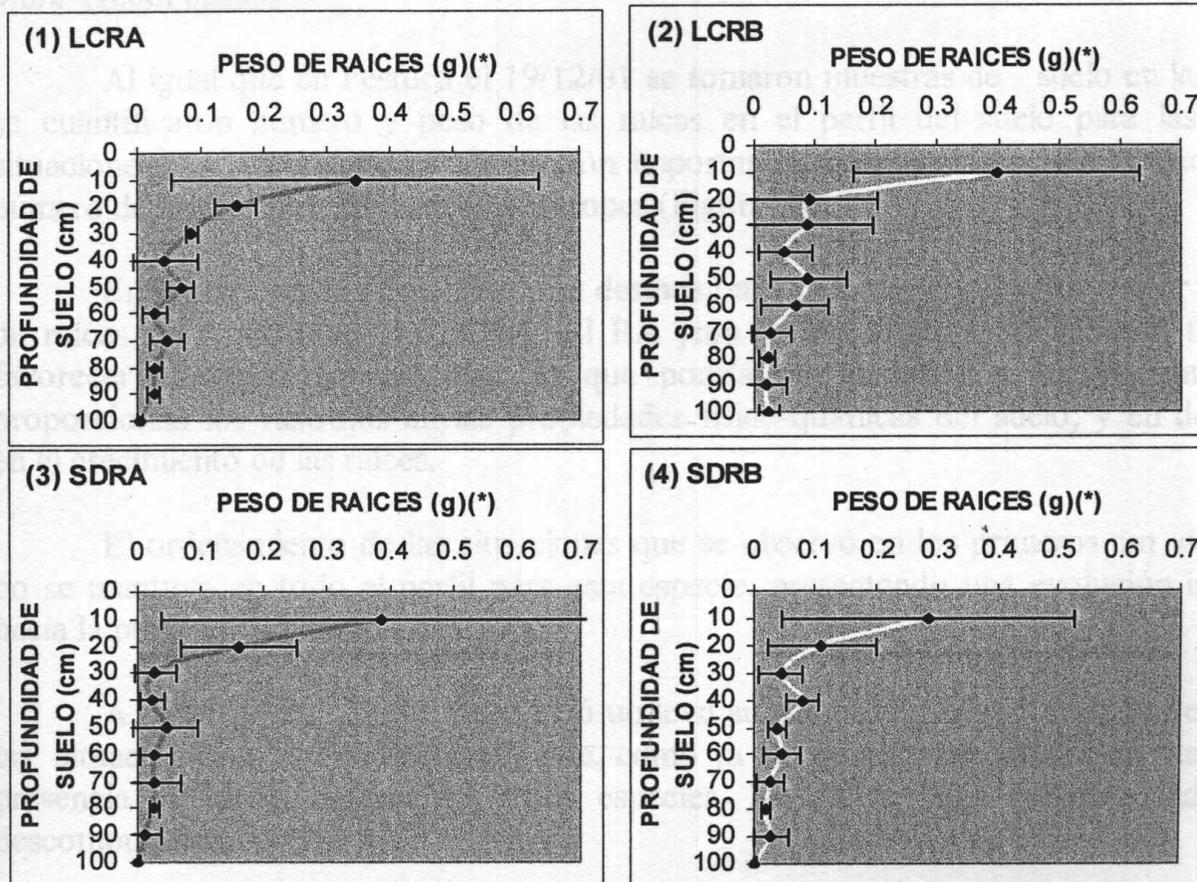
Figura 77: Número de raíces de Festuca en el perfil del suelo para las cuatro situaciones (1-4).

En SDRB se pudo determinar una tendencia a presentar un mayor número de raíces en la superficie del suelo (0-10) que el resto de las situaciones (Figura 77). Asimismo Maddalena (1994) y Olarán y Piñeyrúa (1996) cuantificaron mayor densidad de raíces hasta los 10 cm en SD para trigo.

LCRB tendió a registrar mayores números de raíces luego de los 30 cm, con una distribución más gradual en profundidad que el LCRA. Estos resultados posiblemente podrían explicarse por factores como deficiencias de oxígeno, resistencias mecánicas, nutrientes y agua según lo mencionado por Martino (1996)

Es importante mencionar que luego de los 20-30 cm de profundidad (Figura 77 (3)) las diferencias apreciadas inicialmente entre las situaciones se diluyen.

También se determinó el peso de raíces (g) en el perfil del suelo en una muestra de suelo con 142 cm<sup>3</sup> cada 10 cm. En la figura 78 se aprecian en las cuatro situaciones las distribuciones del peso de raíces.



(\*) contabilizada en una muestra de 142 cm<sup>3</sup> cada 10 cm.

Figura 78: Peso de raíces (g) de Festuca en el perfil del suelo para las cuatro situaciones (1-4).

En términos globales la distribución del peso de raíces no presentó grandes variantes entre las situaciones, lo que no coincide con la bibliografía.

Como se puede visualizar en la figura 78, a la profundidad de 0-10 cm el LCRB y SDRA tendieron presentar mayores pesos de raíces y además el primero mantuvo esa superioridad en todo el perfil. En tanto en SDRB los pesos radiculares fueron menores. Según Olarán y Piñeyrúa (1996) reportan mayores pesos radiculares en SD, esto se podría explicar como una respuesta de la planta para compensar una restricción física.

A la profundidad de 10-20 cm es la situación de LCRB que tendió a lograr menores pesos de raíces. Esta abrupta disminución en el peso para esta situación podría explicar una restricción física sumado a otras más.

Sin embargo a la misma profundidad el RA permitió para ambos métodos de laboreos obtener tendencias mayores en el peso de raíces.

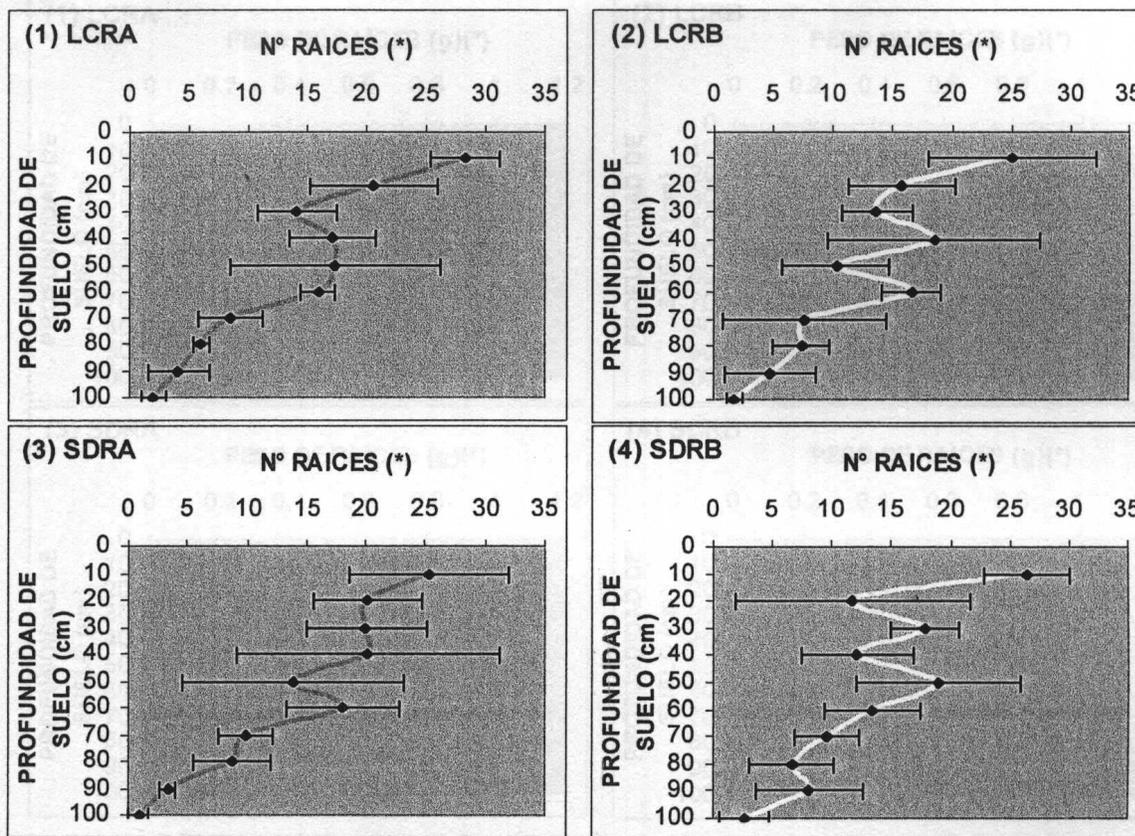
#### 4.6.2 Trébol blanco

Al igual que en Festuca el 19/12/01 se tomaron muestras de suelo en las cuales se cuantificaron número y peso de las raíces en el perfil del suelo para las cuatro situaciones. En general no se observaron importantes diferencias en la distribución del número de raíces entre las cuatro situaciones (Figura 79).

En la profundidad de 0-10 cm se destaca una tendencia a registrar mayor número de raíces en la situación de LCRA. El RA para ambos sistemas de laboreo tendió a favorecer el desarrollo radicular, lo que podría ser atribuido a las ventajas que proporcionan los rastros en las propiedades físico-químicas del suelo, y en definitiva en el crecimiento de las raíces.

El ordenamiento de las situaciones que se observó en los primeros cm del suelo no se mantuvo en todo el perfil para esta especie, presentando una evolución irregular hacia la profundidad del mismo.

A partir de los 30-40 cm existió un leve aumento del número de raíces en todas las situaciones, lo que podría explicarse, como ya fue mencionado anteriormente, por la presencia de raíces muertas de otras especies, las que a esa profundidad no se descompusieron.

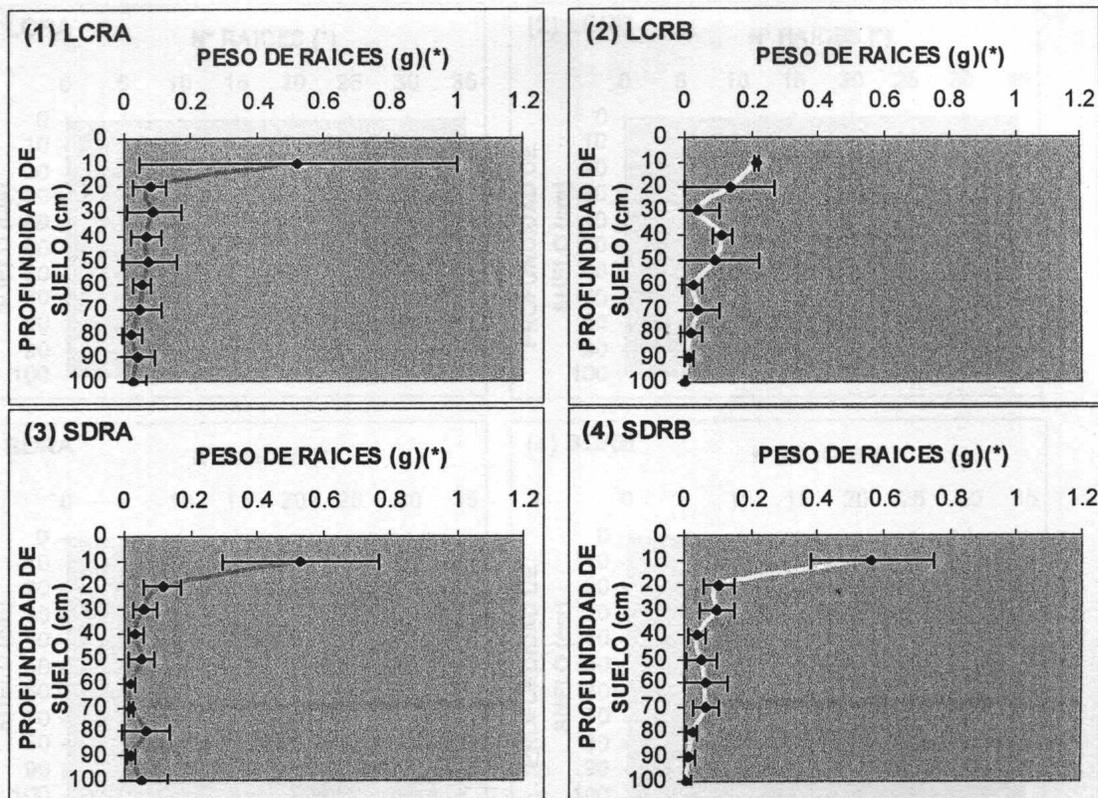


(\*) contabilizada en una muestra con un área de 14.2 cm<sup>2</sup> cada 10 cm.

Figura 79: Número de raíces de trébol blanco en el perfil del suelo para las cuatro situaciones (1-4).

Con relación al peso de raíces en la figura 80 se puede apreciar que para las cuatro situaciones luego de los 20 cm no se determinaron diferencias importantes en cuanto a la distribución. Sin embargo de 0-10 cm se determinaron claras diferencias, en este sentido LCRB tendió a obtener menores peso de raíces en comparación con las demás situaciones, las cuales no se diferenciaron demasiado entre sí.

A pesar que en la variable número de raíces, es el sistema de LC que tendió registrar mayores valores, en la variable peso de raíces la tendencia superior se registró en el sistema de SD comparado a LCRB. Estos resultados posiblemente indican que en SD las raíces compensan sus menores números con mayores pesos de raíces. Esto coincide con Martino (2001), Maddalena (1994), Olarán y Piñeyrúa (1996) quienes mencionan que podría deberse a resistencias de penetraciones mayores, donde las raíces se vuelven más contorcionadas, cortas y con mayores diámetros determinando mayores pesos radiculares.



(\*) contabilizada en una muestra de  $142 \text{ cm}^3$  cada 10 cm.

Figura 80: Peso de raíces (g) de trébol blanco en el perfil del suelo para las cuatro situaciones (1-4).

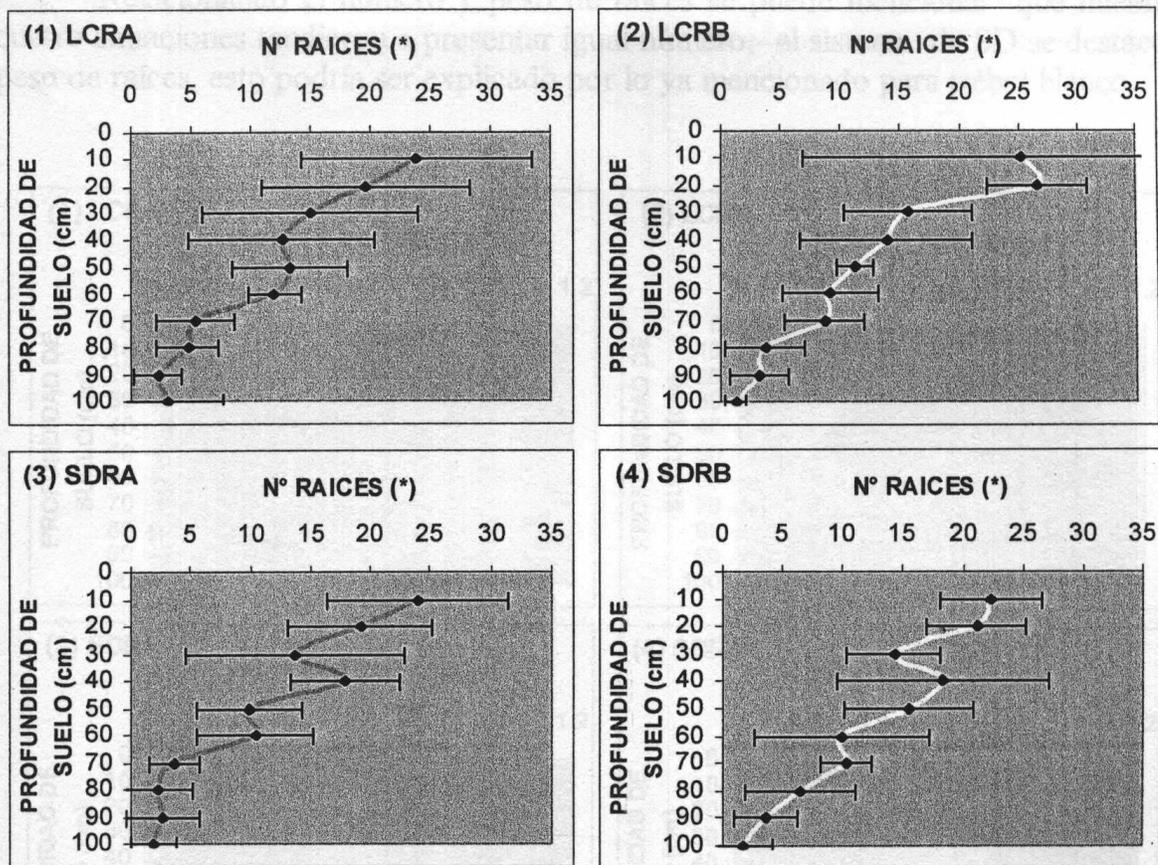
Es importante mencionar que se determinó una diferencia de 138% entre LCRA y LCRB en el peso de raíces en los primeros 10 cm (Figura 80).

En la transición de 0-10 a 10-20 cm de suelo el peso de raíces mostró una disminución abrupta en todas las situaciones lo que se explicaría por el sistema radicular de origen estolonífero propio de trébol blanco.

#### 4.6.3 Lotus

Al igual que las restantes especies en Lotus se contabilizaron las raíces en un área de  $14.2 \text{ cm}^2$  cada 10 cm hasta una profundidad de un metro.

En general como se puede apreciar en la figura 81 las cuatro situaciones analizadas presentaron similar comportamiento en el perfil.



(\*) contabilizada en una muestra con un área de 14.2 cm<sup>2</sup> cada 10 cm.

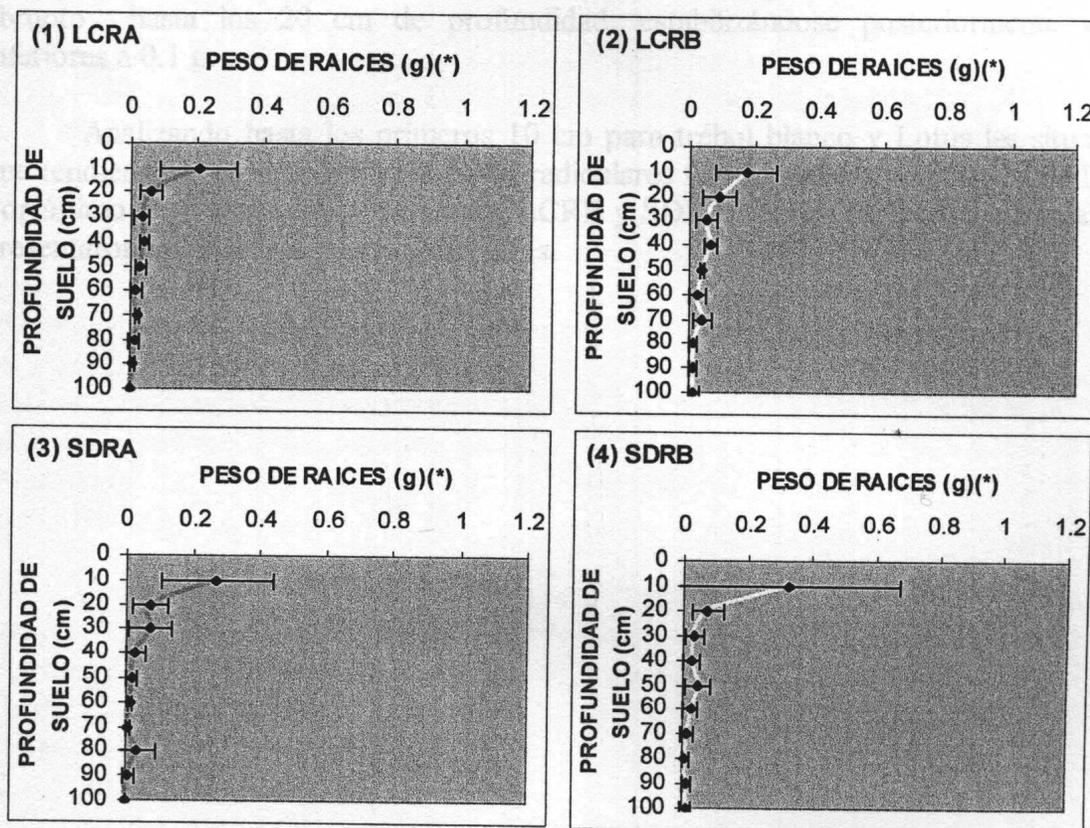
Figura 81: Número de raíces de Lotus en el perfil del suelo para las cuatro situaciones (1-4).

En los primeros 10 cm las cuatro situaciones tendieron a favorecer por igual al crecimiento radicular. Entre 10-20 cm la superioridad de LCRB se hace más notoria con respecto a las demás situaciones. En esta misma profundidad debido al aumento que registra SDRB ésta se ubica en segunda posición.

La progresiva compactación del suelo posterior al LC que afecta negativamente al crecimiento de las raíces mencionado por Bacans y Guerra (1992) no coincide con los resultados obtenidos, puesto que LC registró mayores números de raíces.

Con relación al peso de raíces como se visualiza en la figura 82 (1-4) y en términos globales entre los 10-20 cm los perfiles presentaron un abrupto descenso en el peso de raíces, manteniéndose en pesos menores a 0.05 g. De 0-10 cm de profundidad se destaca SDRB con una superioridad del 21 % con respecto al SDRA, ubicándose la última en segundo lugar.

Relacionando el número y peso de raíces se puede mencionar que mientras las cuatro situaciones tendieron a presentar igual número, el sistema de SD se destacó en el peso de raíces, esto podría ser explicado por lo ya mencionado para trébol blanco.



(\*)contabilizada en una muestra de 142 cm<sup>3</sup> cada 10 cm.

Figura 82: Peso de raíces (g) de Lotus en el perfil del suelo para las cuatro situaciones (1-4).

Estos resultados no concuerdan con los determinados por Bacans y Guerra (1992) ya que mencionan mayores pesos radiculares para Lotus en LC con respecto a cobertura. Esto lo atribuyen a que frente a una restricción edáfica las plantas desarrollan más masa radicular de forma de compensar dicha restricción, esto podría haber ocurrido en el peso de raíces de SD para este ensayo.

#### 4.6.4 Consideraciones generales

En términos generales el rango del número de raíces en los primeros cm (0-10) fue superior en Festuca, con contajes entre 30-50 raíces, intermedio en trébol blanco con valores de 25-30 raíces y por último Lotus con 20-25 raíces en el área muestreada. El

crecimiento radicular cespitoso de Festuca frente al estolonífero de trébol blanco y el pivotante de Lotus determinó que la primera lograra mayor densidad de raíces por superficie.

Con relación al peso y en general todas las especies presentan un descenso abrupto hasta los 20 cm de profundidad, estabilizándose posteriormente valores inferiores a 0.1 g.

Analizando hasta los primeros 10 cm para trébol blanco y Lotus las situaciones que tendieron a registrar mayores pesos radiculares fueron todas a excepción de LCRB. Por último en Festuca dos situaciones, LCRB y SDRA, fueron las que tendencialmente presentaron los mayores pesos radiculares.

## 5. CONCLUSIONES

En la implantación de las gramíneas se determinó un comportamiento diferencial de las especies frente al método de laboreo. En este sentido Avena, los trigos y Bromus lograron los mayores porcentajes de implantación en LC. En el sistema de SD se destacó Bromus con el mayor porcentaje de implantación. En trigo INIA tijereta y Avena se determinaron las mayores respuestas a favor de LC, siendo estas 32 y 28% respectivamente. En el peso de 100 plantas se destacaron Avena y trigo LE 2265 tanto en el sistema de SD como en LC. El sistema de SD presentó una superioridad de 42% con respecto a LC en el peso de 100 plantas medio.

En cuanto a la implantación de las leguminosas trébol blanco y trébol Calipso presentaron los mejores valores de porcentaje de implantación. Considerando el porcentaje de implantación medio, el sistema de SD logró una superioridad del 8% con respecto a LC. Trébol Calipso, trébol rojo y trébol blanco obtuvieron el mejor comportamiento en lo que se refiere al peso de 100 plantas. En lo que respecta al número de plantas medio SD fue superior el 18% comparado con LC. Trébol blanco y Lotus presentaron las mayores respuestas a favor de SD, siendo estas de 20 y 34% respectivamente.

La producción de forraje de las especies anuales en agosto no fue afectada por el método de laboreo como tampoco por el tipo de rastrojo. En cambio en el corte de octubre+noviembre la producción de forraje presentó efectos significativos para especies y laboreos. Considerando el corte de diciembre también existió el efecto de especies y además se agregó el efecto de la interacción especies\*laboreos\*rastrojos.

En la producción de forraje total de las especies anuales existieron efectos significativos de especies, laboreos y especies\*laboreos. Las especies que se destacaron en LC en cuanto a producción de forraje fueron trébol Calipso y raigrás 284. Para el sistema de SD además de estas dos especies se destacó raigrás INIA Titán. En cuanto a la producción media de forraje el LC fue superior en un 29.8% con respecto a SD. Con excepción de raigrás INIA Titán todas las especies respondieron a favor de LC. En este sentido las mayores respuestas las lograron los trigos con un 45% a favor de este método.

La producción de forraje de las especies perennes en el corte de octubre+noviembre presentó efectos significativos para especies y las interacciones especies\*laboreos y especies\*laboreos\*rastrojos. En cambio en el corte de diciembre solamente presentó efecto significativo para especies.

En la producción de forraje total de las especies perennes existieron efectos significativos de especies, especies\*laboreos, especies\*rastrojos y especies\*laboreos\*rastrojos. Tanto para el sistema de LC como para SD las especies

que se destacaron por su producción de forraje fueron trébol rojo y Lotus. Estas mismas especies presentaron el mejor comportamiento en RA como en RB. La interacción especies\*rastrojos se explica por el comportamiento de alfalfa que respondió 38% al RB. En cambio las demás especies fueron indiferentes al tipo de rastrojo. Considerando la interacción triple Bromus se comportó mejor en SDRA y en SDRB. En cambio alfalfa solamente fue mejor en SDRB. En trébol rojo y Lotus existió una tendencia a lograr mejores producciones de forraje en la situación de SDRB. Las restantes especies evaluadas fueron indiferentes a las cuatro situaciones.

En general en la etapa reproductiva la evolución de las curvas de floración para las especies analizadas tendió presentar similar comportamiento entre las situaciones.

En la evolución de la floración de todas las especies podemos mencionar en general que para trébol Calipso la evolución de las cabezuelas en el tiempo se dio en forma sigmoideal a excepción del LCRB, estabilizándose en la etapa final el 25/12 llegando a valores similares. Para el trébol rojo la evolución tiende a mostrar forma exponencial y no se pudo determinar el máximo de cabezuelas en el período considerado. Sin embargo se aprecia una velocidad de floración mas acelerada en SDRA que en SDRB.

En trébol blanco y Lotus en cambio las curvas de cabezuelas inmaduras y flores amarillas respectivamente tienen una evolución de forma campana. En trébol blanco existieron diferencias en las fechas en que se producen los máximos en LC para cabezuelas inmaduras. En Lotus en tanto en LCRA las flores logran antes el máximo que las demás situaciones. En ambas especies en general tanto las cabezuelas maduras como las vainas verdes presentaron una evolución sigmoideal.

En términos globales la producción de semilla, biomasa y sus componentes de rendimiento en las especies evaluadas a cosecha no se vieron influenciadas significativamente por los métodos de laboreos y tipos de rastrojos para todas las variables estudiadas. Sin embargo se pudieron determinar algunas excepciones.

En tal sentido en trigo INIA tijeleta se registraron efectos significativos en laboreos, rastrojos y laboreos\*rastrojos para la variable peso de 1000 semillas. El LC y el tipo de RB permitieron lograr más peso de 1000 semillas. En cuanto a la interacción, ésta es consecuencia de que en el sistema de SD los rastrojos se diferenciaron en un 15%, a favor de RA. En cambio en LC no existió respuesta al tipo de rastrojo.

Para trigo LE 2265 en la misma variable anteriormente mencionada se determinó por escaso margen solamente efecto de laboreos, donde SD permitió obtener un peso 6% superior a LC.

En número de espigas/m<sup>2</sup> de raigrás Titán se determinó por escaso margen efecto especies\*laboreos. Esta interacción se da porque en LC el RA favoreció el número de espigas/m<sup>2</sup>, en cambio en SD lo fue el RB.

En trébol Calipso para la variable producción de semilla presentó efecto por escaso margen para laboreos, superando LC en 136 kg/ha a SD. En cambio en producción de biomasa a cosecha existió efecto significativo de rastros, donde el RA superó en 672 kg/ha al RB.

Para dactilis únicamente en producción de biomasa a cosecha presentó efecto significativo de laboreos\*rastros. La producción de biomasa no respondió de igual forma al tipo de rastrojo, es decir en LC la producción se favoreció con RA y en SD lo hizo RB.

En producción de semilla de Festuca existió efecto significativo de laboreos, siendo LC 75% superior a SD, aunque las magnitudes absolutas de los rendimientos son despreciables agrónomicamente.

Por último en Lotus se cuantificó un efecto significativo de laboreos para número de semillas en 10 vainas, logrando el LC superar en 26% a SD.

En términos generales el rango del número de raíces en los primeros cm (0-10) fue superior en Festuca, con contajes entre 30-50 raíces, intermedio en trébol blanco con valores de de 25-30 raíces y por último Lotus con 20-25 raíces en el área muestreada. El crecimiento radicular cespitoso de Festuca frente al estolonífero de trébol blanco y el pivotante de Lotus determinó que la primera lograra mayor densidad de raíces por superficie.

Con relación al peso y en general todas las especies presentan un descenso abrupto hasta los 20 cm de profundidad, estabilizándose posteriormente valores inferiores a 0.1 g.

Analizando hasta los primeros 10 cm para trébol blanco y Lotus las situaciones que tendieron a registrar mayores pesos radiculares fueron todas a excepción de LCRB. Por último en Festuca dos situaciones, LCRB y SDRA, fueron las que tendencialmente presentaron los mayores pesos radiculares.

## 6. RESUMEN

En la estación experimental INIA La Estanzuela, durante el período mayo 2001 hasta enero 2002, se realizaron dos experimentos donde en el primero de ellos se evaluó la implantación, producción de forraje y raíces en 14 especies forrajeras. En el segundo se evaluaron los componentes de rendimiento, producción de semilla y biomasa a cosecha para cada especie.

En dichos experimentos se evaluó el efecto de diferentes métodos de laboreos y tipos de rastros en el crecimiento, desarrollo y rendimientos finales de las especies forrajeras.

El objetivo de este trabajo es evaluar la implantación y el desarrollo de especies forrajeras sobre dos tipos de rastros de sorgo en siembra directa y laboreo convencional.

Los tratamientos estudiados en las 14 especies forrajeras consistieron en la combinación de dos métodos de laboreos que fueron laboreo convencional (LC) y siembra directa (SD), y dos tipos de rastros de sorgo, rastrojo alto (RA) y rastrojo bajo (RB). Se sembraron el 29/05/01 las 14 especies: *Triticum aestivum* cv. INIA Tijereta, *Triticum aestivum* cv. LE2265, *Avena byzantina* cv. LE 1095a, *Lolium multiflorum* cv. INIA Titán, *Lolium multiflorum* cv. E 284, *Trifolium alexandrinum* cv. INIA Calipso, *Holcus lanatus* cv. La Magnolia, *Bromus catharticus* cv. Martín Fierro, *Dactylis glomerata* cv. INIA Oberón, *Festuca arundinacea* cv. E Tacuabé, *Trifolium pratense* cv. E 116, *Trifolium repens* cv. E Zapicán, *Lotus corniculatus* cv. INIA Draco, *Medicago sativa* cv. Crioula.

El 23/07 se evaluaron el número y peso de plantas. Las determinaciones de las producciones de forraje se realizaron con cortes en diferentes momentos: el primero el 22/8; el segundo el 11/10 en tratamientos con SD y el 22/10 en LC; el tercero el 26/11 y por último el cuarto el 26/12. Posteriormente en época de floración se contabilizaron las inflorescencias en trébol Calipso, trébol rojo y trébol blanco, y las flores y vainas verdes en Lotus. En las diferentes fechas de cosecha para cada especie se determinaron además de los componentes del rendimiento, el rendimiento de semilla y biomasa a cosecha. Por último el 19/12 se contabilizaron y pesaron las raíces de Festuca, trébol blanco y Lotus en el perfil del suelo.

En la etapa de implantación las gramíneas presentaron comportamiento diferencial frente al método de laboreo. Con relación al porcentaje de implantación el mismo fue afectado por las especies y especies\*laboreos. En el sistema de LC se destacan Bromus, los trigos y Avena, en tanto en SD solamente Bromus. Las respuestas significativamente mayores a favor de LC los lograron trigo INIA Tijereta y Avena.

La variable peso de 100 plantas fue afectada por especies y métodos de laboreos. En ambos métodos de laboreos se destacaron Avena y trigo LE2265. El peso de 100 plantas medio en SD fue superior en 42%, con respecto a LC.

En las leguminosas para el porcentaje de implantación existieron efectos significativos para especies y laboreos. Se destacan trébol blanco y trébol Calipso. En la media de esta variable SD superó en un 8% a LC. Con relación al peso de 100 plantas el mismo solamente fue afectado por las especies, logrando trébol Calipso, trébol rojo y trébol blanco los mejores resultados.

En la producción total de forraje de las especies anuales existieron efectos significativos de especies, laboreos y especies\*laboreos. En ambos métodos de laboreos las especies que se destacaron productivamente fueron trébol Calipso, y raigrás 284, en SD se agrega además raigrás INIA Titán. La producción media de forraje fue superior en LC. En éste método de laboreo los trigos fueron las especies que respondieron significativamente.

La producción de forraje de las especies perennes fue afectada significativamente por las especies, especies\*laboreos, especies\*rastrojos y especies\*laboreos\*rastrojos. En ambos métodos de laboreos se destacaron trébol rojo y Lotus. Las especies que mostraron plasticidad frente a las combinaciones de los métodos de laboreos y tipos de rastrojos fueron Holcus, dactilis, Festuca y trébol blanco. En cambio para Bromus el sistema de SD fue el que permitió lograr mayores producciones, independiente del tipo de rastrojo. En tanto alfalfa únicamente la situación SDRB se destacó significativamente. En trébol rojo y Lotus la situación SDRB tendió a ser superior.

En la etapa de floración para las especies trébol Calipso, trébol rojo, trébol blanco y Lotus la evolución de las curvas de floración tendieron a presentar similar comportamiento entre las cuatro situaciones.

En la cosecha la producción de semilla solamente fue afectada significativamente en Festuca por los métodos de laboreos, siendo LC superior en 75% frente a SD.

En la producción de biomasa a cosecha de trébol Calipso solamente existió efecto del tipo de rastrojo, siendo el mejor ambiente RA. En dactilis para ésta variable en cambio existió efecto laboreos\*rastrojos, siendo LCRA y SDRB las situaciones que permitieron los mejores resultados.

En términos generales el rango del número de raíces en los primeros cm (0-10) fue superior en Festuca, con contajes entre 30-50 raíces, intermedio en trébol blanco con valores de 25-30 raíces y por último Lotus con 20-25 raíces en el área muestreada. El crecimiento radicular cespitoso de Festuca frente al estolonífero de trébol blanco y el

pivotante de Lotus determinó que la primera lograra mayor densidad de raíces por superficie.

Con relación al peso y en general todas las especies presentan un descenso abrupto hasta los 20 cm de profundidad, estabilizándose posteriormente valores inferiores a 0.1 g.

Analizando hasta los primeros 10 cm para trébol blanco y Lotus las situaciones que tendieron a registrar mayores pesos radiculares fueron todas a excepción de LCRB. Por último en Festuca dos situaciones, LCRB y SDRA, fueron las que tendencialmente presentaron los mayores pesos radiculares.

## 8. BIBLIOGRAFIA

1. ABELLA, I. ; INDARTE, F. 1997. Comparación de cuatro formas de instalación de praderas consociadas con siembra directa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía.67p.
2. ALVAREZ, A.; DUCOS, G.; MIETTO, F. 2000. Efecto de momento de inicio del período de barbecho sobre la disponibilidad de nitratos en suelo, crecimiento y desarrollo de avena sembrada sin laboreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 63p.
3. ANTUNEZ, J.I. 1999. Siembra directa de verdeos de invierno sobre campo natural de suelos arenosos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 59p.
4. ARBURUAS DE LISA, M. E.; BURUTARAN, E.; PAULO, M. H. 1999. Evaluación productiva de una siembra directa de avena bajo pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía.72p.
5. ARIAS, R.; PAPERAN, J.2001. Evaluación de implantación en siembras en cobertura de cultivares de trébol blanco y Lotus spp., en un suelo profundo de basalto bajo pastoreo controlado. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 70p.
6. AUGSBURGER, H.K.M. 1997. El manejo del rastrojo para la siembra directa. In Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica (7., 1997, Montevideo, Uruguay) Jornada de siembra directa. Compendio de trabajos presentados. Montevideo, Uruguay. AIA. pp. 73-82.
7. AYUB, G. 1996. Características químicas de suelo bajo varios sistemas de labranza y pastura. In Curso de Siembra Directa (1996, Marcos Juárez, Córdoba, Argentina). INTA/PROCISUR. (sin Pag).
8. BACANS, M.; GUERRA, S. 1992. Persistencia productiva de mejoramientos de pasturas con laboreo convencional y siembra directa ( cobertura). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 103p.
9. BERRUTTI, A, L; GRAUERT, C, F. 1994. Efecto de diferentes metodos de desecación sobre la producción de semilla de *Lotus Corniculatus* L.cv E GANADOR y *Medicago Sativa* L. Cv CRIOULA. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 104p.

10. BEVILACQUA, N.; GUGELMEIER, A.; HOUNIE, R. 2000. Incorporación de gramíneas perennes en mejoramientos de Lotus El Rincón sobre cristalino. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 129p.
11. BOLOGNA, J.L.; RINCON, F. 1997. Efecto de la fuente nitrogenada, dosis y momento de aplicación en cebada sembrada sin laboreo con y sin rastrojo de sorgo en superficie. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 72p.
12. BORDOLI, M. 2001. Dinámica de nutrientes y fertilización en siembra directa. In Siembra directa en el Cono Sur. Montevideo, Uruguay, PROCISUR. pp. 289-294.
13. BORGES, R. 2001. Descomposición de rastrojos de trigo, soja y maíz sobre suelo en secuencia de cultivos sembrados sin laboreo, con y sin rotación de pasturas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 65p.
14. BOTTARO, L.; CUADRO, W. 2000. Renovación de pasturas engramilladas e instalación de praderas consociadas con tecnología de siembra directa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 85p.
15. BOUZA, D.; GALLUZZO, D. 1986. Laboreo del suelo como factor de manejo del rastrojo de sorgo para la producción de trigo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 179p.
16. BRADLEY, J. 1997. Doce buenas razones para dejar de arar. In Congreso Nacional de AAPRESID (5., Mar del Plata, Argentina). Conferencias. pp. 43-47.
17. CALEGARI, A. 1997. Eficiencia del sistema de siembra directa a través del uso de abonos verdes y rotación de cultivos. In Congreso Nacional de AAPRESID (5., Mar del Plata, Argentina). Conferencias. pp. 133-151.
18. CAPURRO, E. 1975. Cultivos de invierno después de sorgo. CIAAB. 18 p. (Mimeo)
19. CASANOVA, O. 1998. Manejo de la fertilidad en verdeos. In: Manejo de la fertilidad de suelos en sistemas extensivos (cultivos y pasturas). Estación experimental de Bañado de Medina Cerro Largo. pp. 52-56.
20. CASTAÑO, J.P.; MENENDEZ, F.G. 1998. Caracterización vegetativa y producción de semillas de Lotus. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 67p.

21. CASTAÑO, M.; HERNANDEZ, S.; RIVAS, A. 2000. Evaluación de cinco métodos de siembra consociada de trigo forrajero con pradera, en siembra directa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 128p.
22. CASTIGLIONI, E. 2001. Manejo de la fauna del suelo e insectos plaga. In Siembra directa en el Cono Sur. Montevideo, Uruguay, PROCISUR.. pp 89-100.
23. CAUSARANO, H. 1995. Situación actual y perspectivas de la siembra directa en el Paraguay. In Seminario Internacional sobre Avances en Siembra Directa (1994, Asunción, Paraguay). Montevideo, IICA PROCISUR. Diálogo n° 44. pp.103-110.
24. CIANCIARULLO, A.; ECHEVERRÍA, J.; ECHEVERRÍA, N. 2000. Mejoramiento extensivo con *Lotus corniculatus* en cobertura o en siembra directa con diferentes controles de la vegetación y densidades. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 89.
25. CIANELLI, E.; OTTONELLO, E. 1998. Inclusión de gramíneas en mejoramientos extensivos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 123p.
26. CIGANDA, V. 1996. Manejo de fertilización nitrogenada en siembra directa de pasturas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 70p.
27. CLEMENTE, R.; GUTIERREZ, J. 2000. Dinámica poblacional y persistencia de leguminosas sembradas en cobertura sobre suelo en basalto profundo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 65p.
28. COLOZZI, A. 1997. Plantio direto: actividade microbiana e sustentabilidade do agrossistema. In Congreso Nacional de AAPRESID (5., 1997, Mar del Plata, Argentina). Conferencias. pp. 21-37.
29. CHUNG, I.M.; MILLER, D. 1995. Allelopathic influence of nine forage grass extracts on germination and seeding growth of alfalfa. *Agronomy Journal* 87(4):767-771.
30. CHUNG, I.M.; MILLER, D. 1995. Effect of alfalfa plant and soil extracts on germination and growth of alfalfa. *Agronomy Journal* 87(4): 762-766.
31. DERPSCH, R. 1995. Rotación de cultivos en el sistema de siembra directa. In Seminario Internacional sobre Avances en Siembra Directa (1994, Asunción,

Paraguay). Avances en siembra directa. Montevideo, IICA PROCISUR  
Diálogo n° 44.pp.167-194.

32. DIAZ, R.M.; BAETHGEN, W. 1982. Ensayo de rastrojo de verano. In Día de campo de cultivos de verano. CIAAB Estación Experimental La Estanzuela (Uru.). 6 p.
33. DIEA.2000.Anuario estadístico agropecuario.172 p.
34. ECHEVERRÍA, A.; MARQUES, P.1993. Implantación de especies en cobertura sobre campo restablecido ( unidad San Manuel). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 130p.
35. ERNST, O. 2001. El tiempo en barbecho como variable de manejo. In Jornada Nacional de Siembra Directa (9., 2001, Paysandú, Uruguay). Resumen de trabajos. Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni". Paysandú, Uruguay. pp. 11-15.
36. ERNST, O.; RITORNI, F. 1983 Manejo de trigo sobre rastrojo de sorgo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 89p.
37. ERNST, O.; SIRI, G. 1997. Efecto de la intensidad de laboreo en una secuencia agrícola sobre la fertilidad del suelo y rendimiento del quinto cultivo (trigo). In Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica (7., 1997, Montevideo, Uruguay). Jornada de siembra directa. Compendio de trabajos presentados. Montevideo, Uruguay. AIA. pp. 23-28.
38. ERNST, O.; SIRI, G.; BANCHERO, M. 1997. Respuesta del trigo a la edad de chacra y al manejo del suelo. In Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica (7., 1997, Montevideo, Uruguay) Jornada de siembra directa. Compendio de trabajos presentados. Montevideo, Uruguay. AIA. pp. 19-22.
39. FERENCZI, M.E.; JAURENA, M.A.; LABANDERA, C.M.1997. Establecimiento y producción inicial de mejoramiento de campo realizados en cobertura y siembra directa, con diferentes tipos y dosis de herbicida. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 70p.
40. FERNANDEZ, G.; MARTINEZ, M.E.; TORRES, D. 1992. Estudios de la evolución del enmalezamiento para diferentes secuencias y opciones de laboreo. In Congreso ALAM ( 11., 1992, Viña del Mar, Chile). Resúmenes de trabajos. Viña del Mar, Pontificia Universidad Católica de Chile. p. 45.

41. FERRARI, M. 1997. La siembra directa y el rendimiento de los cultivos en la Pampa húmeda. In Seminario siembra directa(8 de octubre, 1997,Argentina). Resúmenes. INTA, Argentina. pp. 79-83.
  
42. FINOZZI, G.M.; QUINTANA, P.M. 2000.Implantación de gramíneas y leguminosas en tres suelos y tapices de basalto. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía.141p.
  
43. FONTANETTO, H.; KELLER, O. 2001. Efecto de diferentes secuencias de cultivos en siembra directa continua sobre algunas propiedades edáficas de un argiudol en la región Pampeana Norte de Argentina. In Siembra directa en el Cono Sur. Montevideo, Uruguay, PROCISUR. pp. 269-273.
  
44. FONTANETTO, H.; KELLER, O. 2001.Efecto de diferente labranzas sobre las propiedades edáficas de un argiudol y los rendimientos de trigo y soja en dos secuencias agrícolas en la región Pampeana norte de Argentina. In Siembra Directa en el Cono Sur. Montevideo, Uruguay, PROCISUR. pp. 275-285.
  
45. FONTANETTO, H.; KELLER, O.1997. La siembra de especies forrajeras en la región central de la provincia de Santa Fe. In Seminario Siembra Directa(8 de octubre,1997,Castelar, Argentina). Resúmenes. INTA, Argentina. pp. 89-92.
  
46. FORMOSO, F.; ALLEGRI, M.A. 1980. Comportamiento de leguminosas en suelos arenosos, pesados e hidromórficos. In Leguminosas en la Región Noreste C.I.A.A.B. Miscelánea n° 21. pp. 1-14.
  
47. FRIES, R.M.1997.Aspectos básicos de microbiología sob plantío direto. . In Curso sobre aspectos básico de fertilidade e microbiología do solo no sistema plantío direto. Passo Fundo, Río Grande do Sul, Brasil. Resumos de Palestras. pp. 45-62.
  
48. GALARZA, C.1996. Cultivo de trigo en siembra directa. In Curso de Siembra Directa (1996, Marcos Juárez, Córdoba, Argentina). INTA/PROCISUR. (sin Pag).
  
49. GALLINAL, F.J.; SCARON, J.D. 2000. Implantación y productividad de verdeos invernales introducidos en siembra directa, sobre tapices naturales mejorados con Lotus Subbiflorus cultivar El Rincón. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 117p.

50. GARCIA, F.O; FABRIZZI, K, P.2001. Dinámica de nitrógeno en ecosistemas agrícolas: efecto de la siembra directa. In Siembra directa en el Cono Sur. Montevideo, Uruguay, PROCISUR. pp 299-321.
51. GARCIA, J; REBUFFO, M; FORMOSO, F; ASTOR, D. 1991. Producción de semillas forrajeras. Tecnologías en uso. INIA. Serie técnica N° 2. 40p.
52. GARCIA PRECHAC, F. 1992. Conservación de suelos. INIA. Serie técnica N° 26. pp 62.
53. GARCIA PRECHAC, F. 1998. Siembra directa de pasturas. Disponible en: <http://www.rau.edu.uy/agro/uepp/siembra5.htm>.
54. GARCIA PRECHAC, F. 1998. Fundamentos de la siembra directa y su utilización en Uruguay. Consultado 25 noviembre 2001. Disponible en: <http://www.rau.edu.uy/agro/uepp/siembra1.htm>
55. GARCIA, F. O.; BERGH, R.G.1997. El impacto de la siembra directa sobre el suelo: fertilidad y materia orgánica. In Seminario siembra directa(8 de octubre,1997,Castelar,Argentina). Resúmenes. INTA, Argentina. pp. 39-42.
56. GASSEN, D. N. 2001. As pragas sob plantio direto. In Siembra Directa en el Cono Sur. Montevideo, Uruguay, PROCISUR. pp. 103-117.
57. GOMEZ, I.F. 2000. Evaluación de la productividad de diferentes verdeos de invierno. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 79p.
58. GONZALEZ, J.; PIPPOLO, D. 1999. Implantación de gramíneas y leguminosas sobre ladera de basalto profundo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 123p.
59. GONZALEZ, J.G.; LASCA, N. I. 1989. Sistemas de laboreo de suelos para maíz sobre avena como cobertura de invierno. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 102p.
60. GUASQUE, S.2000. Implantación de alfalfa con distintos métodos de siembra. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 16p.
61. GUDELJ, O. 1996. Densidad de suelo. In Curso de Siembra Directa (1996, Marcos Juárez, Córdoba, Argentina). INTA/PROCISUR. (sin Pag).

62. GUDELJ, O. 1996. Estabilidad de agregados. In Curso de Siembra Directa (1996, Marcos Juárez, Córdoba, Argentina). INTA/PROCISUR. (sin Pag).
63. HEBBLETHWAITE, J. 1997. Aporte de la siembra directa a la agricultura sustentable .In Congreso Nacional de AAPRESID (5., 1997, Mar del Plata, Argentina). Conferencias. pp. 79-90
64. IVANOVICH, A. 2001. Manejo de enfermedades en siembra directa. In Siembra Directa en el Cono Sur. Montevideo, Uruguay, PROCISUR. pp 67-70.
65. LEGELEN, I.R. 1998. Efecto residual del laboreo del suelo para el cultivo de invierno sobre el cultivo de sorgo de segunda. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 69p.
66. LLADO, C.; MENDY, P.; VAZ, A. 1994. Evaluación de gramíneas anuales en mezclas forrajeras sometidas a diferente fertilización, métodos de siembra y manejo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 74p.
67. MADDALENA, M.A. 1994. Propiedades físicas del suelo en siembra directa y laboreo convencional y sus efectos sobre el desarrollo del trigo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 85p.
68. MAGRINI, A.; ANCHIERI, C.; DIAZ, R. 1883. Efecto residual de rastrojos de invierno sobre cultivos de verano sembrados con mínimo y cero laboreo. In Labranza Reducida. CIAAB . Miscelánea n° 49. 14p.
69. MARCHESI de LEON, E. 1999. Siembra directa y quema de rastrojos. In Jornada Nacional de Siembra Directa (7., 1999, Mercedes, Uruguay). AUSID. p. 36-38.
70. MARELLI, H.J. 2001. El agua y siembra directa. In Siembra directa en el Cono Sur. Montevideo, Uruguay, PROCISUR. pp. 259-268.
71. MARELLI, H.J. 1995. La siembra directa en la Argentina. In Seminario Internacional sobre Avances en Siembra Directa (1994, Asunción, Paraguay). Montevideo, IICA PROCISUR Diálogo n° 44. pp. 47-55.
72. MARTINO, D. 1997. Siembra directa en los sistemas agrícola-ganaderos del litoral. In curso de actualización sobre siembra directa y conservación de suelos ( 25-26 de julio, 1997, Cerro Largo, Uruguay). Facultad de Agronomía, Uruguay . pp 41-55.

73. MARTINO, D. 1994. Sostenibilidad del sistema agrícola - ganadero del litoral oeste uruguayo. INIA. Serie técnica n° 50. pp. 8-13.
74. MARTINO, D. 1997. Siembra directa en los sistemas agrícola- ganaderos del litoral. INIA. Serie técnica n° 82. 28 p.
75. MARTINO, D.2001. Manejo de restricciones físicas en sistemas de siembra directa. In Seminario Internacional sobre Avances en Siembra Directa (1994, Asunción, Paraguay). Montevideo, IICA PROCISUR Diálogo n°. 44. pp. 225-247.
76. MAY, Z.M.; SCHMITZ, S. 1997. Efecto de la edad de chacra y secuencia de laboreo sobre el crecimiento y rendimiento del sorgo granífero. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 96p.
77. MELO MANZUR, S.M.E.1992. El sistema de labranza de conservación y el manejo integral de malezas. . In Congreso ALAM ( 11., 1992, Viña del Mar, Chile). Resúmenes de trabajos. Viña del Mar, Pontificia Universidad Católica de Chile. p. 47.
78. MORON, A. 2001. El rol de los rastrojos en la fertilidad del suelo. In Siembra directa en el Cono Sur. Montevideo, Uruguay, PROCISUR. pp. 387-402.
79. OLARAN, G.; PIÑEYRUA, S.1996. Efectos de la intensidad de laboreo y manejo del rastrojo en la secuencia agrícola sobre el rendimiento del trigo y las propiedades fisico-químicas del suelo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 93p.
80. OLIVEIRA, V.F.; MACHADO, N.F. 1991. Controle de plantas daninhas com palha e herbicidas em milho sob plantio direto. In Congreso Brasileiro de Herbicidas e Plantas Daninhas (18.,Brasilia, DF, Brasil). Resumos. 83 p.
81. PAPA, J, C. 1997. La siembra directa y las malezas. In Seminario siembra directa (8 de octubre,1997,Castelar,Argentina). Resúmenes. INTA, Argentina. pp 59-62.
82. PERRONE, D.; TALMON, F. 2000. Caracterización productiva de verdeos invernales puros y en mezclas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 128p.
83. PITELLI, R.A. 1995. Dinámica de plantas daninhas no sistema de plantio direto. In Congreso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas (20.,1995, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil) Palestras. pp. 5-11.

84. QUIROGA, A.; ORMEÑO, O. 1997. Efectos de la siembra directa sobre propiedades físicas, estructura y compactación de los suelos. In Seminario siembra directa. Resúmenes. INTA, Argentina. pp. 35-38.
85. QUIROGA, A.; ORMEÑO, O. 1997. La siembra y el rendimiento de los cultivos en la región semiárida pampeana. In Seminario siembra directa(8 de octubre,1997,Castelar,Argentina). Resúmenes. INTA, Argentina. pp. 85-87.
86. REBOLLO, J, P, J; DUHALDE, L, E.1987. Evolución de la semillazón y características asociadas en *Lotus Corniculatus*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 59p.
87. RIOS, A. 2002. Los rastros y su implicancia en el manejo de malezas. (Sin publicar) INIA, Uruguay.
88. RIOS, A.; FORMOSO, F.; PANIZZA, C.; BONINO, F. 1998. Siembra directa y convencional de pasturas en praderas degradadas por gramilla. In Jornada Nacional de Siembra Directa (6., 1998, Mercedes, Soriano, Uruguay). AUSID. p. 25-30.
89. RIZZARDI, M.A. 1995. Manejo de nitrogeno no sistema plantío direto. In Seminario Internacional do Sistema Plantío Direto (1.,1995, Passo Fundo, Río Grande do Sul, Brasil).Resumos. pp. 95-99.
90. SAWCHIK, J. 2001. Dinámica de nitrógeno en la rotación cultivo- pastura bajo laboreo convencional y siembra directa. In Siembra directa en el Cono Sur. Montevideo, Uruguay, PROCISUR. pp 323-342.
91. SOUZA, I.F.; SOUZA, C.N.; ALCANTARA, E.N. 1993. Ação de exudatos de raízes de sorgo sobre plantulas de soja, trigo e caruru. In Congresso Brasileiro de Herbicidas e Plantas Daninhas (19., 1993, Londrina, Paraná, Brasil).Resumos. pp. 26-27.
92. TERRA, J.A.; GARCIA PRECHAC, F. 1997. Intensidad de laboreo y fertilización nitrogenada en cultivos forrajeros de invierno sobre lomadas del este. In Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica (7., 1997, Montevideo, Uruguay) Jornada de siembra directa. Compendio de trabajos presentados. Montevideo, Uruguay. AIA.. pp. 99-104.
93. THOMAS, G.W.1995.Análisis de la sustentabilidad del sistema de siembra directa en comparación con labranza convencional. In Seminario Internacional sobre

Avances en Siembra Directa (1994, Asunción, Paraguay). Montevideo, IICA PROCISUR Diálogo n° 44. pp.15-45.

94. TRIGNANES, 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. p 196.
95. TUESCA, D; PURICELLI, E. 2001. Análisis de los cambios en las comunidades de malezas asociadas a sistemas de labranza y al uso continuo del glifosato. In Siembra directa en el Cono Sur. Montevideo, Uruguay, PROCISUR. pp 183-197.
96. VALLO, M.N.; ZARAUZ, A. 1987. Manejo de la densidad de siembra y fertilización nitrogenada en trigo sobre dos rastrojos de verano. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 115p.
97. VICTORA, C, D; PIÑEYRUA, J; PUENTES, R.1985. Relevamiento semidetallado de suelos de la Estación Experimental La Estanzuela. Colonia ,Uruguay, CIAAB-MAP.
98. ZORZA, E.; DAITA, F.; BIANCO, C.; SAYAGO, F.1998. Comportamiento de la evolución de malezas en la secuencia maíz-girasol maíz, bajo diferentes sistemas de labranza en el Departamento de Río Cuarto. In Seminario Internacional de la dinámica de población de malezas en siembra directa (1998,Río Cuarto, Córdoba, Argentina).INTA. sin pag.