

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ESTABLECIMIENTO DE GRAMÍNEAS FORRAJERAS
PERENNES EN BASALTO EN SIEMBRA DIRECTA**

por

Carlos Nicolás BLANCO ALVES

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2008**

Tesis aprobada por:

Director:

Ing.Agr. Sylvia Saldanha

Ing.Agr. (M.Sc.) (PhD) Pablo Boggiano

Ing.Agr. (M.Sc) María Bemhaja

Fecha:

Autor:

Carlos Nicolás Blanco Alves

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración del Ing. Agr. Luis Salvarrey por su asesoría en el análisis estadístico de los resultados y al personal de la EEFAS que de alguna forma hizo posible el desarrollo del trabajo de campo.

Además se agradece a mi familia que siempre me apoyó en todo momento durante la carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN -----	II
AGRADECIMIENTOS -----	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES -----	VI
1 <u>INTRODUCCIÓN</u> -----	1
2 <u>REVISION BIBLIOGRÁFICA</u> -----	2
2.1 <u>PROCESOS BÁSICOS DE LA IMPLANTACIÓN</u> -----	2
2.1.1 <u>Germinación</u> -----	2
2.1.2 <u>Emergencia</u> -----	4
2.1.3 <u>Establecimiento</u> -----	4
2.2 <u>EFEECTO DE LOS FACTORES CLIMATICOS</u> -----	5
2.2.1 <u>Agua</u> -----	5
2.2.2 <u>Temperatura</u> -----	7
2.2.3 <u>Luz</u> -----	8
2.3 <u>EFEECTO DE LAS VARIABLES DE MANEJO</u> -----	9
2.3.1 <u>Método de preparación de la sementera</u> -----	9
2.3.1.1 <u>Siembra directa</u> -----	9
2.4 <u>MÉTODO DE SIEMBRA</u> -----	12
2.4.1 <u>Siembra al voleo</u> -----	12
2.4.2 <u>Siembra en líneas</u> -----	13
2.4.3 <u>Ventajas y desventajas de las siembras al voleo y en líneas</u> -----	14
2.5 <u>EPOCA DE SIEMBRA</u> -----	15
2.5.1 <u>Factores del clima</u> -----	16
2.5.1.1 <u>Humedad</u> -----	16
2.5.1.2 <u>Temperatura</u> -----	17
2.5.2 <u>Siembras de otoño y primavera</u> -----	17
2.5.2.1 <u>Otoño</u> -----	18
2.5.2.2 <u>Primavera</u> -----	18
2.6 <u>ELECCIÓN DE ESPECIES</u> -----	19
2.6.1 <u>Características de las gramíneas utilizadas</u> --	19
2.6.1.1 <u>Festuca (<i>Festuca arundinacea</i>)</u> -----	20
2.6.1.2 <u>Raigrás (<i>Lolium perenne</i>)</u> -----	21
2.6.1.3 <u>Bromus (<i>Bromus auleticus</i>)</u> -----	23
2.6.2 <u>Características de las leguminosas utilizadas</u>	25
2.6.2.1 <u>Trébol blanco (<i>Trifolium repens</i>)</u> -----	26
2.6.2.2 <u>Lotus (<i>Lotus corniculatus</i>)</u> -----	29
2.7 <u>DENSIDAD DE SIEMBRA</u> -----	30
2.8 <u>FERTILIZACION</u> -----	32
2.8.1 <u>Nitrógeno</u> -----	32
2.8.2 <u>Fósforo</u> -----	34
2.9 <u>TRATAMIENTO PREVIO DE LA SEMILLA</u> -----	34
2.9.1 <u>Inoculación</u> -----	34

2.9.2	<u>Peleteado</u>	-----	37
3	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	-----	38
3.1	UBICACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL	-----	38
3.2	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	-----	38
3.3	CONDICIONES CLIMÁTICAS	-----	39
3.3.1	<u>Temperatura</u>	-----	39
3.3.2	<u>Precipitaciones</u>	-----	40
3.3.3	<u>Balance hídrico</u>	-----	41
3.4	CARACTERÍSTICAS DE LAS SEMILLAS	-----	42
3.5	MANEJO DEL EXPERIMENTO	-----	43
3.5.1	<u>Preparación de la sementera</u>	-----	43
3.5.2	<u>Manejo de la semilla</u>	-----	43
3.5.3	<u>Siembra</u>	-----	44
3.5.4	<u>Fertilización</u>	-----	44
3.6	METODOLOGÍA	-----	45
3.7	DISEÑO EXPERIMENTAL	-----	46
3.8	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	-----	47
4	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	-----	51
4.1	PRINCIPALES VARIABLES CLIMATICAS	-----	51
4.2	EVOLUCION DE LOS COMPONENTES DEL TAPIZ	-----	51
4.3	NUMERO DE PLANTAS	-----	56
4.3.1	<u>Gramíneas</u>	-----	56
4.3.2	<u>Leguminosas</u>	-----	59
4.4	ESTADO DE DESARROLLO	-----	60
4.5	ESTABLECIMIENTO	-----	61
4.6	PRODUCCION DE MATERIA SECA	-----	64
5	<u>CONCLUSIONES</u>	-----	70
6	<u>RESUMEN</u>	-----	71
7	<u>SUMMARY</u>	-----	72
8	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	-----	73
9	<u>ANEXOS</u>	-----	81

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1 Parámetros que permiten definir el método de siembra más recomendable -----	15
2 Descripción del perfil del suelo del área experimental -----	38
3 Precipitaciones acumuladas en diferentes períodos ----	41
4 Características de las semillas utilizadas -----	43
5 Densidades de siembra de las gramíneas -----	44
6 Densidades de siembra de las leguminosas -----	44
7 Características químicas del suelo del área experimental -----	44
8 Cantidad de fertilizante usado por hectárea -----	45
9 Análisis estadístico de los componentes del tapiz ----	52
10 Promedio del período de evaluación y desvío estándar en porcentaje de área ocupada de las tres fracciones de restos secos, material verde y suelo desnudo registradas en el ensayo -----	53
11 Evolución del número de plantas de las gramíneas evaluadas -----	56
12 Evolución del número de plantas de las leguminosas evaluadas -----	59
13 Evolución del estado de desarrollo de las gramíneas sembradas -----	61
14 Evaluación del estado de desarrollo de las leguminosas sembradas -----	61
15 Porcentaje promedio de implantación para las especies a los 77 días de la siembra -----	62
16 Análisis estadístico del porcentaje de implantación --	63
17 Análisis estadístico de la producción de materia seca	64
18 Producción de materia seca por hectárea de las gramíneas evaluadas a los 77 días post siembra -----	65
19 Tasas de crecimiento registradas desde la emergencia hasta el primer corte en el experimento y en las citadas en la bibliografía -----	69

Figura No.

1 Diseño del experimento -----	47
--------------------------------	----

VII

Gráfica No.

1 Temperaturas máxima, mínima y promedio históricas para el departamento de Salto y para el año del ensayo ----	39
---	----

2	Precipitación mensual histórica y la registrada durante el período experimental -----	40
3	Evolución de las precipitaciones, ETP y almacenaje en el período de evaluación -----	42
4	Evolución de restos secos y material verde en parcelas de <i>Bromus auleticus</i> -----	54
5	Evolución de restos secos y material verde en parcelas de <i>Festuca arundinacea</i> -----	54
6	Evolución de restos secos y material verde en parcelas de <i>Lolium perenne</i> -----	55
7	Evolución del número de plantas de <i>Bromus auleticus</i> y de raigrás espontáneo (<i>Lolium multiflorum</i>) en parcelas de bromus -----	58
8	Evolución del número de plantas de <i>Festuca arundinacea</i> y de raigrás espontáneo (<i>Lolium multiflorum</i>) en parcelas de festuca -----	58
9	Porcentaje de implantación de las tres gramíneas evaluadas -----	63
10	Producción de materia seca de las gramíneas según bloques -----	65
11	Producción promedio (kgMS/ha) de diferentes especies dentro de las parcelas de <i>Bromus auleticus</i> -----	66
12	Producción promedio (kgMS/ha) de diferentes especies dentro de las parcelas de <i>Festuca arundinacea</i> -----	67
13	Producción promedio (kgMS/ha) de diferentes especies dentro de las parcelas de <i>Lolium perenne</i> -----	68

1 INTRODUCCIÓN

En la región basáltica la siembra de gramíneas perennes en mezclas forrajeras es insignificante, a pesar de las conocidas ventajas de su inclusión en la productividad, estabilidad y persistencia de las praderas mixtas (Carámbula, 1977).

Las praderas se siembran únicamente con leguminosas o con Avena y/o Raigrás. Su persistencia es así muy limitada (aumentando el costo de las mismas al ser menor su vida útil). En establecimientos lecheros esto determina mayores áreas a sembrar cada otoño. Esto provoca una reducción del área efectiva a pastorear en esta estación, deteriorándose más rápidamente las praderas de segundo año por las altas cargas utilizadas.¹

La breve vida útil de las praderas "artificiales" hace menos rentable la utilización de esta alternativa tecnológica. La proporción del área sembrada con praderas es mínima en la zona con respecto al país.

Varios productores de diferentes sistemas productivos argumentan la no adopción de dicha tecnología por la aleatoriedad en el logro de buenos estándares de plantas de dichas gramíneas.

Es importante pues cuantificar el problema y conocer las causas que provocan las fallas en el establecimiento. De esta forma se reducirían los riesgos al sembrarlas y con ello se da más seguridad en su establecimiento.

Considerando los antecedentes de la siembra directa y teniendo en cuenta la importancia que tienen las gramíneas perennes como componentes de las praderas "artificiales", el experimento objeto de esta tesis analiza la establecimiento y la producción de forraje al primer corte de tres gramíneas perennes (*Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* y *Bromus auleticus*) en mezcla con *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens* bajo siembra directa en suelo profundo de Basalto.

¹ Saldanha, S. 2006. Com. personal.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 PROCESOS BÁSICOS DE LA ESTABLECIMIENTO

2.1.1 Germinación

La germinación comprende en las gramíneas el crecimiento del germen, la ruptura de la semilla y la aparición de la radícula y el coleoptile y en las leguminosas simplemente la aparición de la radícula (Carámbula, 1977).

Durante la germinación se produce absorción de agua que va seguida de la movilización de las reservas de hidratos de carbono que están en la semilla (Whyte et al., 1959).

En todos los casos la traslocación de las reservas del endosperma y de los cotiledones está gobernada por factores como la temperatura la cual a su vez regula el crecimiento de la joven plántula (Black, Murria y Cooper, citados por Mc Williams et al., 1970b).

Según Mc Williams et al. (1970b), tanto gramíneas como leguminosas tienen la capacidad de absorber agua bastante rápido al principio, por lo que la permeabilidad de las cubiertas seminales no es un factor de gran importancia.

En este sentido Martin y Stiles, citados por Mc Williams et al. (1970b), encontraron que las diferencias que puedan haber entre las especies en la capacidad de absorción de agua se debe a factores internos como el tamaño y a la mayor capacidad de absorción de agua por las células del embrión en leguminosas, con respecto a las células del endosperma. A su vez en las leguminosas se encuentra dentro de la testa una capa de células que hacen un efecto de tejido esponjoso.

Yamamoto, citado por Mc Williams et al. (1970b), ha demostrado similares diferencias en la capacidad de absorción de agua por las semillas de un amplio rango de plantas, y sugiere que la mayor capacidad de absorción de agua se debe a una adaptación a condiciones secas.

La consecuencia producida por la absorción de agua es el ablandamiento de las coberturas seminales y la hinchazón de la semilla (Wheeler y Hill, 1957).

Lo que causa este ablandamiento es la absorción de agua por el embrión y el endosperma y el resultado es la ruptura de las cubiertas seminales (Wheeler y Hill, 1957).

La coleorriza crece atravesando el tegumento de la semilla, dando origen a una o más raíces seminales, y el coleoptilo y la plúmula se alargan sucesivamente. Al mismo tiempo, el punto vegetativo, que ya lleva de tres a cinco primordios de hojas en el embrión, comienza a producir nuevos primordios en sucesión regular (Whyte et al., 1959).

La radícula es la primera estructura embrionaria que sale de la semilla. Crece en forma descendente, produce ramificaciones, desarrolla pelos radiculares y así aumenta su capacidad de absorción. A su vez permite un buen anclaje de la planta al suelo (Wheeler y Hill, 1957).

En algunas plantas como en los tréboles y la alfalfa, los cotiledones y la plúmula crecen a la luz por el alargamiento del hipocótilo y las cubiertas seminales quedan en el suelo. En otras plantas, los cotiledones permanecen debajo de la tierra como es el caso de las gramíneas (Wheeler y Hill, 1957).

Todas las semillas necesitan humedad y una temperatura adecuada para la germinación, pero las necesidades exactas varían con las especies, teniendo las gramíneas tropicales una temperatura óptima más alta que las de zona templada (Whyte et al., 1959).

En las regiones con heladas o sequías estacionales, las condiciones que siguen inmediatamente a la diseminación de la semilla pueden ser desfavorables para la supervivencia de las plántulas, y se han producido varios tipos de latencia que extienden o retrasan la germinación hasta las estaciones favorables (Whyte et al., 1959).

En el caso de algunas especies de zona templada fría, es necesario exponerlas antes de la germinación a temperaturas bajas o alternadas (Whyte et al., 1959).

Mientras que el estado latente o de reposo es una ventaja selectiva para las especies silvestres, uno de los caracteres importantes necesarios en la mayoría de las gramíneas de cultivo es una germinación y un establecimiento de la plántula rápido y uniforme. Por esta razón, es necesario escoger especies sin latencia o, si esto no es posible, adoptar métodos como la

escarificación o el almacenamiento, que lo interrumpen (Whyte et al., 1959).

En la medida que la germinación, velocidad de crecimiento inicial, etc., disminuyen por diferentes factores que determinan estrés y aumentan los períodos de establecimiento, el complejo de hongos patógenos existentes en el medio puede actuar determinando muerte de plántulas, fenómeno denominado comúnmente como damping-off (Formoso, 2007).

2.1.2 Emergencia

Consiste en la aparición de la plántula sobre la superficie del suelo. La velocidad de emergencia resulta muy importante ya que en esta etapa no fotosintética, el crecimiento de la plántula depende exclusivamente de las reservas de la semilla, siendo a la vez expuesta a infinidad de factores desfavorables (Carámbula, 1977).

Una vez que la plántula ha emergido, la radícula debe entrar en el suelo y hacer contacto con un suministro más permanente de humedad bajo la superficie. Durante este estadio temprano del establecimiento y más tarde, cuando la joven planta se vuelve independiente de sus reservas endógenas, su sobrevivencia depende de la naturaleza del microambiente por arriba y por debajo de la interfase suelo-aire (Mc Williams y Dowling, 1970a).

Tanto en gramíneas como en leguminosas, el consumo de nutrientes comienza a los pocos días de la germinación, antes de que las reservas sean agotadas completamente (Mc Williams et al., 1970b).

2.1.3 Establecimiento

El establecimiento o porcentaje de establecimiento se refiere al número de plántulas saludables que se establecen en la pradera y se expresa como porcentaje del número de semillas viables sembradas. El valor del porcentaje de establecimiento está limitado a las primeras etapas de la vida de la pradera, período este denominado "de desarrollo", el cual finaliza entre 10 y 12 semanas luego de la siembra (Carámbula, 1977).

Dado que el porcentaje de establecimiento es la sumatoria de los porcentajes de germinación y mortandad, resume la

habilidad de cada especie o cultivar para contribuir a la composición de la pradera (Carámbula, 1977).

El establecimiento puede ser biológicamente definido como la secuencia de germinación de la semilla y desarrollo de la plántula que permiten la persistencia de las especies introducidas en el largo plazo. Desde una perspectiva de sistema, puede ser definido como un continuo de fases y procesos desde la producción de semilla de la planta hasta el estadio en que se logra cierta producción o mantenimiento de recursos provenientes del forraje en desarrollo. Este continuo puede ser dividido en ocho fases: cuatro fases de suministro de semilla, gobernadas por las propiedades pre-siembra de la semilla (viabilidad y dormancia), y cuatro fases de establecimiento en el campo que incluyen la transición de semilla sembrada a planta establecida (Gramshaw et al., 1993).

Mc Williams et al. (1971), consideran a una plántula como establecida una vez que ha emitido su primera hoja verdadera. La definición cronológica de establecimiento, puede llevar a confusiones dado que las plántulas son capaces de sobrevivir circunstancias de estrés por algún tiempo realizando pequeño o ningún crecimiento neto (Tamm y Chippindale, citados por Chapman y Fletcher, 1985).

Una mejor definición de establecimiento estará basada en criterios morfológicos (macollaje o aparición de estolones), que puede eliminar confusiones provenientes de efectos de estación, fertilidad, etc., y dar una mejor aproximación a la verdadera etapa fisiológica de la plántula (Chapman y Fletcher, 1985).

Las condiciones para el establecimiento de la semilla en la superficie del suelo son mucho más severas que las experimentadas por semillas enterradas (Mc Williams y Dowling 1970a, Janson y Whyte 1971).

2.2 EFECTO DE LOS FACTORES CLIMÁTICOS

2.2.1 Agua

El agua cumple un muy importante rol en la germinación de las semillas (Wheeler y Hill, 1957).

Es una variable discontinua y por tal, agregado a su alta variabilidad, es generalmente la causa principal en determinar malas implantaciones. La cobertura vegetal del suelo y tiempos de barbecho largos posibilitan aumentar el nivel de humedad en

el suelo y disminuir los riesgos de estrés hídrico (Formoso, 2007).

El agua absorbida por las semillas ablanda las cubiertas seminales y causa la hinchazón del embrión y del endosperma (Wheeler y Hill, 1957).

La semilla viable para germinar necesita agua y se absorbe tanto en forma líquida como de vapor. Un aspecto importante a resaltar con esta variable radica en garantizar el suministro de agua continuo a la semilla, más seguro, es a partir de la fase líquida. Para esto se requiere que el suelo tenga disponibilidad de agua adecuada, se necesita un buen contacto semilla-suelo y la semilla debe estar colocada próxima al denominado frente de humedad. Esto se regula dentro de ciertos límites con la profundidad de siembra en función del tamaño de la semilla (Formoso, 2007).

El agua facilita la entrada del oxígeno dentro de la semilla. Las paredes celulares cuando están deshidratadas, son casi impermeables a la entrada de los gases, pero si las paredes han absorbido una cantidad suficiente de agua, los gases se pueden difundir inmediatamente a través de ellas (Wheeler y Hill, 1957).

El agua diluye el protoplasma y permite que varias funciones se activen.

Las fluctuaciones de humedad también afectan la rapidez con que la radícula penetra en el suelo. Si falta humedad el extremo de la radícula muere y aunque siga creciendo fallará en penetrar al suelo (Campbell y Swain, 1973).

Asegurar un buen suministro de agua sin interrupciones a la semilla, generalmente es más fácil en el período húmedo, fin de otoño e invierno, que más temprano en el otoño, o tarde en primavera. Cuando las siembras se realizan en períodos de menor disponibilidad de agua, que en general coinciden con temperaturas más elevadas, las siembras sobre suelo recubierto con rastrojo protegen en mayor grado a las semillas de la desecación con relación al suelo desnudo (Formoso, 2007).

Si bien un déficit hídrico tiene un efecto perjudicial, un exceso de agua también afecta los procesos mencionados. Un aumento en el suministro de agua puede restringir la disponibilidad de oxígeno necesaria para la germinación (Benjamín, 1990).

Dentro de las familias existen diferencias en su comportamiento. Así por ejemplo, festuca requiere mayor disponibilidad de humedad que raigrás que prácticamente germina cerca del punto de marchitez permanente (Mc. William et al., 1970b).

El déficit hídrico compromete el desarrollo de la pastura. Durante el verano la tasa de crecimiento depende del agua disponible ya que el estrés hídrico provoca una caída en la fotosíntesis, en la velocidad de macollaje y en la expansión de hojas (Brougham, 1956).

2.2.2 Temperatura

La temperatura influye directamente sobre la velocidad de cualquier proceso biológico, pueden ser infra-óptimas, óptimas o supra-óptimas. Por ser una variable continua, dentro de los rangos normales que se registran en nuestro país, en general actúa deprimiendo o acelerando los procesos de germinación, establecimiento, etc. Valores térmicos extremos, altos o bajos, especialmente los primeros pueden determinar la muerte de plántulas (Formoso, 2007).

El crecimiento de la pastura está fuertemente influenciado por la temperatura y cuando es menor a 4°C, se detiene el desarrollo de la planta (Clarkson y Warner, 1979).

Según García-Huidobro et al., citados por Hur y Nelson (1985) la temperatura es el factor ambiental que tiene mayor influencia en la germinación.

Siembras tempranas (fines de febrero) con el objetivo de disponer de más forraje a fines de otoño e invierno pueden determinar en algunas forrajeras pérdidas importantes de la población (Formoso, 2007).

Las temperaturas en invierno determinan las menores tasas de crecimiento, mientras que en verano y primavera se registran las máximas acumulaciones de materia seca, aunque se trata de especies de metabolismo C₃. Sumado a ello, con el alargamiento del fotoperíodo, se da el comienzo de la encañazón, motivo por el cual no se da este desarrollo en otoño a pesar que las temperaturas puedan ser similares y la humedad del suelo sea más adecuada que en primavera (Brougham, 1956).

Angus et al., citados por Hur y Nelson (1985) reportó que presumiblemente aquellas semillas que pueden germinar a muy bajas temperaturas, no llegan a producir la emergencia de la plántula debido al efecto de patógenos y el agotamiento de las reservas.

Por otra parte también cabe destacar que las temperaturas por encima del óptimo para las especies templadas, también provocan una disminución en la actividad de las plantas (Mitchel, 1956).

Mitchell, citado por Milthorpe et al. (1966) encontró que a medida que aumentaba la temperatura se daba un aumento en la relación hoja/raíz por un menor suministro de energía a las raíces.

Por el contrario Troughton, citado por Milthorpe et al. (1966) observó una disminución en la relación hoja/raíz con incrementos de la temperatura y lo explicó por el aumento de la tasa de transpiración lo cual requería de una mayor producción de raíces.

2.2.3 Luz

La información de los efectos de la luz sobre la germinación es voluminosa y compleja, no resultando sencilla su interpretación. Las dificultades de su evaluación radican seguramente en la fuente de luz utilizada, que en la gran mayoría de los experimentos tiene únicamente una fracción de la energía irradiada por el sol (Koller, 1964).

Lebedev, citado por Milthorpe et al. (1966) encontró una baja relación hoja/raíz con altas intensidades de luz más que con bajas intensidades.

Esta tendencia es encontrada por muchos autores y se debe a la mayor cantidad de hidratos de carbono que está disponible para la formación de raíces a altas intensidades de luz (Milthorpe et al., 1966).

A medida que se reduce la intensidad de luz, la tasa de aparición de hojas disminuye en forma considerable mientras que el nivel de suministro de nutrientes minerales parece no tener efecto sobre dicha tasa, aunque sí sobre el tamaño de hojas. Sin embargo el efecto principal de un suministro de nutrientes variable se observa en la respuesta de macollaje de las gramíneas (Langer, 1990).

Ong, citado por Acle Mautone y Clement Piquet (2004) demostró que el factor determinante en la muerte de macollos u hojas es el nivel de luz, ya que cuando los tratamientos fueron sombreados (100% vs. 17.5 - 2,5% de luz), los niveles de disponibilidad de nutrientes tienen pequeño efecto en la cantidad de materia seca de la planta o el número de macollos muertos y hojas verdes.

2.3 EFECTO DE LAS VARIABLES DE MANEJO

2.3.1 Método de preparación de la sementera

2.3.1.1 Siembra directa

Durante más de 6000 años la agricultura se basó en el laboreo del suelo (Shear, citado por García Préchac, 1998a). Es ampliamente conocido que el laboreo es la principal causa de erosión y degradación del suelo (García Préchac, 1998a).

Es así entonces que para evitar que se den los procesos degradativos de los suelos se está adoptando cada vez más la siembra directa. En ésta se usan herbicidas con los cuales según estudios realizados por Shear, citado por García Préchac (1998a) se puede lograr el control de malezas al igual que se lo hace con el laboreo convencional.

La siembra directa tiene sus orígenes en los EEUU en los años 30 debido a los graves procesos erosivos sufridos por ese país (García Préchac, 1998b).

La siembra directa consiste en colocar la semilla en el suelo sin la realización de un laboreo previo (Phillips y Young 1970, Marchesi 1997). El éxito de la misma se basa en mantener cubierto el suelo determinando una reducción de la erosión hídrica (lluvia y menor escurrimiento superficial) y una disminución en la pérdida de materia orgánica del suelo (por oxidación). Los elementos tecnológicos que la caracterizan son las máquinas de siembra directa y los herbicidas en particular los que tienen al glifosato como principio activo, de acción sistémica y espectro total (García Préchac, 1998b).

La historia desde entonces hasta el presente es conocida, se desarrollaron más y mejores herbicidas y máquinas capaces de plantar en suelo no perturbado. En la década de los 80, con el vencimiento de la patente del Roundup que redujo sensiblemente el precio de los herbicidas con glifosato como principio activo, en interacción con la evidente insostenibilidad de la

agricultura con laboreo convencional por la erosión y degradación que generan, se inició la etapa de mayor difusión y adopción de la siembra directa (García Préchac, 1998a).

La permanencia de un rastrojo en la superficie provoca cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo alterando la dinámica de los procesos que en él ocurren, respecto a un suelo sin rastrojo.

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 e incrementar la mínima (Thomas 1995, García Préchac 1998b, Marchesi 1999).

En el país Maddalena (1994), observó 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.

Según Martino (1997), podemos decir que los suelos con cobertura de residuos vegetales son más fríos que los suelos laboreados, afectando por tanto todos los procesos biológicos como la germinación e establecimiento.

La siembra directa presenta mejores condiciones estructurales que el laboreo convencional, debido a que presenta niveles de aumento de la resistencia a la penetración, más graduales con el aumento de profundidad en comparación con los suelos laboreados indicando que en estos últimos se produce una densificación de las capas sub-superficiales (Fontanetto y Keller, 2001a).

En siembra directa el suelo presenta los mayores valores de infiltración acumulada y menor escurrimiento superficial debido a una mejor condición superficial del suelo provocado 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 (Quiroga y Ormeño, 1997).

En este sentido Fontanetto y Keller (2001b) sostienen que la agricultura provoca descensos en la porosidad original del suelo, la mayor disminución se da en los poros grandes y medianos.

Lal (1976), encontró densidades aparentes menores en siembra directa en los primeros 10 a 20 cm de suelo. Con esto concluye que la mayor actividad de las lombrices en este tipo de parcela fue la responsable de la menor compactación y encostramiento del suelo.

Sin embargo Gudelj (1996) obtuvo valores de densidad aparente mayores en siembra directa en comparación con labranza convencional pero estos no eran críticos para el desarrollo normal de raíces; también sostiene que este efecto se da en los primeros años de comenzar con este sistema el cual es revertido con los años, probablemente por un mayor nivel de materia orgánica y actividad de microorganismos y de la mesofauna del suelo.

Resultados similares se encontraron en Argentina EEA Rafaela del INTA donde se registró una tendencia a mayores valores de densidad aparente en siembra directa comparado con laboreo convencional en dos profundidades del suelo (Fontanetto y Keller, 2001b).

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 (Gudelj, 1996).

En contrapartida Fontanetto y Keller (2001a) 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 formar un piso de arada que posteriormente produjo los mayores registros de resistencia de penetración y las peores condiciones para el crecimiento radicular.

La no-perturbación del suelo junto con la acumulación de residuos sobre la superficie produce grandes cambios en la dinámica y distribución de nutrientes en un sistema de cero laboreo. Los suelos bajo este tipo de sistema presentan diferente distribución vertical de nutrientes inmóviles, tales como P y K, materia orgánica, actividad microbiana y raíces de cultivos.

Según Morón (2001), se puede sostener que el efecto de la siembra directa es disminuir las pérdidas del carbono orgánico.

En condiciones de cero laboreo la mineralización de la materia orgánica del suelo es reducida (Soper y Grenier, citados por Martino, 1997) y la inmovilización del nitrógeno en la biomasa microbiana es incrementada (Rice y Smith, citados por Martino, 1997). Es por ello que la disponibilidad de nitrógeno y también de fósforo, para los cultivos, es generalmente menor que en situaciones de laboreo convencional, particularmente durante los primeros años de iniciar un programa de siembra directa (Martino, 1997).

2.4 MÉTODO DE SIEMBRA

Cuando se siembra una pastura perenne lo que se desea lograr es un buen establecimiento y balance de las especies sembradas para así lograr una mejor persistencia, es así que el método de siembra se vuelve una variable de vital importancia que puede llegar a determinar el éxito o fracaso en la instalación de la pradera. Para esto se debe tener en cuenta, los distintos requerimientos de los componentes de la mezcla ya sea gramínea o leguminosa.

La disponibilidad de máquinas especializadas que realizan la siembra convencional sin dificultades es cada vez más amplia y en base a los más variados mecanismos. Ellas ofrecen distintas posibilidades de siembra, todas basadas en dos grandes sistemas tradicionales: la siembra al voleo y la siembra en líneas, así como las más variadas combinaciones que puedan presentarse entre ellas.

2.4.1 Siembra al voleo

La siembra al voleo es el método más común para sembrar pasturas. La denominación "al voleo" expresa claramente que la semilla debería ser desparramada en el suelo, de tal forma que tendría que quedar distribuida uniformemente, al menos en teoría, y que por lo tanto las plántulas dispondrían de volúmenes de suelo similares y a igual distancia unas de otras (Carámbula, 2003).

Dado que una vez desparramada la semilla en la superficie del suelo, debe ser tapada correctamente por accesorios colocados en la propia máquina o mediante el pasaje de ciertos implementos como rastras livianas, de dientes, de ramas, etc., es posible que mucha semilla quede ubicada, tanto sin tapar como a profundidades incorrectas y a distancias dispares entre sí (Carámbula, 2003).

Varios autores coinciden en que con el método convencional de siembra y fertilización al voleo no existirían problemas para la establecimiento y desarrollo de la fracción leguminosa de la mezcla, en cambio sí se han constatado problemas para la establecimiento de las gramíneas perennes, lo que junto al escaso vigor inicial determinan un exceso de leguminosas que aumenta la inestabilidad de producción (Mínima, citado por Díaz y Moor, 1980).

En las siembras al voleo adquieren importancia tres variables que resultan ser definitorias del éxito de este método de siembra: la preparación final del suelo, la distribución uniforme de la semilla y el tapado correcto o profundidad en que quedará ubicada la semilla (Carámbula, 2003).

La eficiencia con que se realice este método permitirá alcanzar poblaciones más homogéneas, sin zonas de la pastura con exceso y falta de plantas, lo que determinará la calidad de la siembra (Carámbula, 2003).

2.4.2 Siembra en líneas

La principal ventaja de la siembra en líneas es que permite ubicar la semilla y el fertilizante a distancias cercanas (líneas o bandas), lo cual conduce a una mayor eficiencia de ambos insumos. Ello conduce a menores gastos de establecimiento y mayores porcentajes de aprovechamiento de los mismos, precisamente cuando al estado de plántula las especies forrajeras requieren una alta disponibilidad de nutrientes (Carámbula, 2003).

Así, Díaz y Moor (1980) determinaron en la Estanzuela que la siembra de la festuca en líneas aumentó considerablemente su contribución en la pastura permitiendo además un importante ahorro de semillas. La producción de festuca fue similar sembrando 6 kg/ha en líneas o 18 kg/ha al voleo.

Según varios autores, este método de siembra (semillas y fertilizantes en líneas) podría presentarse como más valioso en pasturas sembradas en zonas expuestas con frecuencia a déficits hídricos. Al respecto, Hart et al., citados por Carámbula (2003) afirman que la siembra en línea de la festuca entregó mayores rendimientos de forraje que al voleo, bajo cualquier nivel de humedad.

A pesar de las ventajas que se citaron previamente acerca del buen comportamiento del método de siembra en líneas, es

posible recordar algunos inconvenientes que se pueden presentar al aplicar el mismo. Uno de los contratiempos más comunes en las siembras en líneas, es que en muchos casos el suelo no está firme y la semilla es ubicada a mayor profundidad que la recomendada. Además resulta dificultosa la siembra de varias especies a la vez en forma de mezclas complejas, ya que de sembrarse en la misma línea, hilera, surco o banda, las distintas plántulas entran en una severa competencia por espacio, luz, agua y nutrientes (Carámbula, 2003).

Para obviar este inconveniente se recomienda la siembra de cada especie o grupos de especies de mayor afinidad (tamaño de semilla, vigor inicial, ciclo) mediante distintos arreglos en los espacios de suelo disponibles. Con tal fin se ha sugerido siembras en líneas alternadas, gramíneas en líneas y leguminosas al voleo, líneas cruzadas, etc., acordes con la maquinaria disponible, tipo de pastura, etcétera (Carámbula, 2003).

Según Mínima, citado por Díaz y Moor (1980) observó un comportamiento diferencial como repuesta a los métodos de siembra de las especies de semillas chicas, sembradas en líneas pueden sufrir pérdidas de plántulas permitiendo de esta forma un dominio de las especies de semilla grande en la pastura.

Es importante recordar que la siembra en líneas puede favorecer indirectamente el crecimiento y desarrollo de malezas en las entrelíneas, como respuesta a la falta de competencia debido a la ausencia de plantas forrajeras (Carámbula, 2003).

2.4.3 Ventajas y desventajas de las siembras al voleo y en líneas

Según White et al. (1959), las mismas consistirían en:

- La siembra al voleo tiene como principales ventajas la rapidez, sencillez y el poder lograr una rápida cobertura del suelo. Las desventajas de este método son la emergencia lenta y despereja de las plántulas, la mayor cantidad de semilla que requiere y la menor eficiencia del uso del fertilizante.
- La siembra en líneas tiene las ventajas de que la semilla puede ser colocada en la parte húmeda del suelo, a una profundidad pareja y en un lugar próximo al fertilizante. Las desventajas que tiene este método es que las filas espaciadas a 15 o 18cm dan una pobre cobertura inicial del suelo, pudiendo haber invasión de malezas. A su vez, el

congestionamiento de las semillas en la línea puede traer un rápido establecimiento de las especies de crecimiento vigoroso que sombrean a las de crecimiento más lento (Carámbula, 2003).

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de las principales condicionantes que permiten definir el método de siembra a ser utilizado.

Cuadro 1. Parámetros que permiten definir el método de siembra más recomendable.

Voleo	Línea
Buena preparación de la sementera	Mala preparación de la sementera
Buena humedad	Riesgos de sequía
Alta fertilidad	Baja fertilidad
Muy enmalezado	Poco enmalezado

Fuente: Carámbula (2002)

Las especies de semillas grandes (como las gramíneas) sembradas al voleo tienen menor emergencia y vigor de plántulas, Laca y Da Silva (1983) encontraron que el efecto del método de siembra se ve reducido cuando se dan condiciones de alta fertilidad y buenos niveles de humedad en el suelo, pero luego de condiciones de "stress" hídrico el rendimiento de las gramíneas en líneas fue significativamente superior al de las sembradas al voleo.

Manejando algunas variables en el momento de la siembra se puede conseguir un establecimiento más seguro y eficiente de la pastura (Díaz y Moor, 1980).

2.5 EPOCA DE SIEMBRA

De nada vale aplicar los métodos de siembra más adecuados así como las densidades y profundidades de siembra más apropiadas y las fertilizaciones iniciales más ajustadas, si la época en que se instala la pastura no es la correcta (Carámbula, 2003).

A medida que se atrasa la época de siembra el establecimiento se hace más dificultosa. Es posible expresar que si bien las leguminosas son muy sensibles a los atrasos en la época de siembra, las gramíneas son más dúctiles y capaces de aceptar periodos más amplios de establecimiento (Carámbula, 1991).

La humedad, la temperatura y la interacción entre ambas variables climáticas son factores fundamentales que intervienen para definir la época de siembra (Carámbula, 2003).

En general, en la mayoría de las regiones del país el período comprendido entre el comienzo de abril y el 15 de mayo sería el más adecuado en reunir las condiciones más favorables para una siembra exitosa teniendo en cuenta principalmente factores abióticos (régimen pluviométricos entre años) (Millot et al., 1987).

2.5.1 Factores del clima

2.5.1.1 Humedad

La germinación rápida y uniforme de las semillas se logra cuando el suelo presenta un contenido adecuado de humedad.

En la mayoría de las oportunidades, la cantidad y distribución de las lluvias registradas inmediatamente después de las siembras han sido juzgadas como el factor físico ambiental que más afecta el establecimiento de las pasturas, debiendo ser complementado por temperaturas favorables si se pretende alcanzar el éxito (Carámbula, 2003).

En cuanto a las necesidades de agua para la germinación, existen diferencias importantes entre las especies. En general, las leguminosas requieren niveles de humedad menores que las gramíneas, ya que no sólo la imbibición por parte de la semilla es más rápida, sino que alcanzan en menor tiempo un contenido más alto de agua (Mc Williams y Dowling, 1970a).

Si bien parecería que en semillas normales (no duras) la permeabilidad del pericarpio no resulta un factor importante, la citada diferencia entre ambas familias se debería a:

- La presencia en las leguminosas de una capa de células especializadas que ubicada bajo las cubiertas seminales actuaría a modo de una esponja;
- La mayor capacidad para absorber agua del tejido embrionario de las leguminosas, que el endosperma de las gramíneas;
- La característica de las leguminosas de poseer embriones de mayor tamaño.

También dentro de cada familia existen diferencias en su comportamiento. Así, por ejemplo en las gramíneas, el dactilis

requiere mayor disponibilidad de humedad que la festuca y ésta a su vez, que el raigrás anual, el cual germina aún con niveles muy bajos de agua (Carámbula, 2003).

2.5.1.2 Temperatura

En cuanto a la influencia de la temperatura, parecería que tanto la temperatura del suelo como la del aire, afectan el comportamiento de las semillas según la época de siembra (Herriot, citado por Carámbula, 2003).

En estas latitudes la temperatura mínima media del suelo disminuye desde enero hasta junio, para luego aumentar lentamente y alcanzar los valores más altos en diciembre. A fines de verano las temperaturas máximas medias pueden alcanzar niveles excesivamente altos de hasta 45°C, con efectos negativos en la germinación de las diferentes especies forrajeras. A partir de marzo, una temperatura media de 25°C contribuye a un mejor establecimiento de las pasturas. Sin embargo, si las siembras se realizan en mayo, debido a que las temperaturas mínimas que se registran en este mes pueden alcanzar hasta 5°C, es muy posible que se produzcan pérdidas de plántulas y se registre un crecimiento muy lento en las sobrevivientes (Carámbula, 2003).

Davidson y Milthorpe, citados por Robson (1971) encontraron que el crecimiento de las raíces de Festuca a 26°C era más rápido que a 22°C y mucho más rápido que a 14°C particularmente cuando las plantas eran pequeñas.

A pesar de que cada especie posee temperaturas óptimas para germinar, parecería que la mayoría de ellas aceptan rangos de temperaturas variables, sin que su comportamiento sea alterado drásticamente (Carámbula, 2003).

2.5.2 Siembras de otoño y primavera

A pesar de que dentro de cada época, normalmente los momentos de siembra no implican costos diferenciales importantes, los momentos oportunos pueden generar ingresos diferenciados muy importantes en el predio.

En general es posible afirmar que existen dos épocas definidas de siembra de pasturas: otoño y primavera.

Tanto en las pasturas de siembra otoñal como en las de siembra primaveral su instalación debe estar supeditada a la disponibilidad de humedad y temperaturas adecuadas en los suelos, ya que cuanto más rápido se produzca la germinación, mayor será la oportunidad que tiene una especie para sobrevivir (Carámbula, 2003).

2.5.2.1 Otoño

Si bien es cierto que normalmente se sostiene que el otoño es la estación más favorable para la siembra de pasturas por las condiciones generales que se registran en la humedad (recarga de agua de los suelos y presencia de rocíos fuertes y neblinas), también es cierto que estas condiciones favorables son apoyadas por otras tales como una preparación fácil y a tiempo de las sementeras, con menores posibilidades de que se registren pérdidas de agua por evapotranspiración (Carámbula, 2003).

Respecto a las siembras muy tempranas de otoño éstas pueden presentar otros inconvenientes como la escasa eliminación y posible aparición de malezas invernales, las falsas germinaciones de las especies sembradas por la carencia de lluvias de poca intensidad cuyas plántulas posteriormente quedan "colgadas" sobre suelo seco en profundidad y el robo de semillas por parte de las hormigas (Carámbula, 2003).

Por el contrario, siembras muy tardías en pleno período de fríos intensos y registros de heladas, situación bastante común en la Región, promueven no solamente la germinación lenta de las semillas, sino además una muy baja actividad simbiótica, lo que conduce a plántulas débiles de establecimiento retardado, las cuales muchas veces terminan muriendo (Carámbula, 2003).

2.5.2.2 Primavera

Si bien las condiciones normales de la primavera, con temperaturas medias y alta humedad disponible, pueden favorecer a la mayoría de las especies, es evidente que sólo prosperarán gramíneas perennes estivales como el *Paspalum* y algunas leguminosas perennes como la alfalfa, el trébol rojo y el lotus (Carámbula, 2003).

De ahí que, en estas circunstancias, la siembra temprana de pasturas en primavera realizada en agosto permitiría usar los recursos forrajeros invernales presentes en el predio, (Deal, citado por Carámbula, 2003).

2.6 ELECCIÓN DE ESPECIES

2.6.1 Características de las gramíneas utilizadas

Las gramíneas constituyen indudablemente el volumen más importante de forraje para los animales.

Por el momento, en la Región la producción de forraje con gramíneas se basa principalmente en la utilización de unas pocas especies. Estudios detallados del comportamiento de las mismas en jardines de introducción, así como su productividad a nivel de cultivo de un rango muy amplio de procedencias, han demostrado que ellas, aunque pocas, ofrecen grandes posibilidades. Por ello, en la actualidad se ha preferido concentrar los esfuerzos en la creación de nuevos cultivares con una mayor adaptación a las condiciones ambientales de la Región y no especular con nuevas especies (Carámbula, 2002).

Cuando se las compara con las leguminosas, las gramíneas presentan las siguientes ventajas:

- Se adaptan muy bien a la mayoría de los suelos.
- No producen meteorismo.
- Presentan muy pocos ataques de plagas y enfermedades.
- Proveen alta persistencia a las pasturas.
- Permiten controlar las malezas de hoja ancha más fácilmente.
- Proveen materia seca a las pasturas a lo largo de todo el año.

Sin embargo, a pesar de los grandes atributos que presentan las gramíneas, muchas de ellas pueden provocar bajo ciertas circunstancias, problemas y desórdenes en los animales que las pastorean (Carámbula, 2002).

Las especies perennes de ciclo invernal contribuyen, por la muy buena longevidad de sus plantas, a lograr pasturas con una prolongada persistencia productiva, siempre que reciban un aporte adecuado de nitrógeno.

La festuca (*Festuca arundinacea*), el dactilis (*Dactylis glomerata*) y el falaris (*Phalaris aquatica*) son las gramíneas forrajeras perennes invernales que más se utilizan en la Región para la siembra de praderas asociadas con leguminosas.

Otras gramíneas perennes invernales de particular interés para zonas importantes de la Región son el raigrás (*Lolium*

perenne), el bromus (*Bromus auleticus*), el festulolium (*Festuca x Lolium*) y el agropiro (*Agropyron elongatum*).

Todas ellas tienen ciclo otoño-inverno-primaveral, por lo que tienden a cubrir, si son bien manejados los requerimientos de los animales, básicamente durante el período crítico invernal.

2.6.1.1. Festuca (*Festuca arundinacea*)

La festuca es una gramínea perenne de ciclo invernal, que debido a su característica de producir forraje temprano en otoño y a fines de invierno, puede ser clasificada como una pastura precoz de vida larga (Carámbula, 1977).

Presenta macollos redondeados y hojas grandes de color verde oscuro, estriada en el haz, éstas a su vez son ásperas por la parte superior y brillante y suave por el envés. Tienen aurículas y lígula muy pequeñas. La lámina en su unión con la vaina tiene unos pelos diminutos. La prefoliación es convolutada (Langer 1981, Muslera y Ratera 1984).

El sistema radicular es denso en superficie, a la vez que algunas raíces pueden descender muy profundas (Muslera y Ratera, 1984).

En la floración se forma una panoja grande y abierta. La semilla, compuesta por una florecilla completa, en general sin arista, es muy similar a la del raigrás, de manera que la contaminación de muestras de semilla de festuca por semillas de raigrás es un verdadero peligro (Langer, 1981).

Adaptable a un rango amplio de suelos, prospera mejor en suelos medios a pesados y tolera suelos ácidos y alcalinos. Crece bien en lugares húmedos y presenta a la vez buena resistencia a la sequía, pero conserva menos hojas verdes que el dactilis. Posee buena precocidad otoñal, rápido rebrote de fines de invierno y floración temprana (setiembre - octubre), admite pastoreos relativamente intensos y frecuentes. No tiene reposo estival pero requiere de un manejo cuidadoso en verano. Tiene baja palatabilidad en estado reproductivo, muy buena persistencia y es buena productora de semillas con alta a media fertilidad. Es apropiada para pastoreo diferido invernal y es susceptible en forma variable a roya. La densidad de siembra es de 10-15 kg/ha puro y de 9-12 kg/ha en mezclas (Carámbula, 2002).

Es una planta que tiene un establecimiento muy lento y es vulnerable a la competencia por otras especies (Muslera y Ratera, 1984). En este sentido Cowman, citado por Carámbula (2003) cree que dicho problema se debe a que sus plántulas son muy poco vigorosas. Como consecuencia son fácilmente dominadas por especies anuales de rápido crecimiento. Por esta razón, la Festuca al estado de plántula debe manejarse con mucho criterio, si no se quiere correr el riesgo de perderla por competencia, ya sea de malezas o de especies forrajeras de buen vigor inicial (Carámbula, 2002).

Según Carámbula (2003), se ha sugerido que el establecimiento pobre de la festuca se debería a la baja movilización de las reservas de la semilla y en consecuencia al crecimiento lento de la raíz.

En siembras puras, así como asociadas, la siembra de festuca en líneas es uno de los factores que mayor incidencia tiene en la establecimiento. Cuando se compara la siembra de festuca en líneas frente a la siembra al voleo, con frecuencia se obtienen incrementos de 15 a 30% en la producción de gramíneas de la pastura, especialmente cuando las condiciones para el desarrollo de las pasturas no son muy favorables (Rebuffo y García, 1991b).

Un aspecto fundamental que se debe cubrir sin excepciones y que determina el éxito o el fracaso de esta especie, es aplicar el manejo acertado tanto de fertilización como de defoliación (Carámbula, 2002).

La festuca necesita un suministro de nitrógeno importante, ya sea a través de fertilizantes nitrogenados o mediante la siembra de leguminosas asociadas (Carámbula, 2002).

El cultivar Estanzuela Tacuabé es una variedad sintética que incluye diversos genotipos de diferentes orígenes (Argentina, Inglaterra, África, y locales). La producción invernal y persistencia fueron los principales atributos buscados en este material (García, 1995).

2.6.1.2 Raigrás (*Lolium perenne*)

Es una gramínea perenne invernal, cespitosa. Prefiere las áreas con climas templados y húmedos, particularmente aquellos frescos, nubosos y sombríos (Carámbula, 2002).

Es una especie duradera capaz de producir una gran cantidad de macollos.

Es una planta glabra, con macollos achatados típicos y hojas de color verde oscuro, que presentan nervaduras en su cara superior siendo la inferior muy brillante. Las aurículas son muy pequeñas y a menudo faltan, y la lígula es corta, membranosa casi transparente, pegada al tallo y poco visible (Muslera y Ratera, 1984). Hacia su base las vainas foliares son de color rojo brillante (Langer, 1981).

Es la gramínea que tiene el sistema radicular más denso, como consecuencia de tener raíces de menor diámetro que las de otras plantas, lo cual representa por un lado una mayor capacidad de exploración de tierra y posibilidad de nutrición, a la vez que realiza una labor mejorante de la estructura del suelo, superior a la de otras gramíneas (Muslera y Ratera, 1984).

La inflorescencia es una espiga que sostiene un número variable de espiguillas (de 5 a 40) acomodadas y unidas de forma alterna directamente a lo largo del borde del raquis central. Las lemas no tienen aristas en contraste con el raigrás anual (Núñez Hernández et al., 1998).

La semilla chata, de 4 - 6mm de longitud, consiste en un cariopse rodeado por la lemma y la palea (Langer, 1981).

Su producción forrajera es máxima en suelos fértiles y bien drenados, y mínima en suelos arenosos. Es de fácil establecimiento, más macolladora y más precoz que las otras gramíneas invernales perennes. Se adapta tanto al pastoreo directo como a la henificación, al henolaje y al ensilaje. Admite pastoreos continuos y severos y no es afectado por el pisoteo. Las reservas forrajeras elaboradas con esta gramínea son de excelente calidad. Es la gramínea perenne más engordadora. Su densidad de siembra es de 20-24 kg/ha en mezclas y se lo puede utilizar en dosis menores de acuerdo con la gramínea asociada (Carámbula, 2002).

Su adaptación al pastoreo es debido a su facilidad de rebrote (Carámbula, 2002).

Se adapta a una amplia gama de ambientes, siempre que posean una buena distribución de lluvias y temperaturas moderadas (Carámbula, 2002).

También se debe hacer notar que esta especie no tolera las sequías. No compite con malezas, especialmente cuando la población de plantas y el vigor de las mismas decrecen. En el verano crece poco si las condiciones ambientales son cálidas y secas. Su comportamiento es deficiente en suelos de texturas livianas. Su período de floración es prolongado, lo cual afecta por un tiempo relativamente largo la calidad del forraje al final del ciclo. En pasturas de vida larga, muchas veces necesita ser resembrado (Carámbula, 2002).

2.6.1.3 Bromus (*Bromus auleticus*)

Es una especie forrajera nativa perenne y de ciclo invernal, es un pasto fino, apetecido y medianamente productivo. Es común en campos vírgenes y de rastrojo muy antiguo pero pasa inadvertido por el castigo que le inflingen los animales; florece muy poco en los potreros (Rosengurtt, 1946).

Esta especie muestra una diversidad muy amplia en dimensiones foliares, vellosidad y producción de rizomas estoloníferos (Freire y Methol, 1982).

Se adapta a un rango amplio de suelos independientemente de su fertilidad o profundidad, siempre que sean bien drenados; siendo la especie perteneciente a la tribu "Festuceae" que mejor sobrevive al stress hídrico estival (Millot, s.f.).

Es de hacer notar que esa adaptación es por "tolerancia" y no por escape, ya que es a su vez la especie invernal que más produce en esta época del año. Su tolerancia a persistir durante el verano y su gran resistencia a la defoliación se deben a diversas características morfo-fisiológicas específicas, localmente incrementadas por selección natural:

- Primordios foliares y puntos de crecimiento localizados a varios centímetros por debajo de la superficie del suelo (6-8cm).
- Macollamiento extravaginal, formando rizomas subterráneos, cortos y profundos, por lo que la planta adopta un hábito de crecimiento erecto en forma de maciegas más o menos extendidas según el largo de los rizomas (según genotipo).
- Enraizamiento profundo y vigoroso, capaz de extraer agua de horizontes profundos.
- Gran capacidad de rebrote a partir de sustancias de reserva, aún sin área foliar remanente.

- Ciclo invernal con floración temprana y simultánea.
- Tolerancia a altas temperaturas e intensidad de luz (Millot, s.f.).

Se trata de una especie muy productiva, palatable y accesible para los animales debido a sus excelentes características bromatológicas, digestibilidad y proteína; por lo que constituye un buen complemento nutritivo de nuestras mejores pasturas naturales y/o cultivadas (Olmos, citado por Millot, s.f.).

Es resistente al fuego por poseer sus meristemas debajo del nivel del suelo. Produce forraje de calidad en otoño-invierno y no tiene latencia estival. Su contribución al rendimiento aumenta con la edad de la pastura, es de gran persistencia. Responde muy bien al nitrógeno pero se recomienda su siembra con una leguminosa como el lotus, por su similar manejo de pastoreo (Carámbula, 2002).

La elongación de entrenudos comienza entre comienzos y mediados de agosto, por lo que admite pastoreos vegetativos hasta fines de julio, sin afectar significativamente la producción de semillas (Olmos, 1993).

La producción de semillas es afectada por determinadas prácticas de manejo tales como fecha del último corte, densidad de siembra y aplicación de fertilizantes (Davis, De Batista y Costa, Boggiano y Zanoniani, citados por Ruiz y Covas, 2004).

Tiene una muy buena semillazón. Su densidad de siembra es de 35-40 kg/ha puro y 20 Kg/ha en mezclas (Olmos 1993, Carámbula 2002).

Hay dos razones para justificar dicha densidad de siembra de 40Kg/ha que puede parecer excesiva:

- Su lento crecimiento en el primer año que la hace susceptible a la competencia por otras especies y
- La calidad de la semilla en general no es como la de las especies mejoradas ya que presenta envolturas florales las cuales a veces acompañan a los cariopses. A su vez los porcentajes de germinación rara vez superan el 80% (Olmos, 1993).

El porcentaje de establecimiento se favorece con respecto a siembras al voleo, cuando las semillas de esta especie son sembradas en línea con cero laboreo (zapatas) (Millot, s.f.).

Como problemas de esta especie se puede decir que no acepta niveles altos de humedad. Se establece muy lentamente. Presenta rendimientos muy bajos en el año de siembra. Pastoreos severos y frecuentes lo acaban como ha sucedido en las pasturas naturales. Además la semilla pierde su poder germinativo rápidamente (Carámbula, 2002).

Es una gramínea cuyas semillas presentan dificultad para correr fluidamente por los tubos de las sembradoras y es probable que para su establecimiento rápido requieran temperaturas superiores a 10°C (Carámbula, 2002).

En Uruguay se dispone de dos cultivares (cv. Zarco y cv. Potrillo) creados por la Facultad de Agronomía.

Se trata de una especie que persiste por lo menos 5-6 años, situación que varía significativamente de acuerdo con el manejo que reciba (pastoreo) y los niveles de refertilización anual. No hay que descartar la posibilidad de que cada 2-3 años luego de instalada, se permita la semillazón y resiembra natural como forma de favorecer su presencia en la pastura (Carámbula, 2002).

2.6.2 Características de las leguminosas utilizadas

Las leguminosas constituyen componentes invaluable de las pasturas. Sus propiedades de "dadoras" de nitrógeno y su valor nutritivo, especialmente por sus proteínas y minerales, las ubican como elementos imprescindibles en la producción de forraje (Carámbula, 2002).

Es posible afirmar que las leguminosas:

- Ofrecen excepcional calidad alimenticia en términos proteicos y minerales (Mg y Ca), menos fibra y una relación hidratos de carbono solubles/hidratos de carbono insolubles mayor.
- Son "ahorradoras" de energía ajena al sistema y "dadoras" de N, fuente costosa independiente del suelo.
- Poseen una alta digestibilidad y promueven una elevada ingestión voluntaria (Carámbula, 2002)

El interés agronómico de las leguminosas se debe a:

- Mejoramiento de la estructura del suelo, particularmente en profundidad y como resultado, una preparación del suelo más fácil y un mejor enraizamiento para el cultivo siguiente.
- Aporte de una masa importante de residuos particularmente fermentescibles y que activan la vida microbiana del suelo.

No obstante, las leguminosas presentan varias debilidades tales como:

- a) Menor capacidad para competir por P, N, K y S.
- b) Menor capacidad para competir por luz, tanto las de hábito de crecimiento rastrero como las de hábito erecto.
- c) Mayor riesgo de plagas y enfermedades que las gramíneas.
- d) Mayor riesgo de meteorismo.
- e) Mayor necesidad de resiembra para mantener buenas poblaciones.

Los procesos de semillazón y de autosiembra anuales son muy importantes en las leguminosas. Con respecto al proceso de semillazón, se debe favorecer el mismo de la mejor manera ya que de no permitirse que se concrete, al menos parcialmente, se deberá recurrir periódica e irremediablemente a la siembra con "semilla de la bolsa" (Carámbula, 2002).

2.6.2.1 Trébol blanco (*Trifolium repens*)

Trébol blanco es una leguminosa perenne, estolonífera, de ciclo invernal y presenta su mayor producción en primavera. Por su alta producción de forraje de calidad excelente, su persistencia con manejos intensivos y su habilidad para competir con gramíneas perennes a la vez que cederles nitrógeno, esta especie contribuye a formar las mejores pasturas del mundo (Carámbula, 1977, 2002).

Esta especie es glabra, de hábito postrado con muchos tallos extendiéndose por la superficie del suelo y produciendo raíces adventicias en cada nudo. El sistema radicular primario se pierde una vez que la planta se establece. Los folíolos son ovalados y con frecuencia poseen una mancha blanca, en forma de medialuna, en la cara superior. La inflorescencia es un capítulo con muchas florecillas blancas o rosadas. La semilla tiene forma de corazón y color amarillo dorado (Langer, 1981).

Según Chow, citado por Muslera y Ratera (1984), el crecimiento del trébol blanco comienza por el desarrollo de la corona, de una raíz pivotante y hasta diez estolones primarios.

Posteriormente los nudos de estos estolones desarrollan nuevas raíces adventicias, hojas y una yema axilar.

Se adapta mejor a suelos medianos a pesados, fértiles y húmedos, no tolera suelos superficiales. Requiere y responde a niveles crecientes de fósforo. Tiene gran potencial de producción anual con un pico en primavera. Normalmente no crece en verano. Posee un valor nutritivo elevado a lo largo de toda la estación de crecimiento. Tiene gran potencial de fijación de nitrógeno.

Admite pastoreos relativamente intensos y frecuentes al poseer tallos estoloníferos que enraízan en los suelos muy eficientemente (Carámbula, 2002).

Además según Suckling, citado por Langer (1981), aún sometido a un pastoreo muy intenso una cierta proporción de inflorescencias se ingenian para producir semilla, habiendo siempre una elevada proporción de semillas duras.

Tiene muy buena semillazón y resiembra natural y provoca alto riesgo de meteorismo. Su densidad de siembra es de 4 kg/ha puro y de 2-4 kg/ha en mezclas (Carámbula, 2002).

No obstante el trébol blanco tiene un vigor inicial bajo y establecimiento lento. Es agresivo en situaciones muy desfavorables, no tolera la sombra y es muy sensible a las sequías (Carámbula, 2002).

A pesar que su ciclo es invernal, el mayor aporte de forraje se registra en primavera (Carámbula, 2002).

Esta especie posee la capacidad de persistir tanto vegetativamente como por semillas duras, dualidad especialmente valiosa para ocupar nichos vacíos en las pasturas (Carámbula, 2002).

La gran adaptación de trébol blanco al manejo intenso y los altos rendimientos de materia seca que posee se debe a que posee ciertos atributos positivos: porte rastrero, meristemas contra el suelo, índice de área foliar (IAF) bajo, hojas jóvenes ubicadas en el estrato inferior y hojas maduras en el estrato superior (Carámbula, 2002).

La vida productiva de esta especie en una pastura, está condicionada a un proceso eficiente de formación y enraizamiento de estolones hijos y a la aparición de plantas nuevas como

consecuencia de la resiembra natural (Westbrooks y Tesar, citados por Carámbula, 2002).

El trébol blanco no es de floración terminal y aunque florezca, el estolón puede seguir creciendo (Carámbula, 2002).

Los cultivares de trébol blanco se agrupan o clasifican en "tipos" asociados a determinadas características, siendo la principal el tamaño de las hojas. En este sentido es posible agruparlos en:

- 1. Cultivares de hojas pequeñas:** este grupo incluye los tipos salvajes, que son muy prostrados, de estolones largos y hojas y flores pequeñas, ciclo corto y bajos rendimientos. Su supuesta virtud principal es la persistencia; sin embargo, este carácter dependería de ciertos factores tales como manejo, fertilización y enfermedades (cultivares Kent Wild y S. 184).
- 2. Cultivares de hojas de tamaño intermedio:** posee caracteres intermedios entre ambos grupos extremos y se usan principalmente en pasturas de media a corta vida, por ejemplo cvs. Estanzuela Zapicán, El Lucero, Huia, etcétera.
- 3. Cultivares de hojas grandes:** en este grupo la mayoría de los tréboles son del tipo Ladino, de porte más alto, presentan estolones gruesos y hojas y flores grandes.

Son de muy buena producción en condiciones húmedas, pero siempre que el manejo sea aliviado. En varias oportunidades se ha sostenido que este grupo posee mayor resistencia a la sequía. Sin embargo, parecería que dicho carácter no es un atributo de cada grupo, sino que puede modificarse ampliamente por la humedad, la fertilidad del suelo y el manejo de la defoliación (Langer 1981, Carámbula 2002).

El tipo de trébol blanco utilizado mayormente en el Uruguay es de hoja intermedia, buen crecimiento invernal, floración temprana y abundante semillazón. Zapicán y Bayucúa son ejemplos de este tipo de materiales y corresponden al "tipo" común, de hoja intermedia a grande y de muy buena producción invernal. La producción de estas variedades es muy buena en los dos primeros años, pero su presencia posterior es errática (Rebuffo y García 1991b, Rebuffo y Formoso 1991a).

El cultivar Zapicán, fue seleccionado en La Estanzuela sobre una procedencia de trébol blanco Santa Fé, el cual fue

introducido de Argentina, adaptado a las condiciones locales. Este presenta muy buenos rendimientos desde el otoño hasta mediados de primavera, así como gran crecimiento invernal. Las condiciones estivales determinan si la población de plantas persiste por nuevos estolones o por resiembra natural (Carámbula, 2002).

2.6.2.2 Lotus (*Lotus corniculatus*)

Lotus es una leguminosa perenne que se recomienda en suelos donde la alfalfa no prospera; su resistencia a la sequía, alto valor nutritivo, hacen que su heno sea comparable al de alfalfa y su forraje al del trébol blanco. Su persistencia hace de ella una especie muy recomendable para ser incluida en mezclas forrajeras de larga duración (Carámbula, 1977).

Lo que diferencia a esta especie de los tréboles es la existencia de un par de folíolos en la base del pecíolo. Por lo tanto, las hojas consisten de cinco folíolos, característicamente asimétricos y en punta. En cada inflorescencia hay, relativamente, pocas florecillas grandes, amarillas o amarillo-rojizas. Las vainas de las semillas son derechas y de mayor longitud que el cáliz (Langer, 1981).

Se adapta a un rango muy amplio de suelos secos, de baja fertilidad, con niveles notablemente bajos de fosfato y potasio, y son capaces de competir por niveles bajos de nutrientes vegetales disponibles con mayor éxito que trébol blanco (Langer 1981, Carámbula 2002).

Tiene un sistema radicular pivotante profundo. Ofrece buen potencial de producción primavero-estivo-otoñal con posibilidades de producción a fines de invierno en cultivares tempranos. Tiene un elevado valor nutritivo que declina poco en pleno verano con la madurez. Admite pastoreos frecuentes pero poco intensos. Se beneficia con pastoreos rotativos. Su densidad de siembra es de 10-12 kg/ha puro y 4-10 kg/ha en mezclas. Las semillas son de color marrón claro a oscuro, en ocasiones con manchas marrones (Langer 1981, Carámbula 2002).

El lotus no es exigente en cuanto a requerimientos de suelo. Es una especie sumamente plástica, pudiendo presentar buen desarrollo tanto en suelos arenosos como en arcillosos (Carámbula, 2002).

En el Uruguay el cultivar San Gabriel se caracteriza por presentar una capacidad continua de producción de forraje

durante todo el año, el período invernal de menor potencial de producción de forraje, probablemente sea explicado por la ocurrencia de temperaturas infra-óptimas para la fotosíntesis neta y no por la acción de mecanismos de latencia tal como lo prueban las tasas medias máximas invernales (Formoso, 1993).

El patrón estacional de crecimiento de forraje del cultivar San Gabriel, es cualitativamente similar al descrito por otros autores para variedades de hoja ancha, porte erecto a semi-erecto, de floración temprana y correspondiente al tipo europeo (Nelson y Smith, Hoveland et al., Heichel et al., Gervais, García et al., citados por Formoso, 1993).

El lotus presenta una incidencia importante de enfermedades a hongos de la raíz y corona, tales como *Fusarium oxysporium* y *Fusarium solana* (Altier, citado por Carámbula, 2002).

2.7 DENSIDAD DE SIEMBRA

Si bien es cierto que en la gran mayoría de las especies forrajeras el ajuste poblacional por macollaje y por semillazón (autosiembra) permite asegurar presencias y rendimientos similares dentro de ciertos rangos de densidades de siembra, ello es posible siempre que sea cauteloso en sugerir las poblaciones más adecuadas técnicamente, a la vez que las más económicas (Carámbula, 2003).

Si se siembran sólo especies perennes de lento crecimiento a bajas densidades, es muy probable que sean dominadas por las malezas y finalmente se fracasará en obtener praderas con buena población de plantas.

Por ello, el número de semillas viables que determinará el número de plántulas por metro cuadrado debería aumentarse a medida que el grado de perennidad de una especie se incrementa, dado que estas presentan un crecimiento lento (Carámbula, 2003).

Aumentos en la densidad favorecen el establecimiento y la velocidad de crecimiento, hasta niveles en que se desarrollan relaciones de competencia, lo que en buena medida depende del nivel de fertilidad existente (Donald, citado por Risso, 1990).

Los efectos atribuibles a las densidades de siembra se explican todos por un proceso de competencia. Donald, citado por Carámbula (2003), afirma que si las densidades de las especies de una mezcla pasan por sobre cierto valor límite, la mezcla

será constante en rendimiento y la contribución de cada especie será también constante.

El número de plántulas por unidad de área está estrechamente relacionado con la densidad de siembra (Heddle et al., citados por Carámbula, 2003).

Se debe tener en cuenta que los incrementos iniciales de rendimiento debidos al uso de densidades mayores de siembra se reducen con el transcurso del tiempo, aunque en la mayoría de los casos, al aumentar la densidad se registra una reducción en la población de malezas (Díaz y Moor, 1980).

En el caso de gramíneas de crecimiento rápido, bajas densidades de siembra pueden permitir un correcto establecimiento de la pastura, pero en gramíneas de crecimiento lento, la población de malezas puede ser importante y el rendimiento se verá reducido (Hughes y Davis, citados por Carámbula, 2003).

Si bien en el número de plántulas establecidas hay un efecto directo de la densidad de siembra, Zappe, citado por Carámbula (2003), trabajando con cuatro densidades de festuca (5, 10, 15 y 20 kg/ha) y dos densidades de leguminosas, observó que a partir del tercer corte la competencia por el ambiente comenzó a ser operativa en las densidades de siembra mayores, no encontrando diferencias significativas entre densidades a partir de ese momento.

De acuerdo con Aguila Castro, citado por Carámbula (2003), los factores principales que permiten definir las densidades de siembra son:

- Condiciones del suelo al momento de realizar la siembra (grado de preparación del suelo).
- Condiciones del clima (temperatura y humedad).
- Método de siembra (voleo y en líneas).
- Fertilidad y aplicación de fertilizantes (suelo pobre o suelo fértil).
- Siembra sola o siembra asociada (distintos grados de competencia).
- Siembra oportuna (época recomendable).
- Características de las especies (agresivas o poco competitivas).
- Características de la semilla (pureza genética y valor cultural).

- Otros factores (enfermedades, insectos, pájaros, etcétera).

2.8 FERTILIZACIÓN

2.8.1 Nitrógeno

De acuerdo con Baethgen, citado por Carámbula (2003), el nitrógeno (N) es el elemento que más comúnmente limita en el mundo la productividad tanto de los sistemas agrícolas como de los agrícola-ganaderos y ganaderos.

La mayoría de las gramíneas perennes cultivadas tiene altos requerimientos de N y los suelos donde se los cultiva generalmente son bajos en materia orgánica y proveen bajas cantidades de N al cultivo. De este modo el N es normalmente el nutriente más limitante y su aplicación resulta en altas respuestas en cantidad y en calidad (Robinson et al., 2000).

Bajo las condiciones promedio del Uruguay y de gran parte de la Región, la utilización del nitrógeno debe ser considerada como una herramienta más de manejo para modificar la distribución de forraje a lo largo del año y cubrir ciertos momentos de deficiencia forrajera. Mediante el uso de este nutriente no solo es posible alcanzar altos rendimientos de materia seca en determinadas épocas sino que varios autores han demostrado que mediante la fertilización nitrogenada se puede:

- promover un crecimiento más temprano logrando de esta manera pastoreos anticipados (Van Burgh, citado por Carámbula, 2002).
- prolongar los períodos de crecimiento (Cowling, Bautés y Zarza, citados por Carámbula, 2002).
- aumentar el volumen de forraje para ser conservado (Bartlett y McKenzie, citados por Carámbula, 2002).
- promover una distribución más ajustada del forraje con los requerimientos de los animales (Carter y Scholl, Cowling y Lockyer, Kaltofen et al., Wolton y Brockman, citados por Carámbula, 2002).

En suelos con tenores altos de nitrógeno los efectos positivos de la fertilización con este nutriente son menores a las que se obtienen en suelos pobres, ya que la eficacia de dicho tratamiento depende básicamente de la movilización del nutriente en los mismos (Carámbula, 2002).

A si mismo, para lograr los mejores resultados con la aplicación de un fertilizante nitrogenado, se debe tener en cuenta que la disponibilidad de otros nutrientes no sea limitante (Carámbula, 2002).

Los fertilizantes nitrogenados son utilizados más eficientemente si el N está disponible en el momento que la pastura tiene mayor demanda. Esta sincronización del N minimiza cualquier pérdida por lixiviado en los suelos bien drenados o por desnitrificación en otros suelos, previniendo así deficiencias de N a la pastura.

En los sistemas de producción de forraje, la frecuencia de aplicación varía desde una anual, normalmente a la establecimiento o al inicio de la estación de crecimiento de las perennes, hasta una aplicación por corte, resultando en varias aplicaciones por año a la pradera (Robinson et al., 2000).

La respuesta positiva a la fertilización nitrogenada ha sido observada tanto en especies nativas tales como *Bromus auleticus* por Bemhaja y Olmos y De Batista y Costa, *Bromus unioloides* por Ayala Torales y otros y *Paspalum dilatatum* por Acosta y Deregibus, como en especies introducidas como *Agropyron elongatum* = *Thinopyrum ponticum* por Fernández Greco et al., *Dactylis glomerata* por Ayala Torales et al., y *Festuca arundinacea* por Assuero et al., citados por Carámbula (2002).

La magnitud de la respuesta varía con la especie que ha recibido la fertilización. Así por ejemplo, las especies anuales pueden responder mejor al nitrógeno que las perennes. Dentro de cada grupo, el comportamiento puede ser diferente. Así, Schmidt y Tenpas, Cowling y Lockyer, Colman, citados por Carámbula (2002) observaron que el dactilis y el raigrás perenne se destacan sobre otras especies por su mayor respuesta a dicho nutriente.

Haggar, citado por Carámbula (2002) observó que el raigrás perenne responde más que otras gramíneas cuando el nitrógeno es aplicado temprano que cuando lo es a media estación.

En las gramíneas, el nitrógeno aplicado en la época otoño-invernal es particularmente valioso para incrementar el crecimiento primaveral al favorecer la ocurrencia de un mejor macollaje en invierno, lo que asegura incrementos en la capacidad productiva en dicha estación. Así mismo, se favorece el desarrollo y crecimiento de los sistemas radiculares lo cual

será fundamental para enfrentar los déficits hídricos del verano (Carámbula, 2002).

2.8.2 Fósforo

Se ha demostrado que los efectos de una fertilización fosfatada interaccionan en forma importante con el método de siembra, forma de aplicación del fertilizante y la fertilidad del suelo. Debido a la inmovilidad del fósforo y a una generalizada capacidad de los suelos para fijarlo a fósforo no disponible, es de esperar una mayor respuesta cuando se lo aplica en bandas (localizado) cercano a la semilla.

Al decidir las formas de aplicación del fósforo se debe tener en cuenta dos aspectos importantes en la dinámica del fósforo en el suelo: en primer lugar se inmoviliza bastante rápidamente siendo esta fijación mayor cuanto más ácido y pesado es el suelo; en segundo lugar el fósforo es de muy poca movilidad en el perfil.

Esto sugiere que la dosis y localización del fósforo en el suelo afectan la capacidad de la planta para absorber dicho nutriente, como también la cantidad fijada por el suelo (Barber, citado por Díaz y Moor, 1980).

Las gramíneas son competidoras más fuertes que los tréboles por P, y esta capacidad competitiva es aumentada aún más por altos niveles de N del suelo (Trumble y Shapter, citados por Langer, 1981). La competencia por P ejercida por las gramíneas, obviamente es una ineficiencia importante de las asociaciones gramínea/leguminosa, que depende por completo del N fijado por los tréboles (Langer, 1981).

2.9 TRATAMIENTO PREVIO DE LA SEMILLA

2.9.1 Inoculación

La inoculación de las leguminosas es una práctica que reporta beneficios en términos productivos y a muy bajo costo (URUGUAY. MGAP. PLAN AGROPECUARIO, 1987).

Es un proceso esencial para el logro de una buena establecimiento, mayor producción de forraje y persistencia, fundamentalmente cuando la siembra se realiza por primera vez (Carámbula 1977, Coll 1991).

Es la manera más fácil y más segura de distribuir las bacterias que requiere la leguminosa en el suelo (Wheeler y Hill, 1957).

Consiste en agregar a la semilla unas bacterias llamadas *Rhizobium*, que son las encargadas de producir nutrientes a partir de una relación de beneficio mutuo con las raíces (Barbarossa, 2000).

El objetivo de la inoculación es recubrir las semillas de leguminosas con una cantidad suficientemente alta de Rizobio vivos de la línea apropiada para proporcionar una nodulación rápida y efectiva en el campo (FAO, 2008).

En esta simbiosis, las bacterias utilizan los nutrientes de la raíz para vivir, pero a su vez toman el nitrógeno atmosférico y lo convierten en nitrógeno disponible para la planta (Barbarossa, 2000).

Cuando la leguminosa es plantada por primera vez en el suelo y especialmente cuando se va a utilizar un lugar donde nunca se había sembrado antes, ciertamente la semilla debe ser inoculada (Wheeler y Hill, 1957).

Puede haber inoculación por diferentes procedimientos; los más eficaces son: esparcir tierra de viejos cultivos, que contiene las bacterias específicas en el campo nuevo que se desea cultivar, o inocular la semilla antes de la siembra, con cultivos puros de la bacteria. Este último método es el más utilizado (León Jordán, 1955).

La formación de nódulos ocurre después de la invasión de las raíces por el *rhizobium* específico a la planta huésped particular. Comienza con la infección de un pelo radical y la aparición del "hilo infeccioso" con forma de hifa, que contiene a la bacteria (Langer, 1981).

La penetración del hilo infeccioso en la corteza, va seguida por inflamaciones en la parte lateral de las raíces. Estas formaciones, llamadas nódulos, son de forma y tamaño variables, según las plantas en que se presentan (Hughes et al., 1978).

Las condiciones que favorecen la germinación y el establecimiento también son las adecuadas para el proceso de infección y formación de nódulos (Langer, 1981).

En ese sentido según Wheeler y Hill (1957), las condiciones de suelo seco, perjudican la actividad de las bacterias. Los mismos autores señalan que algunas bacterias pueden tolerar condiciones de sequedad prolongadas, pero la gran mayoría de ellas mueren durante las primeras horas luego que son expuestas a suelos muy secos o bajo condiciones atmosféricas secas.

Solo unas pocas especies de bacterias pueden sobrevivir bajo condiciones prolongadas de anegamiento. Buen drenaje y aireación son condiciones necesarias para la máxima producción de las leguminosas y de una gran cantidad de fijación de nitrógeno (Wheeler y Hill, 1957).

Aunque se sabe que los *rhizobium* del trébol, del género *Medicago* y los del *Lotus* no admiten la inoculación cruzada, dentro de cada grupo hay muchas razas, eficaces e ineficaces en la fijación del nitrógeno (Langer, 1981).

Muchas veces la mortalidad de la población introducida por el inoculante es total, no quedando ningún núcleo de bacterias capaces de colonizar la rizósfera cuando la radícula emerge. Esto es lo que se llama una "falla de inoculación" y muchos fracasos de establecimiento son debidos a esta situación (Carámbula, 1977).

Langer (1981) señala también que el establecimiento de una leguminosa puede fracasar debido al uso de una raza ineficaz de inóculo, o por la siembra de semilla sin inocular en una zona donde principalmente hay razas ineficaces en el suelo.

En este sentido León Jordán (1955) señala que no basta con inocular con el *Rhizobium* específico de determinada leguminosa; el cultivo a usarse debe contener las bacterias en estado virulento (capaces de invadir las raíces) y eficiente (con gran poder de fijación del N).

Los rizobios nativos del suelo no garantizan buenos rendimientos ya que no siempre establecen nodulaciones efectivas, no son suficientes ni están estratégicamente ubicados cerca de la raíz en emergencia (URUGUAY. MGAP. PLAN AGROPECUARIO, 1987).

Brockwell et al., citados por Langer (1981) han enumerado los siguientes atributos que las razas de *Rhizobium* deberían poseer.

- Competir con cualquier raza naturalizada por los sitios de infección en las raíces de las leguminosas huéspedes.

- Nodular rápidamente al huésped y con un alto nivel de efectividad.
- Persistir en el suelo durante varios años después de su introducción.

Una gran cantidad de *Rhizobium* asegura una pronta nodulación, esencial en el campo pues un atraso en la formación de los nódulos reducirá las probabilidades de buen establecimiento de las plantas (Janson y White, citados por Langer, 1981).

2.9.2 Peleteado

Consiste en la aplicación de materiales sólidos o disueltos para formar una capa continua que rodee a la semilla haciendo que ésta sea más grande y pesada (Scott, 1975).

El objetivo del peleteado es proteger a la semilla de las condiciones adversas que debe enfrentar. La acción protectora se logra mediante una capa que cubre las semillas con fertilizante o sustancias inertes absorbentes (Scott, 1975).

A veces se recubre o "peletea" la semilla inoculada para mejorar la nodulación de las leguminosas en situaciones problemáticas. Esto tiene las siguientes ventajas sobre la semilla inoculada desnuda.

- La semilla recubierta por materiales alcalinos como cal o la dolomita puede mejorar la supervivencia de las bacterias en la vecindad de la semilla, cuando ésta es sembrada en suelos ácidos, por lo tanto, puede reducir las necesidades de cal.
- El "peleteado" de la semilla reducirá los efectos nocivos de los fertilizantes ácidos sobre el inóculo.
- La supervivencia del inóculo en la semilla durante el almacenaje puede mejorarse reduciendo la desecación; es posible almacenar la semilla hasta cuatro semanas en condiciones frescas.
- La semilla recubierta puede tener mejores relaciones de agua en el suelo; el revestimiento puede actuar como un "papel secante", absorbiendo la humedad y, así acelerar la germinación (McWilliam y Dowling, citados por Langer, 1981).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL

El sitio experimental se encuentra en la Estación Experimental de Facultad de Agronomía en Salto E.E.F.A.S, a 21km de la ciudad, por Ruta 31. Las coordenadas son 31°25`S, 57°55`W.

El ensayo está ubicado en el potrero 25 de dicha estación sobre una ladera suave, orientada hacia el Norte. Presenta una pendiente de suave a moderada (2% aproximadamente).

3.2 CARACTERISTICAS DEL SUELO

El potrero era campo bruto, siendo su última siembra una pradera con leguminosas.

La unidad de suelos de Basalto dentro de la cual se encuentra el área experimental corresponde a Itapebí - Tres Árboles, la cual se caracteriza por la predominancia de suelos basálticos de moderada a alta profundidad. La calicata realizada en el área experimental indicó que el suelo se trata de un Brunosol Eutrico.

Cuadro 2. Descripción del perfil del suelo del área experimental.

Hori	Prof (cm)	Color	Textura	Estructura	Transición
A	0 - 11	Pardo oscuro	Arcillo - limoso	Bloques moderados	Gradual
AB	11 - 22	Pardo oscuro	Arcillo - limoso	Bloques subangulares de moderados a fuertes	Gradual
Bt1	22 - 57	Pardo muy oscuro	Arcillo - limoso bien pesado	Bloques angulares fuertes	Gradual películas de arcilla
BC	57 - 82	Pardo oscuro	Arcillo - limoso pesado	Bloques angulares fuertes	Concreciones de CaCO ₃
C	+ 82	Pardo-amarillento	Franco - limoso	Débil	Presencia de Basalto alterado

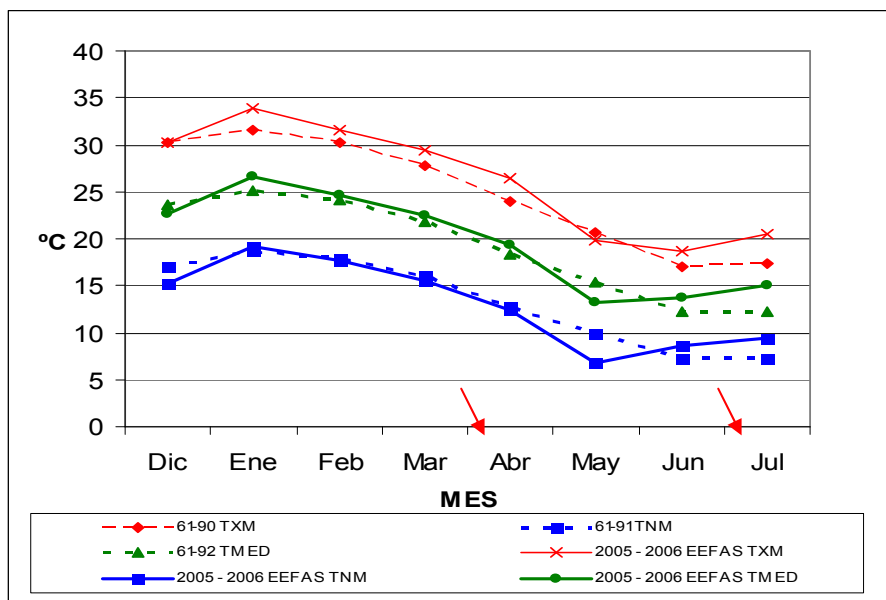
Se trata de un suelo de buena profundidad para la actividad agrícola, el color es de pardo a pardo muy oscuro llegando a pardo amarillento en el horizonte C, de textura pesada a muy pesada con diferenciación textural media. En los horizontes más profundos comienzan a aparecer concreciones de CaCO_3 y también se pueden ver películas de arcilla (Cuadro 2).

3.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS

3.3.1 Temperatura

Según los datos de la serie histórica (1961-1990) extraídos de la Dirección Nacional de Meteorología, la temperatura promedio para el departamento de Salto es de $18,3^\circ\text{C}$ con una máxima de $24,1^\circ\text{C}$ y una mínima de $12,5^\circ\text{C}$ (URUGUAY. MDN. DNM, 2003).

Como se puede ver en el gráfico 1, las temperaturas registradas en la EEFAS antes y durante el periodo de establecimiento se asemejan bastante a la serie histórica con algunas pequeñas oscilaciones.



Gráfica 1. Temperaturas máxima, mínima y promedio históricas para el departamento de Salto y para el año del ensayo (Extraído de la Dirección Nacional de Meteorología serie 1961-1990 y de la Estación Meteorológica de la EEFAS serie 2005-2006).

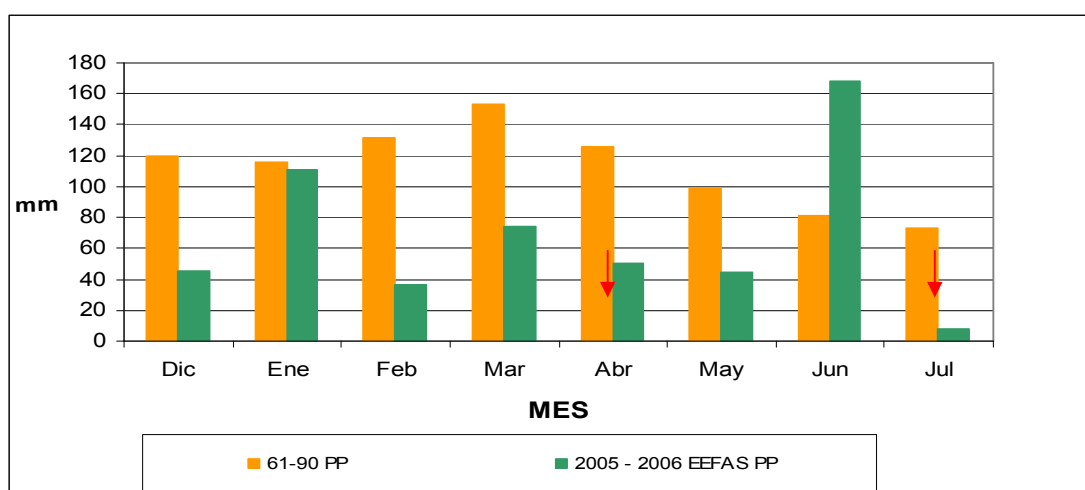
Referencias:

- TXM: Temperatura Máxima Media, Mensual promedio. (°C).
- TNM: Temperatura Mínima Media, Mensual promedio. (°C).
- TMED: Temperatura Media, Mensual o promedio. (°C).
- El período que está entre las flechas, es el período de evaluación.

Se puede observar que en el mes de la siembra (abril 2006) la temperatura promedio de la EEFAS mostraba valores muy similares a la serie histórica e incluso levemente mayores (1 °C por encima de la serie histórica). También la temperatura máxima durante todo el período de evaluación de la establecimiento fue superior excepto en el mes de Mayo. La temperatura mínima durante el período experimental presenta valores por debajo de la serie histórica, salvo al final de dicho período en que se dieron temperaturas levemente superiores.

3.3.2 Precipitaciones

Según Corsi, citado por Acle Mautone y Clement Piquet (2004), la distribución mensual de lluvias para el país no tiene un patrón definido en cuanto a concentración o falta de lluvia en determinados períodos del año. A pesar de ello en la gráfica 2 se ve una mayor concentración en los meses de otoño para la serie histórica.



Gráfica 2. Precipitación mensual histórica y la registrada durante el período experimental (Extraído de la Dirección Nacional de Meteorología y de la estación climática de la EEFAS).

Referencias:

- RR: Precipitación acumulada por mes (milímetros).

Como puede verse en el gráfico, las precipitaciones que se registraron durante el período experimental están muy por debajo de las de la serie histórica (58%) a excepción del mes de junio donde fueron muy superiores, aproximadamente un 107%.

Si se compara el promedio mensual de precipitaciones registradas en la serie histórica con el período (diciembre-julio), dicho promedio es de 112,5mm mientras que en el sitio experimental fue solamente de 67,25mm mensuales. Es decir que fue un 40% inferior que la serie histórica.

3.3.3 Balance hídrico

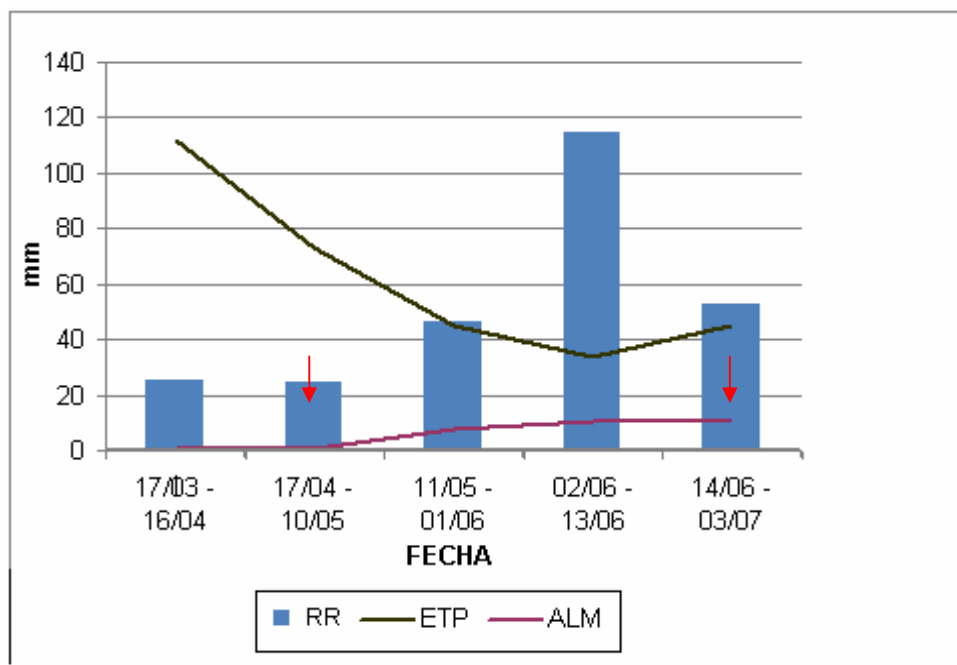
En el cuadro 3 se presentan las precipitaciones acumuladas un mes antes de la siembra y entre los diferentes conteos realizados.

Cuadro 3. Precipitaciones acumuladas en diferentes períodos.

Período	Precipitaciones (mm)
17/03 - 16/04	25,5
17/04 - 10/05	24,9
11/05 - 01/06	46,1
02/06 - 13/06	114,4
14/06 - 03/07	52,6

Fuente: Elaborado con datos de la Estación Meteorológica de la EEFAQ.

Según el balance hídrico elaborado (Gráfica 3) para el período de evaluación, un mes antes de la siembra la evapotranspiración potencial (ETP) era mayor que las precipitaciones registradas y no había agua almacenada en el suelo en los primeros 5cm de profundidad. La misma situación se dio entre el día de la siembra y la primera medición. En la segunda medición las precipitaciones se igualaron a la ETP y posteriormente superaron a esta última con lo cual el suelo comenzó a almacenar agua (Anexo 1).



Gráfica 3. Evolución de las precipitaciones, evapo-transpiración potencial (ETP) y almacenaje en el período de evaluación.

Referencias:

- RR: Precipitación acumulada por mes (milímetros).
- ETP: Evapo-transpiración Potencial.
- ALM: Agua almacenada en el suelo.
- Entre las flechas rojas se encuentra el período de evaluación.

3.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS SEMILLAS

Las especies sembradas fueron: *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*, *Bromus auleticus*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*. Las características de las semillas se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. Características de las semillas utilizadas.

Especie	% germ	% Pureza	Peso 100 sem (gr)	Cultivar
<i>Festuca arundinacea</i>	92,0	98,7	0,2094	E.Tacuabé
<i>Lolium perenne</i>	86,0	95,0	0,247	Horizon
<i>Bromus auleticus</i>	85,0	80,0	0,4274	Potrillo
<i>Trifolium repens</i>	69,3	95,0	0,0588	Zapicán
<i>Lotus corniculatus</i>	64,6	90,2	0,11454	San Gabriel

Fuente: Laboratorio EEFAS.

3.5 MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.5.1 Preparación de la sementera

El 16 de diciembre del 2005 se aplicó un herbicida total (Glifosato: Rango 480 cibeles a razón de seis litros por hectárea) con el objetivo de que el período de barbecho permitiera una descomposición y mineralización adecuada. El 7 de marzo se aplicó nuevamente cinco litros por hectárea de dicho herbicida para controlar rebrotes de *Eryngium horridum* (cardilla).

Las hormigas se controlaron periódicamente con hormiguicidas granulados y en polvo.

3.5.2 Manejo de la semilla

Dos días antes de la siembra las semillas de las gramíneas fueron curadas para prevenir el ataque de hongos. Se empleó 50ml de VitaVax con 400ml de agua cada 10kg de semilla de Bromus. Se usó 33ml de Envió CT 25/25 con 440ml de agua cada 5,5kg de semilla de raigrás y 35ml con 400ml de agua cada 10kg de semilla de Festuca, las diferencias en las dosis fueron debidas al distinto tamaño de semilla.

Para romper dormancia de *Bromus auleticus* se le realizó un tratamiento de frío colocándolo en una heladera a 4°C durante 7 días.

Las leguminosas se inocularon con cepa de Rhizobium específica y se peletearon de acuerdo a lo recomendado por el Laboratorio de Microbiología del MGAP.

3.5.3 Siembra

Se realizó el 17 de abril de 2006, con una máquina de siembra directa Semeato SHM11. Luego de sembrar cada especie de gramínea se limpiaba la máquina antes de proceder a sembrar la siguiente. Las densidades de siembra de cada especie se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro 5. Densidades de siembra y No de semillas viables de las gramíneas.

Especie	Densidad (Kg/ha)	No. sem. viab/m²
<i>Festuca arundinacea</i>	11	506
<i>Lolium perenne</i>	20	730
<i>Bromus auleticus</i>	25	488

Las leguminosas acompañantes de cada gramínea fueron sembradas al voleo a las densidades detalladas en el siguiente cuadro.

Cuadro 6. Densidades de siembra y No de semillas viables de las leguminosas.

Especie	Densidad (Kg/ha)	No. sem. viab/m²
<i>Trifolium repens</i>	3	336
<i>Lotus corniculatus</i>	10	509

3.5.4 Fertilización

La fertilización se realizó el 18 de abril al voleo y a mano procurando una distribución lo más homogénea posible teniendo en cuenta el análisis de suelo.

Los datos del análisis de suelo se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 7. Características químicas del suelo del área experimental.

Bloque	pH (H₂O)	pH (KCL)	P Bray (ppm)	MO (%)	N-NO₃ (ppm)
1	5,5	4,4	7,4	5,8	21,4
2	5,4	4,6	5,9	5,9	18,6
3	5,4	4,4	8,0	5,0	18,2

Fuente: Laboratorio de Suelos de Facultad de Agronomía

Se utilizó un fertilizante fosfatado (0-40-41-0) debido a que los valores de N-NO₃ que se encontraban en el suelo superaban los niveles críticos requeridos por las especies sembradas (15ppm).

Debido a la diferencia existente en lo que se refiere al contenido de fósforo de cada bloque, los kilogramos de fertilizante agregados a cada uno de ellos varió. Se tomó como nivel crítico (N.C) de fósforo para las pasturas a sembrar 12ppm.

La cantidad de fertilizante agregado a cada bloque se puede ver en el siguiente cuadro.

Cuadro 8. Cantidad de fertilizante. (kg/ha)

Bloque	P.suelo (ppm)	Diferencia P. Suelo con N.C	Kg P necesarios/ha	Kg fert/ha
1	7,4	4,6	46	115
2	5,9	6,1	61	152
3	8,0	4,0	40	100

3.6 METODOLOGÍA

Los conteos de plantas se efectuaron a los 23 (10 de mayo), 45 (1 de junio), 57 (13 de junio) y 77 (3 de julio) días posteriores a la siembra. Además del conteo de plántulas de gramíneas, leguminosas y raigrás guacho (espontáneo no sembrado) se identificó el estado de desarrollo en que se encontraban (cotiledón, primera hoja, dos o tres hojas y macolladas). A su vez se estimó visualmente el porcentaje del área ocupada por restos secos a los cuales se los categorizaba en alto, medio y bajo según su disponibilidad o masa (3500 a 5500, 1600 a 3400 y de 900 a 1500 KgMS/ha respectivamente). También se estimaba visualmente el porcentaje en área de suelo desnudo y material verde. Para hacer estas mediciones se procedió a marcar cuatro rectángulos de 0,5m por 0,1m dentro de los cuales se procuró que la línea donde se sembró la gramínea pasara por el medio del rectángulo. Dichos rectángulos se ubicaban en lugares fijos sobre una transecta dentro de cada parcela a distancias equidistantes.

Para definir las tres fracciones de restos secos se consideró el volumen de forraje que se encontraba por encima de la superficie del suelo.

Para conocer el aporte en materia seca de la gramínea implantada y demás fracciones se procedió el 22 de agosto a cortar dentro de las parcelas un rectángulo de 0,5m por 0,2m con tijera de aro y al ras del suelo. Se identificaron las plantas pertenecientes a la gramínea sembrada y se las cortaba, después de ello se cortaba el resto del forraje. En el laboratorio de forrajeras de la EEFAS se separaban manualmente los componentes (gramínea, raigrás guacho, leguminosa, malezas y restos secos) y se determinaba su peso. Luego se ponían en estufa de aire forzado a menos de 60°C hasta peso constante y se las pesaba nuevamente.

A su vez ese día para determinar la cantidad de forraje utilizable por los animales se cortó un área de 3,3m² a una altura de 5 cm por parcela con una máquina segadora con colector de forraje. El forraje colectado se pesó y colocó una submuestra de 100 gr por tratamiento en estufa hasta peso constante.

El porcentaje de establecimiento o establecimiento fue estimado como la proporción de plantas observadas a los 77 días post-siembra en relación a la semilla viable sembrada (para cada especie).

3.7 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se estudió el establecimiento de tres especies de gramíneas bajo siembra directa.

El diseño del experimento fue de bloques generalizados (Pimentel Gomes, 2000). Dentro de cada bloque hay 2 parcelas por cada especie de gramínea sembrada y otras dos sin gramíneas. Cabe aclarar que dos de esas parcelas no fueron sembradas con gramíneas solo con leguminosas debido a que no se pudo conseguir semillas de *Dactylis glomerata*. Se usaron dos parcelas por especie porque inicialmente se iba a evaluar dos dosis de refertilización al macollaje. Esto último no se realizó ya que había mucha presencia de Raigrás guacho el cual se haría más dominante si se refertilizaba. El diseño fue el siguiente:

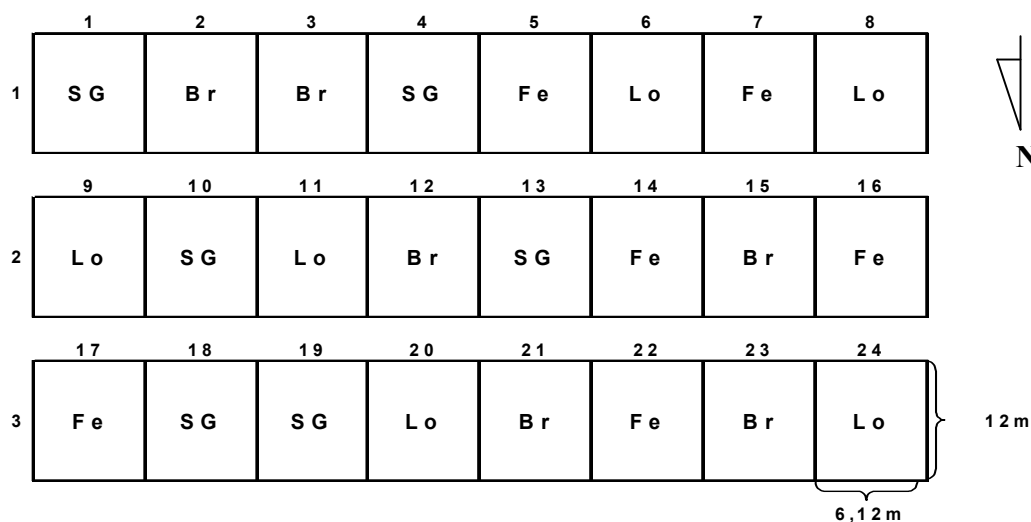


Figura 1. Diseño del experimento.

Referencias:

SG: sin gramínea

Br: Bromus

Fe: Festuca

Lo: Raigrás

3.8 ANALISIS ESTADISTICO

El modelo para bloques al azar es:

$$Y = \mu + B + ES + e$$

μ : Media

B: efecto del bloque

ES: efecto de la especie

e: error.

La hipótesis para este análisis es que existen diferencias en el establecimiento de 3 especies de gramíneas perennes.

Al analizar el número de plantas en diferentes fechas, se utilizó el siguiente modelo (modelo clásico de parcelas divididas, (Snedecor 1956, Steel y Torrie 1980, Pimentel Gomes 2000)

$$Y = \mu + B + ES + B*ES + F + ES*F + e$$

μ : Media.

B: efecto del bloque.
ES: efecto de la especie.
B*ES: interacción bloque por especie.
F: efecto de la fecha.
ES*F: interacción especie por fecha.
e: error.

Para este caso la hipótesis es que el número de plantas de cada gramínea varía con la fecha de muestreo y la especie.

En el análisis tradicional de observaciones repetidas como si fueran parcelas divididas se toma la interacción B*ES como el error (a) y al residuo como el error (b). Las especies se comparan contra el error (a) y las fechas e interacción contra el residuo.

Se realizó un análisis estadístico para conocer la influencia de los componentes del tapiz en el porcentaje de establecimiento. El modelo utilizado fue similar al anteriormente mencionado pero con el agregado de las tres fracciones de restos secos, el material verde y el suelo desnudo. Dicho modelo se puede ver a continuación:

$$Y = \mu + B + ES + B*ES + F + ES*F + Rsbajo + Rsmedio + Rsalto + SD + MV + e$$

μ : Media.
B: efecto del bloque.
ES: efecto de la especie.
B*ES: interacción bloque por especie.
F: efecto de la fecha.
ES*F: interacción especie por fecha.
Rsbajo: efecto de los restos secos bajo.
Rsmedio: efecto de los restos secos medio.
Rsalto: efecto de los restos secos alto.
SD: efecto del suelo desnudo
MV: efecto del Material verde
e: error.

La hipótesis es que el área cubierta por los diferentes componentes del tapiz (material verde, restos secos y suelo desnudo) afecta el establecimiento de las gramíneas perennes.

Para la determinación de la MDS (mínima diferencia significativa) se tomó el CME y se utilizó la siguiente fórmula

$t\sqrt{\frac{2CME}{n}}$. En cada caso se utilizó un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

También se probó la existencia de correlaciones entre los diferentes componentes del tapiz y suelo desnudo con el porcentaje de establecimiento. Estas correlaciones se probaron bajo un procedimiento que tiene descontado el efecto de los bloques, fecha y especie. Estas son las siguientes:

- MANOVA/PRINTE;
TEST H = ESPECIE E = B*ESPECIE;
RUN;
- PROC CORR;
VAR PIMP RSalto Rsmedio Rsbajo MV SD;
RUN;

Por otro lado para saber que influencia podía tener el Raigrás espontáneo sobre el porcentaje de establecimiento de las gramíneas se usó el siguiente modelo:

$$Y = \mu + B + ES + B*ES + F + ES*F + Nraig + e$$

μ : Media.

B: efecto del bloque.

ES: efecto de la especie.

B*ES: interacción bloque por especie.

F: efecto de la fecha.

ES*F: interacción especie por fecha.

Nraig: efecto de las plantas de Raigrás espontáneo

La hipótesis es que el número de plantas de *Lolium perenne* afecta el número de plantas de las gramíneas perennes.

Además para saber el efecto que tenían las leguminosas sobre el porcentaje de establecimiento de las gramíneas se usó el siguiente modelo:

$$Y = \mu + B + ES + B*ES + F + ES*F + LNplant + TBNplant + PimpL + PimpTB + e$$

μ : Media.

B: efecto del bloque.

ES: efecto de la especie.

B*ES: interacción bloque por especie.

F: efecto de la fecha.

ES*F: interacción especie por fecha.

LNplant: efecto del número de plantas de Lotus

TBNplant: efecto del número de plantas de Trébol blanco

PimpL: efecto del porcentaje de establecimiento de Lotus

PimpTB: efecto del porcentaje de establecimiento de Trébol blanco

La hipótesis es que las leguminosas afectan el establecimiento de las gramíneas perennes.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PRINCIPALES VARIABLES CLIMÁTICAS

Según Corsi, citado por Acle Mautone y Clement Piquet (2004), hay dos estaciones de activo crecimiento de las pasturas templadas, una en primavera y otra en otoño, determinadas por el ciclo de las especies, la disponibilidad de agua en el suelo y la radiación solar disponible. Durante el verano, aún cuando se dispone de una alta radiación solar, ocurren deficiencias de agua en el suelo que limitan el crecimiento vegetal. En invierno, las bajas temperaturas y la menor disponibilidad de radiación solar, son las causantes de la disminución de la productividad de las pasturas.

Las precipitaciones en un año promedio no son un problema para la establecimiento, pero en este año en particular fueron muy escasas y según el balance hídrico realizado del sitio experimental no superaron la ETP. Ocurrieron deficiencias hídricas en el momento de la siembra situación que se prolongó hasta la primera medición.

Las temperaturas registradas en la E.E.F.A.S en el mes de la siembra (abril) como se puede ver en la gráfica 1, no difieren con la de la serie histórica, salvo el caso de la temperatura mínima promedio, en mayo fue inferior a la de la serie histórica. Esto pudo haber afectado la germinación, las tasas de crecimiento y como consecuencia la sobrevivencia de las plántulas.

4.2 EVOLUCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL TAPIZ

No se encontraron diferencias significativas en el área que ocupaban los diferentes componentes del tapiz (restos secos, suelo desnudo y material verde) entre tratamientos (ver anexo 8 y 9, cuadro 9). Dentro de los componentes del tapiz, los únicos que tuvieron efecto sobre el porcentaje de establecimiento de las gramíneas fueron los restos secos medio.

Cuadro 9. Análisis estadístico de los componentes del tapiz

Fuente de variación	Pr > 0,05
Bloque	Ns
Especie	0,0001
Bloque*Especie	Ns
Fecha	0,0001
Fecha*Especie	0,0001
RSbajo	Ns
RSmedio	0,0051
RSalto	Ns
MV	Ns
SD	Ns
Coefficientes	
R ²	0,89
CV	30,67
√CME	7,73
Promedio	25,21

Referencias:

RS bajo: restos secos bajo.

RS medio: restos secos medio.

RS alto: restos secos alto.

MV: material verde.

SD: suelo desnudo.

Newman (1966), Cullen (1969) observaron que cuando la semilla caía en suelo desnudo resultaba en un bajo establecimiento, en tanto cuando una adecuada cobertura se hallaba presente, mejoraban las condiciones hídricas del microambiente sobre la superficie del suelo, lo que determinaba establecimientos superiores.

Si observamos las correlaciones obtenidas de cada componente mencionado anteriormente con el porcentaje de establecimiento y el número de plantas (ver anexo 10) el único componente que tiene una correlación negativa (- 0,385 y - 0,356 para porcentaje de establecimiento y número de plantas respectivamente) son los restos secos medio. Al contrario de lo expresado por Newman (1966), Cullen (1969), esto estaría indicando que al aumentar el área ocupada por los restos secos medio, el porcentaje de establecimiento y el número de plantas disminuyen. Como es de esperar por expresarse en porcentaje del área, existen correlaciones negativas entre los distintos componentes, exceptuando la correlación entre restos secos altos y medios.

Los promedios del área (%) que ocupó cada componente del tapiz durante el período de evaluación se presentan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Promedio del período de evaluación y desvío estándar en porcentaje del área ocupada de las tres fracciones de restos secos, material verde y suelo desnudo expresadas en porcentaje.

	Promedio (%)	Dev. Std.
RS alto	4,4	6,8
RS medio	13,0	12,9
RS bajo	16,6	14,4
MV	41,5	29,1
SD	24,3	14,5

Referencias:

RS alto: restos secos alto.

RS medio: restos secos medio.

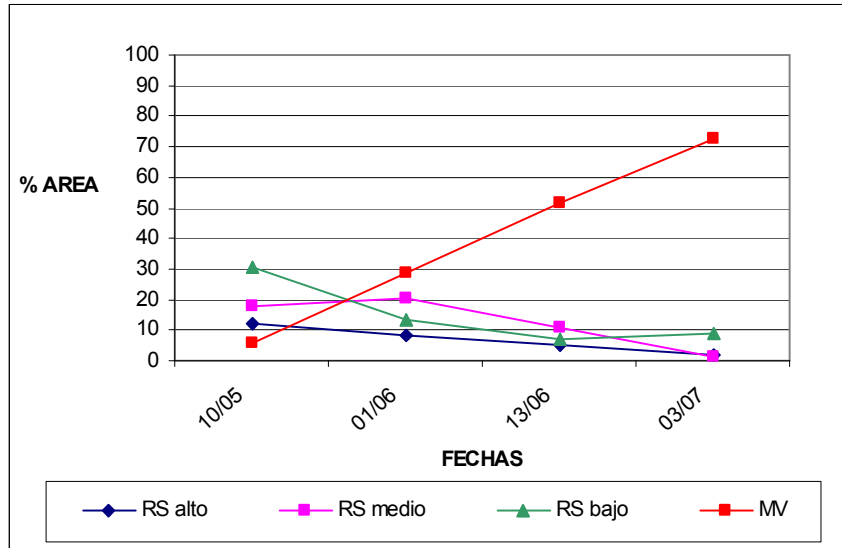
RS bajo: restos secos bajo.

MV: material verde.

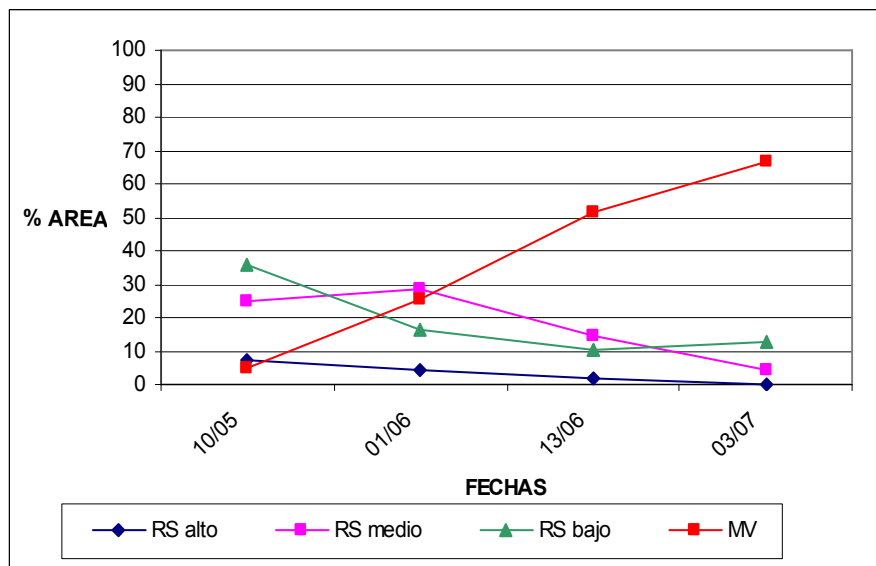
SD: suelo desnudo.

Como se puede ver en el cuadro 10, el porcentaje promedio de los restos secos medio y bajo son similares. Pero a pesar de ello los primeros son los que tienen influencia sobre la establecimiento. Esta explicación estaría dada debido a que los restos secos bajo tienen un escaso volumen ya que se encuentran más al ras del suelo por lo que no afectaría la emergencia y posterior establecimiento de las gramíneas. En cambio los restos secos medio como su promedio lo indica, si bien ocupan un área similar a los restos secos bajos, tienen un mayor volumen sobre la superficie del suelo y por lo tanto podrían presentarse como una dificultad para la emergencia y posterior establecimiento. En el caso de los restos secos altos a pesar de su gran volumen no ocupan un área importante como para tener algún efecto de significancia (apenas 4,47% del área). Por otro lado del 41,51% del área que ocupa el material verde, la mayor parte está dada por Raigrás espontáneo el cual domina en todas las parcelas.

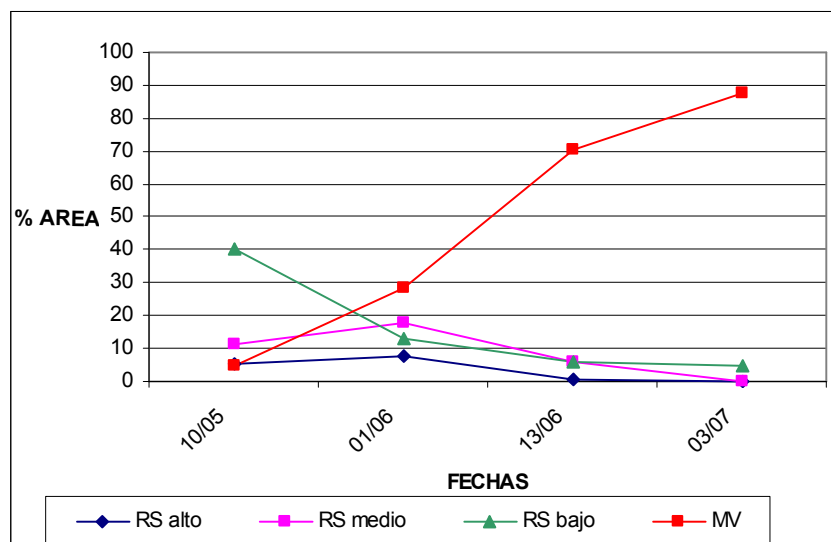
Lo dicho anteriormente queda mejor ilustrado en las gráficas 4, 5 y 6.



Gráfica 4. Evolución de restos secos y material verde en parcelas de *Bromus auleticus*.



Gráfica 5. Evolución de restos secos y material verde en parcelas de *Festuca arundinacea*.



Gráfica 6. Evolución de restos secos y material verde en parcelas de *Lolium perenne*.

Como se puede ver en las gráficas, para el caso de las tres gramíneas se da un comportamiento similar. Los restos secos altos siempre se encuentran cubriendo una menor área, en cambio entre los restos secos medios y bajos se da un cambio de ranking a lo largo del periodo de evaluación. De todas formas el área ocupada por estos restos secos va disminuyendo con el correr del tiempo debido a que dicha área va siendo ocupada por las gramíneas sembradas, las leguminosas y las malezas. La magnitud de la caída del área ocupada por los restos secos y el aumento del material verde está determinando básicamente por el vigor de la gramínea sembrada. Se puede ver por ejemplo en el gráfico 6 (que representa lo ocurrido en las parcelas de *Lolium perenne*), que la caída de los restos secos es mucho más abrupta, y esto se debe a que según Carámbula (2002) el *Lolium perenne* tiene un crecimiento más rápido que las demás gramíneas perennes lo cual lleva a que cubra áreas del suelo con más velocidad. Por el contrario se puede observar en las gráficas 4 y 5 que representan lo ocurrido en las parcelas de *Bromus auleticus* y *Festuca arundinacea* respectivamente, que la caída del área ocupada por los restos secos es más lenta que en el caso anterior ya que según Muslera y Ratera (1984), Olmos (1993) tanto *Festuca* como *Bromus* tienen un crecimiento más lento y por lo tanto demoran más en cubrir una determinada área. Para el caso de *Festuca* este lento crecimiento inicial se debería según Muslera y Ratera (1984) al escaso vigor de sus plántulas.

4.3 NÚMERO DE PLANTAS

4.3.1 Gramíneas

En el cuadro 11 puede observarse la evolución del número de plantas de las tres gramíneas evaluadas a través del período de evaluación.

Cuadro 11. Evolución del No de plantas/m² de las gramíneas evaluadas.

		Fecha				
		10-May	01-Jun	13-Jun	03-Jul	
		Días pos siembra				
Especie	N° sem viab/m ²	23	44	56	77	
<i>Lolium perenne</i>	730	520	275	203	205	A
<i>Festuca arundinacea</i>	506	237	125	75	83	B
<i>Bromus auleticus</i>	488	73	33	21	34	C

Según el balance hídrico (realizado para el suelo del sitio experimental) en el momento de la siembra no había agua almacenada en los primeros 5cm con lo cual ello pudo haber afectado la germinación de las semillas. Esto ocurre debido a que no se da la absorción de agua por parte de la semilla y la posterior movilización de reservas (Whyte et al., 1959).

También lo que tiene una importante influencia sobre la germinación y crecimiento de las plantas es la temperatura. Las temperaturas registradas (ver gráfica 1) en el mes de mayo muestran una mínima promedio de 6,8°C mientras que en la serie histórica es 10°C. Según Carámbula (2003) con estas temperaturas tan bajas registradas en el mes de mayo se puede producir una pérdida de plántulas y registrarse un lento crecimiento en las sobrevivientes.

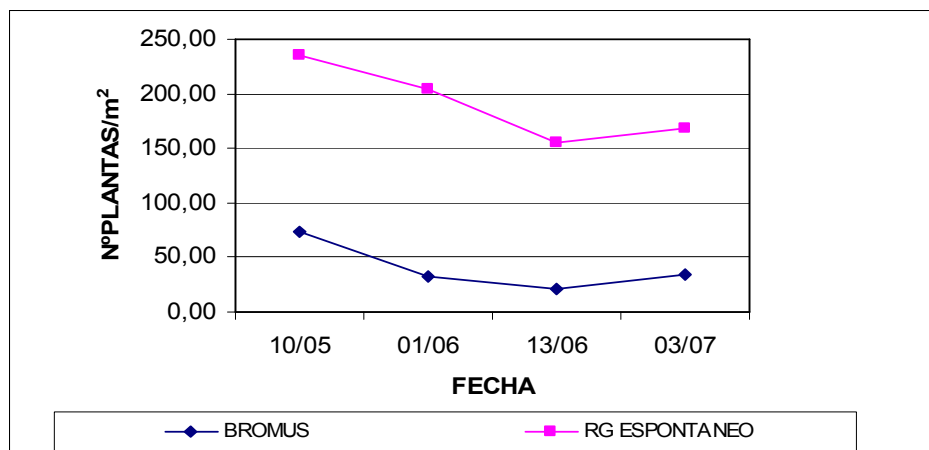
Otro factor que pudo influenciar es la temperatura del suelo ya que según Martino (1997), los suelos con cobertura de residuos vegetales son más fríos que los suelos laboreados, afectando por tanto todos los procesos biológicos como la germinación e establecimiento.

Observando el cuadro 11 se puede ver la diferencia en el número de plantas que existe entre las gramíneas y dicha diferencia es significativa ($P < 0,0447$) (ver cuadro 9, anexo 6). A su vez se puede ver que el mayor número de plantas las

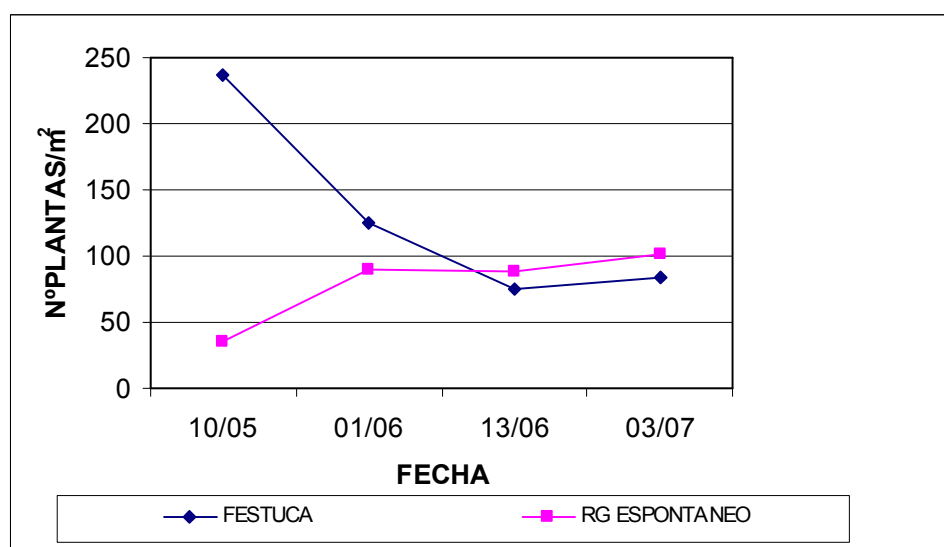
posee el *Lolium perenne*. Este mayor número de plantas estaría explicado no solamente por el mayor número de semillas viables por metro cuadrado sembradas sino también por características propias de la especie. En este sentido Muslera y Ratera (1984) menciona que Raigrás es la gramínea que tiene el sistema radicular más denso, como consecuencia de tener raíces de menor diámetro y ello provoca que tenga una mayor capacidad de exploración del suelo lo que le da una mayor nutrición y absorción de agua.

Es de hacer notar en el cuadro 11 que en las tres especies el número de plantas disminuyó a la mitad cuando se pasa de la primera fecha de medición a la segunda. Luego de la segunda a la tercera decae un poco más y posteriormente en las dos últimas fechas se mantuvo prácticamente constante. Si consideramos al número inicial de plantas de cada especie como 100%, podemos decir que *Lolium perenne* fue la especie que tuvo la mayor disminución del número de plantas cuando se pasa de la primera a la segunda fecha (52,8%), luego *Festuca arundinacea* (52,1%) y la que tuvo la menor disminución fue *Bromus auleticus* con (45%). Esto se pudo haber dado debido a que quizás por una mayor adaptación de las plantas a condiciones estresantes del ambiente por ser nativa. Entre la tercera y cuarta medición se da un aumento del número de plantas en las tres especies registrándose el mayor de ellos en *Bromus auleticus*. El número de plantas alcanzado a los 56 días de la siembra no concuerda con los resultados obtenidos por Acle Mautone y Clement Piquet (2004) los cuales usaron un rotoavador para preparar la cama de siembra. Dichos autores obtuvieron 243 plantas/m² de *Festuca* y 33 plantas/m² de *Bromus* mientras que en este ensayo se lograron 75 y 21 plantas/m² para *Festuca* y *Bromus* respectivamente.

El raigrás espontáneo tuvo un efecto competitivo y dominante sobre *Bromus auleticus* no registrándose lo mismo en el caso de *Festuca arundinacea*. En la gráfica 7 puede observarse la predominancia del Raigrás espontáneo en todas las mediciones existiendo diferencias significativas en cada una de ellas (ver Anexo 13). Esto se debió a que según Olmos (1993) el *Bromus auleticus* tiene un lento crecimiento en el primer año de vida lo que lo hace susceptible a la competencia por otras especies que en este caso es Raigrás espontáneo.



Gráfica 7. Evolución del No de plantas de *Bromus auleticus* y de raigrás espontáneo (*Lolium multiflorum*) en parcelas de *Bromus auleticus* en las cuatro fechas de medición.



Gráfica 8. Evolución del No de plantas de *Festuca arundinacea* y de Raigrás espontáneo en parcela de *Festuca* en las cuatro fechas de medición.

Al contrario de lo visto en la gráfica anterior, en la gráfica 8 se puede ver que *Festuca arundinacea* es dominante solo en las dos primeras fechas de medición. Según el análisis estadístico *Festuca arundinacea* es diferente significativamente solo en la primera fecha, en las tres restantes esas diferencias

desaparecen. Incluso en las dos últimas fechas *Lolium multiflorum* pasa a tener mayor número de plantas (ver Anexo 13).

Las gramíneas tuvieron un comportamiento similar en cuanto a que el número de plantas fue disminuyendo a lo largo del tiempo. Sin embargo el Raigrás espontáneo no se comportó igual en los dos casos ya que en las parcelas de *Festuca* el número de plantas fue aumentando mientras que en las parcelas de *Bromus* el comportamiento fue similar al de las gramíneas sembradas, es decir disminuyó.

De todas formas el número de plantas de Raigras espontáneo terminó siendo muy similar al de *Festuca* (101 vs 83). Se piensa que la invasión tan importante de esta gramínea se dio por la acumulación de restos secos y los elevados niveles de N en el suelo dado por la falta de lluvias del verano (fue una situación generalizada en la zona y no muy común sino más bien asociada a un efecto año).

4.3.2 Leguminosas

En el cuadro 12 se puede ver la evolución del número de plantas de las leguminosas.

Cuadro 12. Evolución del No de plantas/m² de las leguminosas evaluadas.

		Fecha			
		10-May	01-Jun	13-Jun	03-Jul
		Días pos siembra			
Especie	N° sem viab/m ²	23	44	56	77
<i>Trifolium repens</i>	336	14	14	21	42
<i>Lotus corniculatus</i>	509	11	21	18	33

En el cuadro 12 se puede ver que si bien el comportamiento del número de plantas de las leguminosas es similar entre si ya que va aumentando gradualmente a medida que transcurre el tiempo, en el caso del lotus entre la segunda y tercera medición se da una pequeña disminución del número de plantas para posteriormente continuar aumentando.

El número de plantas de *Trifolium repens* obtenido en este experimento es superior al que obtuvieron Minutti et al. (1996) los cuales llegaron a 26 plantas/m² a los 80 días de la siembra con la salvedad que en dicho trabajo realizaron pastoreos

previos a la siembra. Por el contrario para el caso de *Lotus corniculatus* las 33 plantas/m² obtenidas fueron muy inferiores a las 154 obtenidas por los autores mencionados más arriba.

Si se compara la evolución del número de plantas de las gramíneas sembradas y de las leguminosas se observa que dichas especies tuvieron un comportamiento diferente. En el caso de las gramíneas se da muerte de plantas ya emergidas y por lo tanto el número de plantas va disminuyendo con el transcurso del tiempo. Mientras que en las leguminosas se da una germinación escalonada de las semillas con lo cual el número de plantas va aumentando. Esto pudo haberse dado debido a la presencia de semillas duras en las leguminosas las cuales provocaron ese comportamiento de germinación escalonada o el poco contenido de agua en el suelo pos siembra (precipitación de 2,8 el 13/4/06) permitió la germinación de las gramíneas (que luego no soportaron el estrés hídrico) pero no fue suficiente para las leguminosas. Además el método de siembra de cada familia fue diferente, en las gramíneas al ser en líneas se logra mayor contacto con el suelo lo que les permite supuestamente estar menos expuestas a las condiciones ambientales y eso determina una germinación más pareja y rápida.

4.4 ESTADO DE DESARROLLO

En el cuadro siguiente (ver cuadro 13) se observa la mayor precocidad que tienen *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne* con respecto a *Bromus auleticus*. Las dos especies mencionadas en primera instancia tienen un mayor número de hojas en la primera medición que *Bromus* lo cual estaría demostrando el menor vigor de *Bromus*. En el último conteo el *Lolium perenne* tenía un mayor número de hojas que las otras dos.

Festuca arundinacea tuvo un comportamiento intermedio entre *Lolium perenne* y *Bromus auleticus* en cuanto al vigor. Estos resultados coinciden con lo citado por Muslera y Ratera (1984) quienes sostienen que *Festuca* es una planta que tiene un establecimiento muy lento y es vulnerable a la competencia por otras especies. En este sentido Cowman, citado por Carámbula (2003) cree que dicho problema se debe a que sus plántulas son muy poco vigorosas.

Los resultados coinciden con Olmos (1993) quien dice que *Bromus auleticus* tiene un lento crecimiento en su primer año.

Cuadro 13. Evolución del Estado de desarrollo de las gramíneas sembradas.

Fecha	Estado de desarrollo		
	<i>Bromus auleticus</i>	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Lolium perenne</i>
10-May	1 hoja	2 hojas	2 hojas
01-Jun	Macollada	Macollada	Macollada
13-Jun	Macollada	Macollada	Macollada
03-Jul	4 macollos	12 macollos	18 macollos

Para las leguminosas las diferencias en el estado de desarrollo aparecieron recién en la última medición (ver cuadro 14).

Cuadro 14. Evolución del Estado de desarrollo de las leguminosas sembradas.

Fecha	Estado de desarrollo	
	<i>Trifolium repens</i>	<i>Lotus corniculatus</i>
10-May	1 hoja	1 hoja
01-Jun	2 hojas	2 hojas
13-Jun	2 hojas	2 hojas
03-Jul	3 hojas	2 hojas

En este cuadro se puede ver que *Trifolium repens* demostró tener mayor vigor que *Lotus corniculatus* pero esas diferencias se vieron a los 77 días posteriores a la siembra. Esto no sería lo esperado pero se puede considerar que el vigor depende de la calidad de la semilla (tamaño, condiciones a la cosecha), fecha de siembra, y otras variables que determinan variaciones en lo esperado.

4.5 ESTABLECIMIENTO

El cuadro 15, se presenta los resultados obtenidos para los valores de establecimiento de las especies. En el anexo 2 y 3 se detallan los valores del número de semillas viables por unidad de muestreo, el número de plantas establecidas y el porcentaje de establecimiento para gramíneas y leguminosas respectivamente.

Cuadro 15. Porcentaje promedio de establecimiento para las especies a los 77 días de la siembra.

Especie	% establecimiento
<i>Bromus auleticus</i>	8,26
<i>Festuca arundinacea</i>	25,66
<i>Lolium perenne</i>	41,71
Promedio gramíneas	25,21
<i>Lotus corniculatus</i>	3,88
<i>Trifolium repens</i>	6,51
Promedio leguminosas	5,19
Promedio	17,20

Los resultados confirmaron que se trata de un proceso ineficiente, ya que el promedio de establecimiento fue de 17,20%. El valor promedio de establecimiento obtenido no supera los valores encontrados por Askin, citado por Acle Mautone y Clement Piquet (2004), que rondan los 30,25%. Por otro lado se puede decir que los autores mencionados anteriormente obtuvieron un mayor porcentaje de establecimiento de *Trifolium repens* (28%) y *Lotus corniculatus* (52,3%) que los obtenidos en este experimento. Algo similar sucedió con *Festuca arundinacea* para la cual los autores tuvieron un establecimiento de 37,7% la cual supera el 25,66% obtenido en este estudio. Por el contrario, *Bromus auleticus* superó el 5,5% obtenido por Acle Mautone y Clement Piquet (2004). El promedio del porcentaje de establecimiento apenas supera los resultados obtenidos por Minutti et al. (1996) para cuatro leguminosas sembradas en cobertura bajo tres tratamientos de pastoreo los cuales fueron de 16,37%. El bajo porcentaje de establecimiento obtenido se debe en parte a la poca cantidad de lluvia registrada en el período la cual sin duda afectó la germinación y posterior establecimiento de la pastura y también por efecto de las bajas temperaturas que se registraron al principio del período de evaluación.

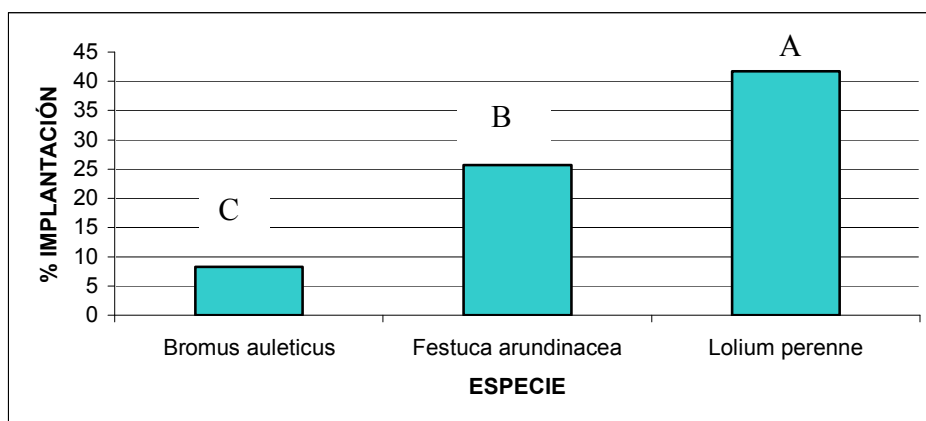
El mayor porcentaje de establecimiento logrado por *Lolium perenne* coincide con los resultados obtenidos por Améndola y Armentano (2003) para quienes el *Lolium multiflorum* tuvo los mayores porcentajes de establecimiento de las especies evaluadas sobre rastrojos de cultivos de verano en siembra directa.

Como puede verse en el cuadro 14 el *Lolium perenne* tuvo un porcentaje de establecimiento muy superior al logrado por *Festuca arundinacea* y *Bromus auleticus* existiendo diferencias significativas ($P < 0.0001$) entre dichas especies (ver anexo 4 y cuadro 16). Estas diferencias fueron de 2 veces si se hace la

comparación de con *Festuca* y de 5 veces si se compara con *Bromus*. Esta magnitud puede verse con mayor facilidad en la gráfica 9.

Cuadro 16. Análisis estadístico del porcentaje de establecimiento.

Fuente de variación	Pr > 0,05
Bloque	Ns
Especie	0,0001
Bloque*Especie	Ns
Fecha	0,0001
Fecha*Especie	0,0001
Coefficientes	
R ²	0,87
CV	31,8
√CME	8,02
Promedio	25,21



Gráfica 9. Porcentaje de establecimiento de las tres gramíneas evaluadas a los 77 días de la siembra. Diferentes letras indican diferencias significativas con una probabilidad de 0,05.

Para *Bromus auleticus* ese bajo porcentaje de establecimiento estaría explicado por el escaso vigor de sus plantas a lo largo de las cuatro mediciones que se puede ver en el cuadro 12. Ese escaso vigor hizo que las plantas no pudieran competir con Raigras espontáneo y como consecuencia muchas de sus plantas no se implantaron.

Si comparamos las dos leguminosas utilizadas, no se encontraron diferencias significativas entre ellas ($P = 0,0665$)

(ver cuadro 9 y anexo 5). También es de destacar que ninguna de las leguminosas tuvo efectos significativos sobre el establecimiento de las gramíneas (anexo 6).

El porcentaje de establecimiento logrado de las leguminosas en este experimento fue menor al logrado por Llado et al. (1994), los cuales obtuvieron 48,8% y 47% para *Lotus corniculatus* y *Trifloium repens* respectivamente con la salvedad que ellos prepararon el suelo con laboreo convencional.

El Raigrás espontáneo tuvo un efecto significativo sobre el porcentaje de establecimiento de *Bromus auleticus* y *Festuca arundinacea* ($P = 0.0122$) (ver cuadro 9 y anexo 7). No se pudo cuantificar qué efecto tuvo el Raigrás espontáneo sobre el sembrado ya que la diferenciación entre ambos tiene un margen de error desconocido.

4.5 PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA

Los cortes de la pastura para la determinación de la producción de materia seca, se llevaron a cabo el 22 de agosto luego que se consideró que la pastura estaba implantada (127 días post siembra).

Del análisis de la producción de materia seca se desprende que las diferencias entre las especies sembradas son significativas ($P = 0,0307$) (ver cuadro 17 y anexo 11). A su vez se puede especificar a través del análisis de las diferencias de las medias (MDS) que la producción de materia seca de *Lolium perenne* difiere significativamente de *Bromus auleticus* y *Festuca arundinacea* las que tienen producciones que no se pueden diferenciar estadísticamente entre sí (ver cuadro 18).

Cuadro 17. Análisis estadístico de la producción de Materia seca.

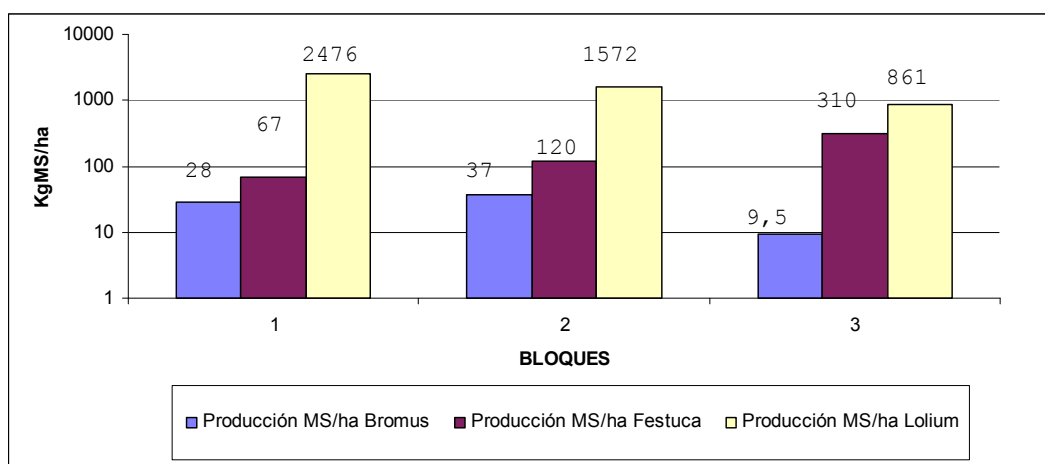
Fuente de variación	Pr > 0,05
Bloque	Ns
Especie	0,0307
Bloque*Especie	Ns
Coefficientes	
R ²	0,97
CV	33
√CME	201
Promedio	609

Cuadro 18. Producción de materia seca por hectárea de las gramíneas evaluadas a los 77 días post siembra.

Especie	KgMS/ha	
<i>Lolium perenne</i>	1636,6	A
<i>Festuca arundinacea</i>	165,8	B
<i>Bromus auleticus</i>	25,0	B

Nota: Valores con la misma letra no difieren ($P < 0,05$)

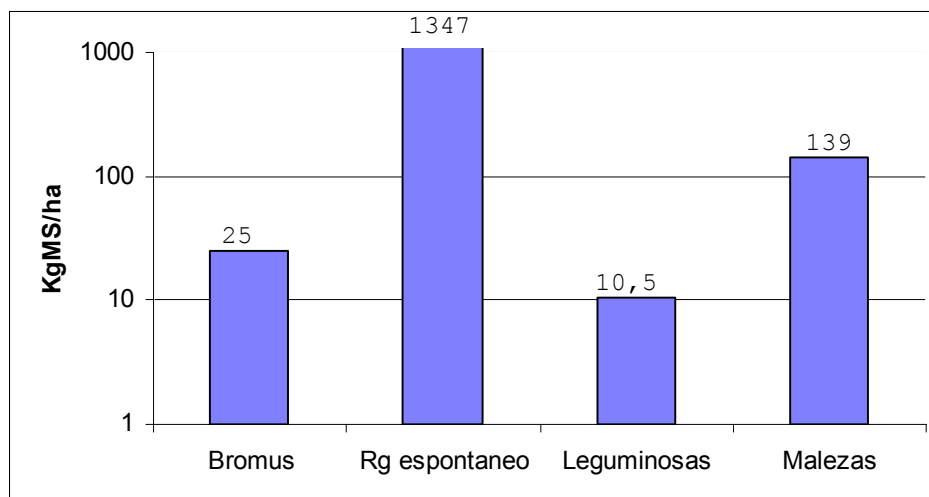
También se han encontrado diferencias significativas en producción de materia seca entre bloques y la interacción bloque por especie (gráfica 10).



Gráfica 10. Producción de materia seca de las gramíneas según bloques.

En esta gráfica vemos claramente que el *Lolium perenne* es la especie que produce más materia seca.

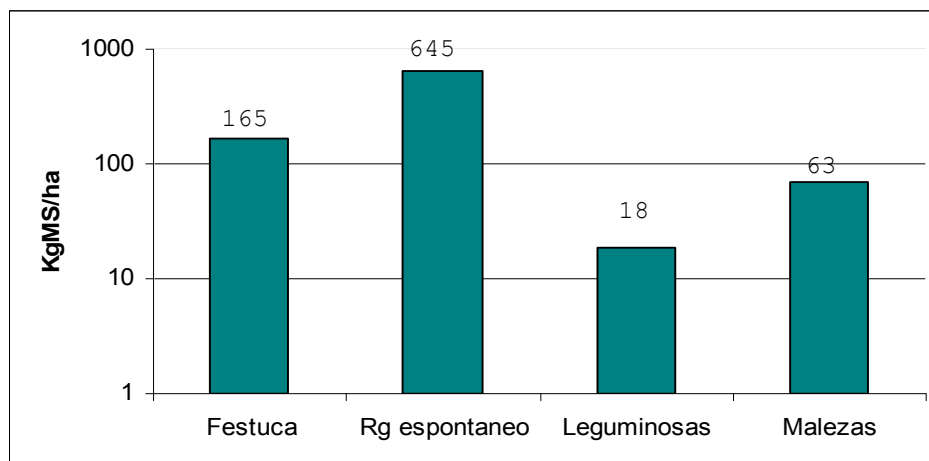
En las gráficas 11, 12 y 13 se puede apreciar el aporte a la producción total de diferentes especies que se encontraban dentro de las parcelas de las gramíneas evaluadas.



Gráfica 11. Producción promedio (KgMS/ha) de diferentes especies dentro de las parcelas de *Bromus auleticus*.

El mayor aporte a la producción total (1522 KgMS/ha) como se puede ver en la gráfica 11 está dado por el Raigrás espontáneo el cual aporta 1347 KgMS/ha lo cual representa un 88,5% del total. Posteriormente en orden de importancia le siguen las malezas con una producción de 139 KgMS/ha que es un 9% y con un menor aporte está el *Bromus auleticus* y las leguminosas que produjeron 25 y 10,5 KgMS/ha respectivamente. Como vemos el Bromus representó únicamente un 1,64% de la producción total. La producción de Bromas fue mayor que la lograda por Acle Mautone y Clement Piquet (2004) los cuales obtuvieron 16,5 KgMS/ha a los 105 días de la siembra.

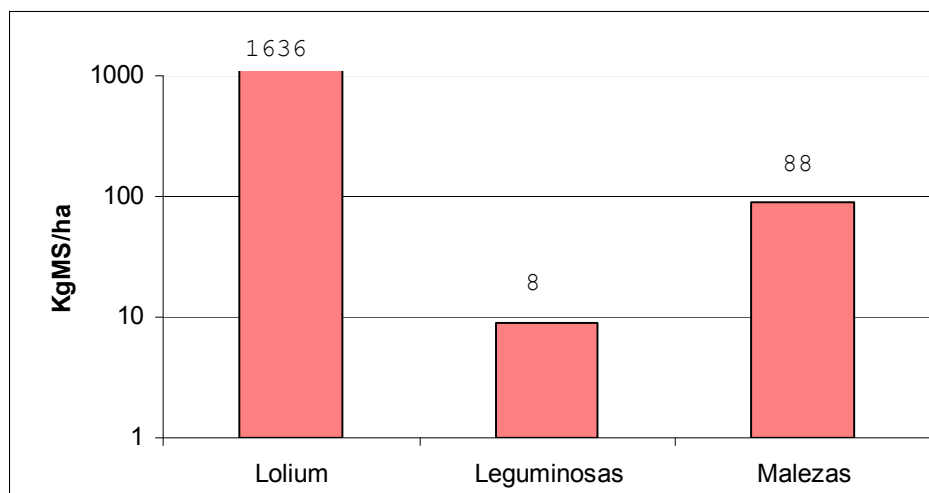
Algo similar ocurrió en la producción total promedio en las parcelas de Festuca (ver gráfica 12).



Gráfica 12. Producción promedio (KgMS/ha) de diferentes especies dentro de las parcelas de *Festuca arundinacea*.

En esta gráfica se puede ver que el Raigrás espontáneo también fue el que hizo el mayor aporte a la producción total ya que produjo 645 KgMS/ha de los 899 KgMS/ha totales producidos, lo cual estaría representando un 71%. Sin embargo al contrario que para *Bomus auleticus*, *Festuca arundinacea* tuvo una mayor importancia en la producción total haciendo un mayor aporte que las malezas. La producción de Festuca fue de 165 KgMS/ha lo que representa un 18,4% del total producido. La producción de Festuca estuvo por debajo de los resultados obtenidos por Acle Mautone y Clement Piquet (2004) los cuales lograron una producción de Festuca de 267,6 KgMS/ha a los 105 días de la siembra. Por otro lado hay que mencionar que al igual que en el caso anterior las malezas tuvieron una mayor producción que las leguminosas. Estas últimas aportaron un 2% a la producción mientras que las primeras un 7%.

En la gráfica 13 se nota que el mayor aporte a la producción promedio total está dada por el Raigrás con 1636 KgMS/ha de los 1734 KgMS/ha totales producidos. Esta producción fue menor que la registrada por García (2003) el cual registró una producción de *Lolium perenne* de 1900 kgMS/ha para un mismo período de producción.



Gráfica 13. Producción promedio (KgMS/ha) de diferentes especies dentro de las parcelas de *Lolium perenne*.

También se puede observar que nuevamente el aporte de las malezas es mayor al de las leguminosas con 88 y 8 KgMS/ha respectivamente.

En promedio las dos leguminosas juntas aportaron 12,2 KgMS/ha lo cual es un valor muy bajo si se tiene en cuenta lo cuantificado por Silveira (2005) en donde con un nivel de fertilización fosfatada similar al utilizado en este experimento el *Trifolium repens* produjo 165 kgMS/ha.

Haciendo referencia a la materia seca utilizable por animales, medida como la cantidad de materia seca producida que se encuentra por encima de los 5cm del suelo, no existieron diferencias significativas ($P = 0,0734$) (anexo 12). Esto puede deberse a que como había una predominancia del Raigrás espontáneo en todas las parcelas, éste provocó que el aporte de materia seca no sea diferente desde el punto de vista estadístico. Si consideramos el total de materia seca producida en las parcelas de cada gramínea sembrada se puede decir que la producción utilizable fue 22%, 27% y 7% para las parcelas con *Bromus auleticus*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne* respectivamente.

Las tasas de crecimiento que se constataron durante el período experimental de las especies sembradas fueron para el caso de *Bromus auleticus* y *Festuca arundinacea* inferiores a la registrada en la bibliografía no siendo de igual forma para *Lolium perenne* para el cual fue mayor (ver cuadro 19).

Cuadro 19. Tasas de crecimiento registradas desde la emergencia hasta el primer corte en el experimento y en las citadas en la bibliografía.

Especie	TC prom. período exp. (kgMS/ha/día)	TC prom. Bibliografía (kgMS/ha/día) *
<i>Bromus auleticus</i>	0,20	3,5
<i>Festuca arundinacea</i>	1,31	8,33
<i>Lolium perenne</i>	12,90	12,16

* Fuente: INIA (2008).

Estas menores tasas de crecimiento de *Bromus* y *Festuca* se pudieron haber dado por el efecto de la falta de agua y las bajas temperaturas las cuales afectaron su establecimiento.

La única especie que no se vio tan afectada por la seca y como consecuencia tuvo una tasa de crecimiento similar a la citada fue el *Lolium perenne*. Para el caso de *Bromus auleticus* y *Festuca arundinacea* si se considera a las tasas de crecimiento citadas por la bibliografía como el 100%, *Bromus auleticus* y *Festuca arundinacea* tuvieron una tasa de crecimiento que representó un 5,7 y 15,7% respectivamente.

5 CONCLUSIONES

Debido a las condiciones climáticas adversas que se registraron en el año de evaluación, los resultados obtenidos fueron reflejos de estas.

Hay muchos factores que determinan el vigor de cada especie y hay diversas formas de cuantificar dicha variable. Teniendo en cuenta el número de hojas y el macollaje, *Lolium perenne* presentó mayor vigor que las demás gramíneas. Para el caso de las leguminosas la más vigorosa resultó ser *Trifolium repens*.

Se encontraron diferencias significativas entre las especies evaluadas en el porcentaje de establecimiento. En este sentido se puede decir que las tres gramíneas difirieron significativamente una de las otras siendo *Lolium perenne* la que obtuvo el mayor porcentaje de establecimiento con 41,7%.

Lolium multiflorum (Raigrás espontáneo) afectó el porcentaje de establecimiento de *Festuca arundinacea* y *Bromus auleticus* por competencia.

No existió influencia de las leguminosas sembradas sobre el porcentaje de establecimiento de las gramíneas.

Existieron diferencias entre las gramíneas evaluadas en la producción de materia seca. En este sentido *Lolium perenne* es la especie que difiere significativamente en producción de *Festuca arundinacea* y *Bromus auleticus*.

6 RESUMEN

El experimento se localizó en la Estación Experimental de Facultad de Agronomía en Salto. En el otoño de 2006 se sembraron gramíneas y leguminosas en siembra directa. La establecimiento, el vigor inicial y el rendimiento de tres gramíneas perennes (*Bromus auleticus*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) y leguminosas (*Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*) fue estudiado luego de la siembra y a lo largo de su primer año (2006). La producción de materia seca difirió entre las especies destacándose la mayor producción de *Lolium perenne* (1636 kgMS/ha) con respecto a *Festuca arundinacea* (165 kgMS/ha) y *Bromus auleticus* (25 kgMS/ha). A los 77 días post siembra se determinó un porcentaje de establecimiento promedio de 17,2% para gramíneas y leguminosas. El vigor fue analizado a través de la evolución del estado de desarrollo de las especies y en función de esto se puede decir que fue *Lolium perenne* el que tuvo el mayor vigor con respecto a las demás gramíneas. En el caso de las leguminosas las diferencias en el vigor aparecieron al final de la medición.

Palabras clave: Establecimiento; *Festuca arundinacea*; *Bromus auleticus*; *Lolium perenne*; *Lotus corniculatus*; *Trifolium repens*.

7 SUMMARY

An experiment located at San Antonio (Basaltic region) was sowed with grasses and legumes with SD at 2006 fall. Establishment, initial vigor and aboveground yield of three perennial grasses (*Bromus auleticus*, *Festuca arundinacea* and *Lolium perenne*) and legumes (*Lotus corniculatus* and *Trifolium repens*), were determined after sowing date and during the first year (2006). Dry matter production differed among the species: *Lolium perenne* (1636 kgMS/ha) presented the biggest value, when compared with *Festuca arundinacea* (165 kgMS/ha), and *Bromus auleticus* (25 kgMS/ha). A percentage of installation average was determined of 17,2%, when determined after 77 days of sowing date (17/4/2006). Initial vigor was analyzed, due to species development stage, *Lolium perenne* presented the biggest value when compared with other grasses. Legumes vigor showed differences at the end of measurements and was higher for *Trifolium repens*.

Key words: Establishment; *Festuca arundinacea*; *Bromus auleticus*;
Lolium perenne; *Lotus corniculatus*; *Trifloium repens*.

8 BIBLIOGRAFÍA

1. ACLE MAUTONE, F. J.; CLEMENT PIQUET, G.M. 2004. Características de la implantación y vigor de gramíneas y leguminosas perennes integrantes de mezclas forrajeras y estudio de la población de unidades morfológicas en el otoño del 2° año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 104p.
2. AMENDOLA SIQUEIRA, L.; ARMENTANO XAVIER, S. 2003. Implantación y producción de especies forrajeras sobre rastros de cultivos de verano en sistema de siembra directa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 83 p.
3. BARBAROSSA, R. 2000. Implantación de pasturas perennes. Algunas consideraciones. s.l., INTA. pp. 15-17.
4. BENJAMIN, L. 1990. Variation in time of seedling emergent within populations; a feature that determines individuals growth and development. *Advances in Agronomy*. 44:1-25.
5. BROUGHAM, R.W. 1956. Effects of intensity of defoliations on regrowth of pastures. *Australian Journal of Agricultural Research*. 7(5): 377-387.
6. CAMPBELL, M.; SWAIN, F. 1973. Factors causing losses during the establishment of surface-sown pastures. *Journal of Range Management*. 26(5):355-369.
7. CARAMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 464 p.
8. _____. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, INIA. 45 p. (Serie técnica no 19).
9. _____. 2002. Pasturas y forrajeras; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. 357 p.
10. _____. 2003. Pasturas y forrajeras; insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. 371 p.
11. CLARKSON, D.T.; WARNER, A.J. 1979. Relationships between root temperature and the transport of ammonium and nitrate ions by Italian and perennial ryegrasses (*Lolium*

- multiflorum and *L. perenne*). *Plant Physiology*. 64: 557-561.
12. COLL, J. 1991. Factores ecológicos que afectan la nodulación de leguminosas forrajeras en mejoramientos extensivos. Montevideo, INIA. pp. 115-128. (Serie Técnica no. 13).
13. CULLEN, N.A. 1969. Pasture establishment on unploughable hill country in New Zealand. In: International Grassland Congress (10 th., Helsinki, Finland). Proceedings. s.l., Blackwell. sect. IV, paper no. 10, pp. 39-43.
14. CHAPMAN, D.; FLETCHER, R. 1985. Seedling appearance, survival and development of "Grassland Huia", "Grassland Tahora", and Kent wild white clovers cultivars after surface sowings in summer-moist hill country. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 28(1):191-199.
15. DÍAZ MAGGI, J.J.; MOOR SANGUINETTI, J.M. 1980. Estudio sobre métodos y densidades de siembra de praderas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 134 p.
16. FAO. 2008. Establecimiento y cultivo de especies adecuadas para la henificación. (en línea). Montevideo. cap. 4, s.p. Consultado set. 2007. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/007/x7660/x7660s08.htm>
17. FONTANETO, H.; KELLER, O. 2001a. Efecto de diferentes labranzas sobre propiedades edáficas de un Argiudol y rendimientos de trigo y soja con 2 secuencias agrícolas en la región pampeana norte de Argentina. In: Díaz Roselló, R. ed. Siembra Directa en el Cono Sur. Montevideo, Uruguay, PROCISUR. pp. 275-288.
18. _____.; _____. 2001b. 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: Díaz Roselló, R. ed. Siembra directa en el Cono Sur. Montevideo, Uruguay, PROCISUR. pp. 269-274.
19. FORMOSO, F. 1993. *Lotus corniculatus*. I. Performance forrajera y características agronómicas asociadas. Montevideo, INIA. 20 p. (Serie Técnica no. 37).
20. _____. 2007. Conceptos sobre implantación de pasturas. In: Jornada de Instalación y Manejo de Pasturas (2007,

- Colonia). Memorias. Colonia, INIA. pp. 17-38.
(Actividades de Difusión no. 483).
21. FREIRE RIVERO, A.; METHOL PETIT, M. 1982. Evaluación primaria de *Bromus auleticus*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 124 p.
22. GARCIA, J. 1995. Mejoramiento genético de Festuca. In: Día de Campo (1995, La Estanzuela, Uruguay). Pasturas y ovinos. La Estanzuela, INIA. p. 10 (Actividades de Difusión no. 78).
23. GARCIA PRECHAC, F. 1998a. Fundamentos de la siembra directa y su utilización en Uruguay. (en línea). Rivera, s.e. s.p. Consultado mar. 2007. Disponible en <http://www.rau.edu.uy/fagro/uepp/siembral.htm>
24. _____. 1998b. Siembra directa de pasturas. (en línea). Rivera, s.e. s.p. Consultado mar. 2007. Disponible en [http://www.rau.edu.uy\(fagro/uepp/siembra5.htm](http://www.rau.edu.uy(fagro/uepp/siembra5.htm)
25. GRAMSHAW, D.; MC KEON, G.; CLEM, R. 1993. Tropical pastures establishment. 1. A systems perspective of establishment illustrated by legume oversowing in the subtropics. *Tropical Grasslands*. 27:261-275.
26. GUDELJ, O. 1996. Densidad del suelo. In: Curso de Siembra Directa (1996, Marco Juárez, Córdoba, Argentina). Textos. Marco Juarez, INTA/PROCISUR. s.p.
27. HUGHES, H. D.; HEATH, M. E.; METCALFE, D. S. 1978. Forrajes, la ciencia de la agricultura basada en la producción de pastos. México, CECSA. 758 p.
28. HUR, S.N.; NELSON, C.J. 1985. Temperature effects on germination of birdsfoot Trefoil and Seombadi. *American Society of Agronomy. Agronomy Journal*. 77(4):557-560.
29. INIA; INASE. 2008. Evaluación nacional de cultivares. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado jul. 2007. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados
30. JANSON, C.; WHITE, G. 1971. Lucerne establishment studies on uncultivated country. 1. Germination and seedling establishment. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 14:572-586.

31. KOLLER, D. 1964. The survival values of germination-regulating mechanisms in the field. *Herbage Abstracts*. 34: 1-7.
32. LACA LUQUE, E.A.; DA SILVA FERREIRA, M.C. 1983. Métodos de implantación de praderas convencionales. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 166 p.
33. LAL, R. 1976. No tillage effects on soil properties under different crops in Western Nigeria. *Soil Science Society of America Proceedings*. 40: 762-768.
34. LANGER, R. H. M. 1981. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Hemisferio Sur. 514 p.
35. _____. 1990. Pastures and pasture plants. Oxford, Oxford University Press. 134 p.
36. LEON JORDAN, H. 1955. Forrajicultura y pasticultura. Barcelona, España, Salvat. 591 p.
37. LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D. 1996. SAS. System of mixed models. Cary, NC, SAS Institute. p. 106.
38. LLADO, C.; MENDY, P.; VAZ, A. 1994. Evaluación de gramíneas invernales en mezclas forrajeras sometidas a diferente fertilización, método de siembra y manejo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 75 p.
39. MC WILLIAMS, J.; DOWLING, P. 1970a. Factors influencing the germination and establishment of pasture seed on the soil surface. In: *International Grassland Congress (11th., 1970, Queensland, Australia)*. Proceedings. Queensland, CSIRO. pp. 578-583.
40. _____.; _____.; CLEMENTS, J. R. 1970b. Some factors influencing the germination and early seedling development of pasture plants. *Australian Journal of Agricultural Research*. 21(1):19-32.
41. _____.; _____.; _____. 1971. Establishment and survival of pasture species from seeds sown on the soil surface. *Australian Journal of Agricultural Research*. 22:(1) 61-74.

- 42.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. 85 p.
- 43.MARCHESI, E. 1997. Conceptos generales sobre siembra directa. In: Jornada Nacional de Siembra Directa (6^{a.}, 1997, Mercedes, Soriano, Uruguay). Memorias. Mercedes, AUSID/INIA/Prenader/ARS. pp. 4-7.
- 44._____. 1999. Siembra directa y quema de rastrojos. In: Jornada Nacional de Siembra Directa (7^{a.}, 1999, Mercedes, Uruguay). Memorias. Mercedes, AUSID. pp. 36-38.
- 45.MARTINO, D. 1997. Siembra directa en los sistemas agrícolas ganaderos del litoral. Montevideo, INIA. 28 p. (Serie Técnica no. 82).
- 46.MILTHORPE, F. L.; IVINS, J. D.; TERRELL, E. 1966. The growth of cereals and grasses. In: Easter School in Agricultural Science (12^{th.}, 1966, England). Proceedings. London, University of Nottingham. pp 285-286.
- 47.MILLOT, J.C. s.f. Bromus auleticus; una nueva especie domesticada. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. Consultado abr. 2007. Disponible en [http://www.fagro.edu.uy/fitotecnia/docs//Bromus auleticus Una nueva especie domesticada.pdf](http://www.fagro.edu.uy/fitotecnia/docs//Bromus_auleticus_Una_nueva_especie_domesticada.pdf)
- 48._____.; RISSO, D.; METHOL, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en el área ganadera del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.
- 49.MINUTTI, A.; RUCKS LABACA, M.; SILVEIRA BRITES, G. 1996. Dinámica de la implantación de leguminosas en cobertura sobre pasturas naturales de Basalto profundo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 149 p.
- 50.MITCHEL, K. J. 1956. Growth of pasture species under controlled environment: I Growth at various levels of constant temperature. New Zealand Journal of Science Technology. 38A: 1037-1046.
- 51.MORON, A. 2001. El rol de los rastrojos en la fertilidad del

- suelo. In: Díaz Roselló, R. ed. Siembra directa en el Cono Sur. Montevideo, Uruguay. PROCISUR. pp. 387-406.
52. MUSLERA, E.; RATERA, C. 1984. Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento. Madrid, España, Mundi-Prensa. 702 p.
53. NEWMAN, R. 1966. Problems of grassland establishment and maintenance on hill-country in Victoria. In: International Grassland Congress (10th., Helsinki, Finland). Proceedings. Helsinki, Blackwell. sect IV, paper no. 16, pp. 63-66.
54. NUÑEZ HERNANDEZ, G.; ESPINOSA CALZADA, J.; GONZALEZ SALINAS, H.; CASTILLO GUTIERREZ, J. M.; GARCIA MEDINA, G.; DOVEL, R. 1998. Guía de manejo de praderas de gramíneas de clima templado en México. (en línea). Oregon, s.e. s.p. Consultado ago. 2007. Disponible en <http://www.forages.orst.edu/organizations/seed/osc>
55. OLMOS, F. 1993. Bromus auleticus. Tacuarembó, INIA. p. 30 (Serie Técnica no. 35).
56. PHILLIPS, S.H.; YOUNG, H.M. 1970. Agricultura sin laboreo. Labranza cero. Montevideo, Hemisferio Sur. s.p.
57. PIMENTEL GOMES, F. 1976. Curso de estadística experimental. 6ª ed. Piracicaba, Universidade de Sao Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 430 p.
58. QUIROGA, A.; ORMEÑO, O. 1997. Efectos de la siembra directa sobre propiedades físicas, estructura y compactación de los suelos. In: Seminario Siembra Directa (1997, Balcarce). Resúmenes. Balcarce, INTA. pp. 35-38.
59. REBUFFO, M.; FORMOSO, F. 1991a. Las forrajeras de la Estanzuela. Colonia, INIA. 15 p. (Boletín de Divulgación no. 7).
60. _____.; GARCIA, J. 1991b. Importancia del ciclo de las variedades forrajeras en los sistemas intensivos. In: Restaino, E. Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería intensiva. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 9-15. (Serie Técnica no. 15).
61. RISSO, D. 1990. Efecto de la densidad de siembra y fertilización inicial en el comportamiento de tres leguminosas sembradas en cobertura. In: Seminario

- Nacional de Campo Natural (2°. , 1990, Tacuarembó).
Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp.
243-247.
- 62.ROBINSON, D.; SCHENEITER, O.; MELGAR, R. 2000. Fertilización y utilización de nutrientes en campos forrajeros de corte. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado feb. 2007. Disponible en <http://www.fertilizando.com/articulos/fertilizacion>
- 63.ROBSON, M.J. 1971. The effect of temperature on the growth of S.170 tall Fescue (*Festuca arundinacea*) I. Constant temperature. Hurley, Berkshire, The Grassland Research Institute. p. 12.
- 64.ROSENGURTT, B. 1946. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay; 5 a. contribución. Montevideo, Rosgal. 473 p.
- 65.RUIZ, M.; COVAS, G.F. 2004. Producción de semillas de *Bromus auleticus* Trin. EX NEES. Momento de fertilización y distanciamiento entre hileras. RIA. 33(1):49-60.
- 66.SCOTT, D. 1975. Effects of seeds coating on establishment. New Zealand. Journal of Agricultural Research. 18:59-67.
- 67.SILVEIRA MARTÍNEZ, D. 2005. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la implantación, producción inicial y composición química de *Lotus glaber* mill. y *Trifolium repens* l. sembradas en cobertura. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 150 p.
- 68.SNEDECOR, G.W. 1956. Statistical methods. 5a. ed. Ames, Iowa, Iowa State College Press. 534 p.
- 69.STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. 1980. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. 2nd. ed. New York, Mc Graw-Hill. p. 388.
- 70.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). Trabajos presentados. Montevideo, IICA/PROCISUR. pp. 15-45 (Diálogo no. 44).
- 71.URUGUAY. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL. DIRECCIÓN NACIONAL DE METEOROLOGÍA. 2003. Información climatológica. (en

línea). Montevideo. Consultado oct. 2006. Disponible en <http://www.meteorologia.com.uy>

72. _____. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. PLAN AGROPECUARIO. 1987. Inoculación de leguminosas forrajeras. Revista Plan Agropecuario. 42:45-47.
73. VILARO, D.; CASTRO, M. 2008. Evaluación nacional de cultivares. (en línea). Montevideo, INIA. 13 p. Consultado jul. 2007. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados
74. WHEELER, W.A.; HILL, D.D. 1957. Forage and pasture crops; a handbook of information about the grasses and legumes grown for forage in the United States. Princeton, NJ, Van Nostrand. 734 p. (The Grassland Farm Series).
75. WHYTE, R.O.; MOIR, T.R.G.; COOPER, J.P. 1959. Las gramíneas en la agricultura. Roma, FAO. 464 p.

9 ANEXOS

Anexo 1

BALANCE HIDRICO

Suelo	Horizonte	Espesor (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	MO (%)
Brunosol eutrico tipico	A1	0-19	13,1	46,3	40,6	5,56

Fuente:

Cálculo de lámina

$$CC = 21,977 - 0,168Ar + 2,061MO + 0,127Ac$$

$$CC = 36,39$$

$$CMP = -58,1313 + 0,3718MO + 0,5682Ar + 0,6414L + 0,9755Ac$$

$$CMP = 20,68$$

$$AD = CC - CMP$$

$$AD = 15,71$$

$$Dap = 3,6725 - 0,0531MO - 0,0210Ar - 0,0228L - 0,0221Ac$$

$$Dap = 1,15$$

$$ADH = AD * Dap * prof/10$$

$$ADH = 15,71 * 1,15 * 5/10$$

$$ADH = 9,03$$

PERÍODO	P	ETP	P-ETP		ALM	VAR. ALM	ETR	DEF	EXC
17/03 - 16/04	25,5	106	-80,5	0	0	0	25,5	80,5	0
17/04 - 10/05	24,9	66	-41,1	0	0	0	24,9	41,1	0
11/05 - 01/06	46,1	43,5	2,6	2,6	2,6	2,6	43,5	0	0
02/06 - 13/06	114,4	33	81,4	84	9,028	6,42753	33	0	75
14/06 - 03/07	52,6	34	18,6	9,028	9,028	0	34	0	18,6

Datos de ETP promedio- Regionalización agroclimática (Boschell y Chiara, 1982).

Anexo 2

Bloque	Cuadro	Gram	FECHA	N° pl/un.mue streo prom	N° semillas viabiles/u n.muestre o	% implantación
1	2	Br	10/05/2006	6,00	40,71	14,74
1	3	Br	10/05/2006	3,00	40,71	7,37
2	12	Br	10/05/2006	4,00	40,71	9,83
2	15	Br	10/05/2006	7,25	40,71	17,81
3	21	Br	10/05/2006	9,25	40,71	22,72
3	23	Br	10/05/2006	7,00	40,71	17,19
Promedio						14,94
1	2	Br	01/06/2006	4,25	40,71	10,44
1	3	Br	01/06/2006	2,00	40,71	4,91
2	12	Br	01/06/2006	1,50	40,71	3,68
2	15	Br	01/06/2006	4,25	40,71	10,44
3	21	Br	01/06/2006	2,75	40,71	6,76
3	23	Br	01/06/2006	1,75	40,71	4,30
Promedio						6,76
1	2	Br	13/06/2006	1,75	40,71	4,30
1	3	Br	13/06/2006	1,00	40,71	2,46
2	12	Br	13/06/2006	1,50	40,71	3,68
2	15	Br	13/06/2006	2,00	40,71	4,91
3	21	Br	13/06/2006	1,75	40,71	4,30
3	23	Br	13/06/2006	2,75	40,71	6,76
Promedio						4,40
1	2	Br	03/07/2006	3,25	40,71	7,98
1	3	Br	03/07/2006	2,25	40,71	5,53
2	12	Br	03/07/2006	2,00	40,71	4,91
2	15	Br	03/07/2006	2,00	40,71	4,91
3	21	Br	03/07/2006	3,25	40,71	7,98
3	23	Br	03/07/2006	4,25	40,71	10,44
Promedio						6,96
1	5	Fe	10/05/2006	13,25	42,17	31,42
1	7	Fe	10/05/2006	19,00	42,17	45,06
2	14	Fe	10/05/2006	18,75	42,17	44,46
2	16	Fe	10/05/2006	26,00	42,17	61,66
3	17	Fe	10/05/2006	28,00	42,17	66,40
3	22	Fe	10/05/2006	13,50	42,17	32,01
Promedio						46,83

1	5	Fe	01/06/2006	12,50	42,17	29,64
1	7	Fe	01/06/2006	16,25	42,17	38,53
2	14	Fe	01/06/2006	5,50	42,17	13,04
2	16	Fe	01/06/2006	15,25	42,17	36,16
3	17	Fe	01/06/2006	8,00	42,17	18,97
3	22	Fe	01/06/2006	4,75	42,17	11,26
Promedio						24,60
1	5	Fe	13/06/2006	4,00	42,17	9,49
1	7	Fe	13/06/2006	6,75	42,17	16,01
2	14	Fe	13/06/2006	3,50	42,17	8,30
2	16	Fe	13/06/2006	9,50	42,17	22,53
3	17	Fe	13/06/2006	8,50	42,17	20,16
3	22	Fe	13/06/2006	5,00	42,17	11,86
Promedio						14,72

Anexo 4

Class	Levels	Values
BLOQUE	3	1 2 3
FECHA	4	01/06/06 03/07/06 10/05/06 13/06/06
PARCELA	18	2 3 5 6 7 8 9 11 12 14 15 16 17 20 21 22 23 24
ESPECIE	3	Bromus Festuca Lolium

Number of observations in data set = 72

Dependent Variable: PORCIMP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	25200.22597778	1482.36623399	23.00	0.0001
Error	54	3480.20861667	64.44830772		
Corrected Total	71	28680.43459444			

R-Square	C.V.	Root MSE	PORCIMP Mean
0.878656	31.83842	8.02797034	25.21472222

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	2	3.46080278	1.73040139	0.03	0.9735
ESPECIE	2	13434.12900278	6717.06450139	104.22	0.0001
BLOQUE*					
ESPECIE	4	166.48151389	41.62037847	0.65	0.6323
FECHA	3	9281.73709444	3093.91236481	48.01	0.0001
FECHA*					
ESPECIE	6	2314.41756389	385.73626065	5.99	0.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	2	3.46080278	1.73040139	0.03	0.9735
ESPECIE	2	13434.12900278	6717.06450139	104.22	0.0001
BLOQUE*					
ESPECIE	4	166.48151389	41.62037847	0.65	0.6323
FECHA	3	9281.73709444	3093.91236481	48.01	0.0001
FECHA*					
ESPECIE	6	2314.41756389	385.73626065	5.99	0.0001

Tests of Hypotheses using the Type III MS for BLOQUE*ESPECIE as an error term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ESPECIE	2	13434.12900278	6717.06450139	161.39	0.0001

Anexo 5

Class	Levels	Values
B	3	1 2 3
FECHA	4	01/06/06 03/07/06 10/05/06 13/06/06
ESPECIE	2	Lotus Tblanco

Number of observations in data set = 192

Dependent Variable: PORCIMP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	1904.36291042	173.12390095	6.40	0.0001
Error	180	4865.53678750	27.03075993		
Corrected Total	191	6769.89969792			

R-Square	C.V.	Root MSE	PORCIMP Mean
0.281299	96.59474	5.19911146	5.38239583

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
B	2	97.76307917	48.88153958	1.81	0.1669
ESPECIE	1	333.74926875	333.74926875	12.35	0.0006
B*ESPECIE	2	49.20485000	24.60242500	0.91	0.4043
FECHA	3	1184.12524375	394.70841458	14.60	0.0001
FECHA*					
ESPECIE	3	239.52046875	79.84015625	2.95	0.0340

Tests of Hypotheses using the Type III MS for B*ESPECIE as an error term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ESPECIE	1	333.74926875	333.74926875	13.57	0.0665

Anexo 6

```

Class      Levels      Values
ESPECIE    3      Bromus Festuca Lolium
BLOQUE     3      1 2 3
PARCELA    18     2 3 5 6 7 8 9 11 12 14 15 16 17 20 21 22 23 24
FECHA      4      01/06/06 03/07/06 10/05/06 13/06/06
    
```

Number of observations in data set = 72

Dependent Variable: PIMP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	21	25281.40584388	1203.87646876	17.71	0.0001
Error	50	3399.02875056	67.98057501		
Corrected Total	71	28680.43459444			
R-Square	C.V.	Root MSE	PIMPGR Mean		
0.881486	32.69928	8.24503335	25.21472222		

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	2	4.58624731	2.29312366	0.03	0.9669
ESPECIE	2	11896.60288649	5948.30144325	87.50	0.0001
ESPECIE*					
BLOQUE	4	207.95638536	51.98909634	0.76	0.5532
FECHA	3	8066.08003999	2688.69334666	39.55	0.0001
ESPECIE*					
FECHA	6	1780.15700553	296.69283425	4.36	0.0013
LNPLANT	1	0.24150834	0.24150834	0.00	0.9527
TBNPLANT	1	4.39559435	4.39559435	0.06	0.8003
PIMPLOT	1	0.24322419	0.24322419	0.00	0.9525
PIMPTB	1	4.38137408	4.38137408	0.06	0.8006

Tests of Hypotheses using the Type III MS for ESPECIE*B as an error term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ESPECIE	2	11896.60288649	5948.30144325	114.41	0.0003

T tests (LSD) for variable: PIMPGR

NOTE: This test controls the type I comparison wise error rate
not the
Experiment wise error rate.

Alpha= 0,05 df= 50 MSE= 67,98
Critical Value of T= 2,01
Least Significant Difference= 4,78

Means with the same letter are not significantly different.

T Grouping	Mean	N	ESPECIE
A	41,71	24	Lolium
B	25,66	24	Festuca
C	8,26	24	Bromus

Dependent Variable: NPLANGR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	21	9548.16477845	454.67451326	27.17	0.0001
Error	50	836.73799933	16.73475999		
Corrected Total	71		10384.90277778		

R-Square	C.V.	Root MSE	NPLANGR Mean
0.919427	31.00406	4.09081410	13.19444444

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
B	2	2.10837947	1.05418973	0.06	0.9390
ESPECIE	2	5246.89579757	2623.44789878	156.77	0.0001
ESPECIE*B	4	46.22816083	11.55704021	0.69	0.6019
FECHA	3	2116.11274254	705.37091418	42.15	0.0001
ESPECIE*					
FECHA	6	828.91610291	138.15268382	8.26	0.0001

Tests of Hypotheses using the Type III MS for ESPECIE*B as an error term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ESPECIE	2	5246.89579757	2623.44789878	227.00	0.0001

T tests (LSD) for variable: NPLANGR

NOTE: This test controls the type I comparison wise error rate
not the
Experiment wise error rate.

Alpha= 0.05 df= 50 MSE= 16.73476
Critical Value of T= 2.01
Least Significant Difference= 2.3719

Means with the same letter are not significantly different.

T Grouping	Mean	N	ESPECIE
A	25.396	24	Lolium
B	10.823	24	Festuca
C	3.365	24	Bromus

Anexo 7

Class	Levels	Values
ESPECIE	2	Bromus Festuca
BLOQUE	3	1 2 3
PARCELA	12	2 3 5 7 12 14 15 16 17 21 22 23
FECHA	4	01/06/06 03/07/06 10/05/06 13/06/06

Number of observations in data set = 48

Dependent Variable: NGRAM

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	12	1509.54017428	125.79501452	13.09	0.0001
Error	35	336.41295072	9.61179859		
Corrected Total	47	1845.95312500			

R-Square	C.V.	Root MSE	NGRAM Mean
0.817757	43.70453	3.10029008	7.09375000

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	2	11.45938825	5.72969413	0.60	0.5564
ESPECIE	1	87.23230624	87.23230624	9.08	0.0048
ESPECIE*					
BLOQUE	2	8.35628618	4.17814309	0.43	0.6509
FECHA	3	607.10917561	202.36972520	21.05	0.0001
ESPECIE*					
FECHA	3	47.26410222	15.75470074	1.64	0.1980
NRAIG	1	67.21204928	67.21204928	6.99	0.0122

Tests of Hypotheses using the Type III MS for ESPECIE*BLOQUE as an error term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ESPECIE	1	87.23230624	87.23230624	20.88	0.0447

Anexo 8

Class	Levels	Values
BLOQUE	3	1 2 3
PARCELA	18	2 3 5 6 7 8 9 11 12 14 15 16 17 20 21 22 23 24
FECHA	4	01/06/06 03/07/06 10/05/06 13/06/06
ESPECIE	3	Bromus Festuca Lolium

Number of observations in data set = 72

Dependent Variable: PORCIMP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	22	25749.18262	1170.41739	19.57	0.0001
Error	49	2931.25197	59.82147		
Corrected Total	71	28680.43459			
R-Square		C.V.	Root MSE		PORCIMP Mean
0.897796		30.67428	7.734434		25.21472

Dependent Variable: PORCIMP

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	2	3.46080	1.73040	0.03	0.9715
ESPECIE	2	13434.12900	6717.06450	112.29	0.0001
BLOQUE*					
ESPECIE	4	166.48151	41.62038	0.70	0.5985
FECHA	3	9281.73709	3093.91236	51.72	0.0001
FECHA*					
ESPECIE	6	2314.41756	385.73626	6.45	0.0001
RSBAJO	1	12.12885	12.12885	0.20	0.6545
RSMEDIO	1	514.70061	514.70061	8.60	0.0051
RSALTO	1	20.08713	20.08713	0.34	0.5649
MV	1	1.82822	1.82822	0.03	0.8619
SD	1	0.21184	0.21184	0.00	0.9528

Dependent Variable: PORCIMP

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	2	5.00764	2.50382	0.04	0.9590
ESPECIE	2	10476.90656	5238.45328	87.57	0.0001
BLOQUE*					
ESPECIE	4	190.00227	47.50057	0.79	0.5348
FECHA	3	1253.92411	417.97470	6.99	0.0005
FECHA*					
ESPECIE	6	2024.44411	337.40735	5.64	0.0002
RSBAJO	1	0.05631	0.05631	0.00	0.9756
RSMEDIO	1	1.65935	1.65935	0.03	0.8684
RSALTO	1	0.93298	0.93298	0.02	0.9011
MV	1	0.10358	0.10358	0.00	0.9670
SD	1	0.21184	0.21184	0.00	0.9528

Tests of Hypotheses using the Type III MS for BLOQUE*ESPECIE as an error term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ESPECIE	2	10476.90656	5238.45328	110.28	0.0003

The MIXED Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
BLOQUE	3	1 2 3
FECHA	4	01/06/06 03/07/06 10/05/06 13/06/06
ESPECIE	3	Bromus Festuca Lolium

REML Estimation Iteration History

Iteration	Evaluations	Objective	Criterion
0	1	335.04679466	

REML Estimation Iteration History

Iteration	Evaluations	Objective	Criterion
1	1	335.04679466	0.00000000

Convergence criteria met.

Covariance Parameter Estimates (REML)

Cov Parm	Estimate
BLOQUE	0.00000000
BLOQUE*ESPECIE	0.00000000
Residual	56.79036149

Model Fitting Information for PORCIMP

Description	Value
Observations	72.0000
Res Log Likelihood	-218.065
Akaike's Information Criterion	-221.065
Schwarz's Bayesian Criterion	-224.076
-2 Res Log Likelihood	436.1300

Tests of Fixed Effects

Source	NDF	DDF	Type III F	Pr > F
ESPECIE	2	4	92.69	0.0004
FECHA	3	49	9.52	0.0001

Tests of Fixed Effects

Source	NDF	DDF	Type III F	Pr > F
FECHA*ESPECIE	6	49	6.09	0.0001
RSBAJO	1	49	0.02	0.8798
RSMEDIO	1	49	0.10	0.7540
RSALTO	1	49	0.01	0.9280
MV	1	49	0.01	0.9035
SD	1	49	0.01	0.9253

Anexo 9

Class	Levels	Values
BLOQUE	3	1 2 3
PARCELA	18	2 3 5 6 7 8 9 11 12 14 15 16 17 20 21 22 23 24
FECHA	4	01/06/06 03/07/06 10/05/06 13/06/06
ESPECIE	3	Bromus Festuca Lolium

Number of observations in data set = 72

Dependent Variable: PIMP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	25200.22598	1482.36623	23.00	0.0001
Error	54	3480.20862	64.44831		
Corrected Total	71	28680.43459			
R-Square		C.V.	Root MSE		PIMP Mean
0.878656		31.83842	8.027970		25.21472

Dependent Variable: PIMP

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	2	3.46080	1.73040	0.03	0.9735
ESPECIE	2	13434.12900	6717.06450	104.22	0.0001
BLOQUE*					
ESPECIE	4	166.48151	41.62038	0.65	0.6323
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
FECHA	3	9281.73709	3093.91236	48.01	0.0001
FECHA*					
ESPECIE	6	2314.41756	385.73626	5.99	0.0001

Tests of Hypotheses using the Type III MS for B*ESPECIE as an error term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ESPECIE	2	13434.12900	6717.06450	161.39	0.0001

Dependent Variable: RSALTO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	1523.567708	89.621630	2.66	0.0033
Error	54	1822.526042	33.750482		
Corrected Total	71	3346.093750			

R-Square	C.V.	Root MSE	RSALTO Mean
0.455327	129.7008	5.809517	4.479167

Dependent Variable: RSALTO

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	2	4.6875000	2.3437500	0.07	0.9330
ESPECIE	2	189.5833333	94.7916667	2.81	0.0691
BLOQUE*					
ESPECIE	4	573.3072917	143.3268229	4.25	0.0046

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
FECHA	3	677.5173611	225.8391204	6.69	0.0006
FECHA*					
ESPECIE	6	78.4722222	13.0787037	0.39	0.8839

Tests of Hypotheses using the Type III MS for B*ESPECIE as an error term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ESPECIE	2	189.5833333	94.7916667	0.66	0.5647

Dependent Variable: RSMEDIO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	6607.747396	388.691023	3.91	0.0001
Error	54	5370.182292	99.447820		
Corrected Total	71	11977.929688			
R-Square		C.V.	Root MSE		RSMEDIO Mean
0.551660		76.28254	9.972353		13.07292

Dependent Variable: RSMEDIO

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	2	103.255208	51.627604	0.52	0.5980
ESPECIE	2	1041.145833	520.572917	5.23	0.0084
BLOQUE* ESPECIE	4	916.927083	229.231771	2.31	0.0700
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
FECHA	3	4388.953993	1462.984664	14.71	0.0001
FECHA* ESPECIE	6	157.465278	26.244213	0.26	0.9513

Tests of Hypotheses using the Type III MS for B*ESPECIE as an error term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ESPECIE	2	1041.145833	520.572917	2.27	0.2193

Dependent Variable: RSBAJO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	10785.98806	634.46989	8.65	0.0001
Error	54	3961.66797	73.36422		

Corrected
Total 71 14747.65603

R-Square C.V. Root MSE RSBAJO Mean
0.731370 51.62298 8.565292 16.59201

Dependent Variable: RSBAJO

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	2	515.490017	257.745009	3.51	0.0368
ESPECIE	2	197.638455	98.819227	1.35	0.2686
BLOQUE*					
ESPECIE	4	522.646701	130.661675	1.78	0.1461

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
FECHA	3	9187.245443	3062.415148	41.74	0.0001
FECHA*					
ESPECIE	6	362.967448	60.494575	0.82	0.5560

Tests of Hypotheses using the Type III MS for B*ESPECIE as an error term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ESPECIE	2	197.6384549	98.8192274	0.76	0.5265

Dependent Variable: MV

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	57035.76215	3355.04483	56.82	0.0001
Error	54	3188.32812	59.04311		

Corrected
Total 71 60224.09028

R-Square C.V. Root MSE MV Mean
0.947059 18.51245 7.683952 41.50694

Dependent Variable: MV

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	2	263.23090	131.61545	2.23	0.1174
ESPECIE	2	1413.34028	706.67014	11.97	0.0001
BLOQUE*					
ESPECIE	4	719.59722	179.89931	3.05	0.0245

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
FECHA	3	53283.04514	17761.01505	300.81	0.0001
FECHA*					
ESPECIE	6	1356.54861	226.09144	3.83	0.0030

Tests of Hypotheses using the Type III MS for B*ESPECIE as an error term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ESPECIE	2	1413.340278	706.670139	3.93	0.1138

Dependent Variable: SD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	7930.933377	466.525493	3.56	0.0002
Error	54	7081.227865	131.133849		

Corrected Total 71 15012.161241

R-Square 0.528301 C.V. 47.06378 Root MSE 11.45137 SD Mean 24.33160

Dependent Variable: SD

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	2	565.180122	282.590061	2.15	0.1258
ESPECIE	2	132.128038	66.064019	0.50	0.6070
BLOQUE*					
ESPECIE	4	1891.573785	472.893446	3.61	0.0112

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
FECHA	3	4379.920790	1459.973597	11.13	0.0001
FECHA*					
ESPECIE	6	962.130642	160.355107	1.22	0.3091

Tests of Hypotheses using the Type III MS for B*ESPECIE as an error term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ESPECIE	2	132.1280382	66.0640191	0.14	0.8737

Anexo 10

General Linear Models Procedure Multivariate Analysis of Variance

Partial Correlation Coefficients from the Error SS&CP Matrix /
Prob > |r|

DF = 54	PIMP	NPLAN	RSALTO	RSMEDIO	RSBAJO	MV	SD
PIMP	1.0 0.0001	0.98 0.0001	0.012 0.92	-0.38 0.0036	0.059 0.66	0.11 0.40	0.203 0.136
NPLAN	0.98 0.0001	1.0 0.0001	0.06 0.63	-0.35 0.0076	0.094 0.49	0.12 0.36	0.118 0.38
RSALTO	0.012 0.92	0.065 0.63	1.0 0.0001	0.18 0.188	-0.20 0.129	-0.18 0.1	-0.390 0.003
RSMEDIO	-0.385 0.003	-0.356 0.007	0.180 0.1883	1.0 0.0001	-0.279 0.038	-0.353 0.008	-0.502 0.0001
RSBAJO	0.059 0.668	0.094 0.491	-0.206 0.129	-0.279 0.038	1.0 0.0001	-0.127 0.355	-0.322 0.016
MV	0.115 0.401	0.123 0.367	-0.184 0.178	-0.353 0.008	-0.127 0.355	1.0 0.0001	-0.178 0.193
SD	0.203 0.136	0.118 0.387	-0.390 0.003	-0.502 0.0001	-0.322 0.016	-0.178 0.193	1.0 0.0001

Anexo 11

General Linear Models Procedure
Class Level Information

Class	Levels	Values
ESPECIE	3	Bromus Festuca Raigras
BLOQUE	3	1 2 3
PARCELA	18	2 3 5 6 7 8 9 11 12 14 15 16 17 20 21 22 23 24

Number of observations in data set = 18

Dependent Variable: PRODKGMS

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	12249113.346000	1531139.168250	37.87	0.0001
Error	9	363865.691850	40429.521317		

Corrected		
Total	17	12612979.037850

R-Square	C.V.	Root MSE	PRODKGMS Mean
0.971151	33.00853	201.07093603	609.14833333

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	2	655017.2201333	327508.6100667	8.10	0.0097
ESPECIE	2	9561130.2697000	4780565.1348500	118.24	0.0001
ESPECIE*					
BLOQUE	4	2032965.8561667	508241.4640417	12.57	0.0010

Tests of Hypotheses using the Type III MS for ESPECIE*BLOQUE as an error term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ESPECIE	2	9561130.2697000	4780565.1348500	9.41	0.0307

T tests (LSD) for variable: PRODKGMS

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate
not the experimentwise error rate.

Alpha= 0.05 df= 9 MSE= 40429.52

Critical Value of T= 2.26

Least Significant Difference= 262.61

Means with the same letter are not significantly different.

T Grouping	Mean	N	ESPECIE
A	1636.6	6	Raigras
B	165.8	6	Festuca
B	25.0	6	Bromus

Anexo 12

General Linear Models Procedure
Class Level Information

Class	Levels	Values
BLOQUE	3	1 2 3
PARCELA	18	2 3 5 6 7 8 9 11 12 14 15 16 17 20 21 22 23 24
ESPECIE	3	Bromus Festuca Raigras

Number of observations in data set = 18

Dependent Variable: MSCOS

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	214640.8481	26830.1060	6.51	0.0055
Error	9	37070.9780	4118.9976		
Corrected Total	17	251711.8261			

R-Square	C.V.	Root MSE	MSCOS Mean
0.852725	27.20777	64.17942	235.8863

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	2	15130.2458	7565.1229	1.84	0.2143
ESPECIE	2	145455.1184	72727.5592	17.66	0.0008
BLOQUE*					
ESPECIE	4	54055.4839	13513.8710	3.28	0.0641

Dependent Variable: MSCOS

Tests of Hypotheses using the Type III MS for BLOQUE*ESPECIE as an error term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ESPECIE	2	145455.1184	72727.5592	5.38	0.0734

Anexo 13

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set	WORK.BROMUS
Dependent Variable	Y
Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Containment

Class Level Information

Class	Levels	Values
Bloque	3	1 2 3
Fecha	4	01/06/06 03/07/06 10/05/06 13/06/06
especie	2	1 2

Dimensions	
Covariance Parameters	2
Columns in X	15
Columns in Z	3
Subjects	1
Max Obs Per Subject	48

Number of Observations

Number of Observations Read	48
Number of Observations Used	48
Number of Observations Not Used	0

Iteration History

Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	186.57709106	
1	1	186.54014834	0.00000000

Convergence criteria met.

Covariance Parameter
Estimates

Cov Parm	Estimate
Bloque	0.05669
Residual	4.2961

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	186.5
AIC (smaller is better)	190.5
AICC (smaller is better)	190.9
BIC (smaller is better)	188.7

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
especie	1	38	106.58	<.0001
Fecha	3	38	9.02	0.0001
Fecha*e	3	38	0.53	0.6668

Model Information

Data Set	WORK.FESTUCA
Dependent Variable	y
Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Containment

Class	Levels	Values
Bloque	3	1 2 3
Fecha	4	01/06/06 03/07/06 10/05/06 13/06/06
especie	2	1 2

Dimensions

Covariance Parameters	2
Columns in X	15
Columns in Z	3
Subjects	1
Max Obs Per Subject	48

Number of Observations

Number of Observations Read	48
Number of Observations Used	48
Number of Observations Not Used	0

Iteration History

Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	228.44513384	
1	1	228.44513384	0.00000000

Convergence criteria met.

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate
Bloque	0
Residual	12.3654

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	228.4
AIC (smaller is better)	230.4
AICC (smaller is better)	230.6
BIC (smaller is better)	229.5

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Especie	1	38	46.01	<.0001
Fecha	3	38	5.66	0.0026
Fecha*e	3	38	14.20	<.0001

Para el analizar las diferencias significativas entre las especies se usó la siguiente fórmula:

$$\text{Lsd} = t \sqrt{(2\text{CME}/n)}$$

$$\text{Lsd} = 2,02 * \sqrt{(4,29/3)}$$

Lsd = 2,42 lo que equivale a 29 plantas/m² para el caso de *Bromus auleticus*.

$$\text{Lsd} = 2,02 * \sqrt{(12,36/3)}$$

Lsd = 4,1 lo que equivale a 49,2 plantas/m² para el caso de *Festuca arundinacea*.