

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

FACULTAD DE AGRONOMIA

EVALUACION DEL CRECIMIENTO DE LEGUMINOSAS FORRAJERAS  
BAJO UN MONTE DE *Eucalyptus globulus ssp globulus*

por

Alejandro Enrique ALMADA LOPEZ

Álvaro Rodolfo GARAT BENVENUTO

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2010

Tesis aprobada por:

Director: \_\_\_\_\_  
Ing. Agr. M.Sc. Luis Gallo

\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. Ph.D. Pablo Boggiano

\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. Rafael Escudero

Fecha:

Autores:

\_\_\_\_\_  
Alejandro Enrique Almada López

\_\_\_\_\_  
Alvaro Rodolfo Garat Benvenuto

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Luis Gallo por la dirección de esta tesis.

Al Ing. Agr. Pablo Boggiano por su dedicación, apoyo y tiempo brindado en la elaboración de este trabajo.

A los Ings. Agrs. David Silveira y Rafael Escudero por su colaboración.

Al Ing. Agr. Luis Petrini por proporcionar el establecimiento y los insumos para la realización de este trabajo.

A la Ing. Agr. Victoria Petrini y personal del establecimiento "Los Eucalyptus S.A." por su apoyo en la etapa de campo.

A nuestras familias por el apoyo incondicional a lo largo de toda la carrera.

A nuestros amigos, compañeros y todas aquellas personas que de alguna manera u otra han hecho posible llegar al final de esta etapa.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pagina
PAGINA DE APROBACION.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VIII
1. <u>INTRODUCCION</u> .....	1
2. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u> .....	3
2.1. <u>AGROFORESTACION</u> .....	3
2.1.1. <u>Definición de sistemas agroforestales</u> .....	3
2.1.2. <u>Clasificación de sistemas agroforestales</u> .....	3
2.2. <u>MARCO CONCEPTUAL Y TECNICO</u> .....	5
2.2.1. <u>Ventajas y desventajas de los sistemas agroforestales</u> .....	7
2.3. <u>SISTEMAS SILVOPASTORILES</u> .....	9
2.3.1. <u>Modelos de un sistema silvopastoril</u> .....	13
2.3.2. <u>Análisis de las principales interacciones de un sistema                 <u>Silvopastoril</u></u> .....	13
2.3.2.1 Efecto de los árboles sobre los animales.....	14
2.3.2.2 Cambios en la capacidad de carga animal.....	16
2.3.2.3 Efectos de los animales sobre los árboles.....	17
2.3.2.4 Efectos de los árboles sobre la pastura.....	18
2.3.2.5 La cobertura arbórea en relación a la fertilidad y estructura del suelo.....	24

2.3.2.6	Competencia entre árboles y pastos.....	26
2.4	RELACIONES HIDRICAS.....	28
2.5	CARACTERISTICAS DEL <i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i>	32
2.5.1	<u>Características generales</u> .....	32
2.5.2	<u>Características ecológicas</u> .....	33
2.5.3	<u>Usos</u> .....	33
2.5.4	<u>Patología</u> .....	33
2.6	LEGUMINOSAS.....	33
2.6.1	<u>Principales características productivas de las leguminosas</u> .....	33
2.6.2	<u>Factores que afectan la persistencia de las leguminosas</u>	35
2.6.2.1	Factores bióticos.....	35
2.6.2.2	Factores abióticos.....	38
2.6.3	<u>Descripción agronómica de las especies y cultivares utilizados</u> .....	42
2.6.3.1	Genero <i>Trifolium</i> .....	42
2.6.3.2	Genero <i>Lotus</i> .....	47
3.	<u>MATERIALES Y METODOS</u> .....	56
3.1	LOCALIZACION DEL EXPERIMENTO.....	56
3.2	PERIODO EXPERIMENTAL.....	56
3.3	DESCRIPCION DEL AREA EXPERIMENTAL.....	56

3.3.1	<u>Topografía y área del experimento</u> .....	56
3.3.2	<u>Suelos dominantes y características</u> .....	56
3.3.2.1	Descripción de suelos coneat.....	57
3.3.3	<u>Componente forestal</u> .....	59
3.3.4	<u>Especies sembradas, preparación y siembra</u> .....	60
3.3.5	<u>Componente animal</u> .....	61
3.4	CARACTERISTICAS DEL EXPERIMENTO.....	62
3.4.1	<u>Dimensiones y arreglo del experimento</u> .....	62
3.4.2	<u>Diseño experimental</u> .....	63
3.5	DETERMINACIONES EN EL CAMPO.....	63
3.5.1	<u>Determinaciones en los árboles</u> .....	63
3.5.2	<u>Determinaciones en las leguminosas</u> .....	64
3.5.2.1	Numero de plantas por metro cuadrado.....	64
3.5.2.2	Determinación del forraje presente pre y post pastoreo.....	66
3.5.2.3	Determinación de la composición botánica del forraje pre y post pastoreo.....	70
3.6	DETERMINACIONES EN EL LABORATORIO.....	70
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSION</u> .....	73
4.1	CARACTERISTICAS DEL PERIODO DE EVALUACION.....	73
4.1.1	<u>Temperatura</u> .....	73
4.1.2	<u>Precipitaciones</u> .....	74

4.1.3 <u>Agua disponible en el suelo</u> .....	75
4.2 <u>IMPLANTACION</u> .....	76
4.3 <u>PRODUCCION DE FORRAJE</u> .....	79
4.3.1 <u>Producción de Materia Seca</u> .....	79
4.3.2 <u>Producción de materia seca de leguminosa</u> .....	81
4.3.3 <u>Producción de Materia Seca de gramíneas</u> .....	82
4.3.4 <u>Producción de materia seca de malezas</u> .....	85
4.3.5 <u>Producción de Materia seca total y acumulada</u> .....	86
4.3.6 <u>Comparación volumétrica</u> .....	88
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	90
6. <u>RESUMEN</u> .....	91
7. <u>SUMMARY</u> .....	92
8. <u>BIBLIOGRAFIA</u> .....	93
9. <u>ANEXOS</u> .....	106

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Resumen de fortalezas y debilidades para la generación de iniciativas Silvopastoriles.....	11
2. Tasas de acumulación de MS (Kg./ha/día) de cuatro gramíneas forrajeras, en función del nivel de sombreado artificial y época del año, en Río Branco, Acre.....	22
3. Composición química (% materia seca) del forraje creciendo a cielo abierto y bajo área de copa, en una situación de monte con un 18% de cobertura arbórea.....	25
4. Distribución estacional (%) y forraje total producido en toda la vida productiva (tt MS/ha) de trébol blanco, Lotus, trébol rojo y alfalfa, promedio entre 1974 y 1992.....	34
5. Análisis químico y textural del área experimental.....	57
6. Descripción de suelos coneat.....	57
7. Descripción de especies sembradas.....	60
8. Porcentajes de germinación.....	61
9. Número de semillas, plantas establecidas según días de conteo y porcentaje final de implantación a los 129 días post siembra.....	76
10. Kg. /ha de Materia Seca Total del forraje disponible, remanente, desaparecido y utilización en porcentaje por periodo.....	79
11. Kg. / ha de Materia Seca de Leguminosa disponible, remanente, desaparecido y utilización en porcentaje para los dos periodos.....	81

12. Kg. / ha de Materia Seca de gramíneas no sembrada disponible, remanente, desaparecido y utilización en porcentaje para los dos períodos.....	82
13. Kg. / ha de Malezas disponible, remanente, desaparecido y utilización en porcentaje para los dos períodos.....	85
14. Producción de MS en Kg./ha y utilización en porcentaje de la Materia Seca Total por periodo y total acumulado.....	86
15. Volumen promedio (m <sup>3</sup> /ha) al inicio del ensayo (24/04/07).....	88
16. Volumen promedio (m <sup>3</sup> /ha) al final del ensayo (05/01/08).....	88
17. Volumen promedio (m <sup>3</sup> /ha) del período del ensayo.....	89

Figura No.

1. Evolución del contenido de agua del suelo hasta 1,2 m de profundidad, <i>Eucalyptus grandis</i> 1998 sobre Hapludult Típico (Delgado et al., 2006).....	31
2. Imagen satelital del área del experimento.....	62
3. Conteo de plantas para Trébol blanco, rojo y Lotus San Gabriel.....	64
4. Conteo de plantas de <i>Lotus pedunculatus</i> cv. Maku.....	65
5. Determinación de escalas del componente verde.....	67
6. Pesada de muestras en Laboratorio Centro Regional Sur .....	71
7. Secado de muestras de forraje Laboratorio Centro Regional Sur.	72
8. Temperaturas máxima, mínima y promedio histórico nacionales y para el año del ensayo (Extraído de la D.N.M. serie 1977- 2007 y de la estación meteorológica de Empalme Olmos año 2007).....	73
9. Precipitación mensual histórica y la registrada durante el período experimental (Extraído de la D.N.M y de la	

Estación Climática de Empalme Olmos).....	74
10. Agua disponible del suelo.....	75
11. Implantación <i>Lotus pedunculatus</i> cv. Maku.....	77
12. Presencia de gramíneas no sembradas en parcelas de trébol blanco.....	84

## 1. INTRODUCCION

El Uruguay es un país esencialmente agropecuario. Dentro de este contexto, la ganadería es uno de los rubros más importantes de la economía uruguaya.

El sector forestal en el país ha crecido rápidamente, impulsado y estimulado por una política y legislación forestal definida y permanente.

A partir de la década del '70, con la aprobación de la primera Ley forestal (No. 13.723 del 16/12/68), este rubro con especies exóticas comenzó a desarrollarse y ha cobrado especial importancia en los últimos años debido a la creación de la segunda Ley forestal No. 15.939 aprobada el 28/12/87. Esta ley define los sitios favorables para el desarrollo de especies forestales según el suelo, clima y topografía, dándole una mayor importancia comparativa a distintas especies, entre ellas: *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus grandis*, *Pinus taeda* y *Pinus elliotti* (Ravera, 2002).

La intención de integrar los distintos rubros ganadero, agrícola y forestal enmarca el "Sistema Agroforestal" del país. Estos sistemas y el manejo silvopastoral, se han tornado muy relevantes, a nivel mundial, debido a la imperante necesidad de lograr un uso, aprovechamiento y manejo sustentable de los recursos naturales.

Dada la tradición ganadera del país, es necesario conocer la dinámica y potencialidad que presenta el manejo silvopastoril. Los objetivos de incorporar el componente arbóreo en sistemas ganaderos pueden ser múltiples y muy diversos. Así en algunos casos se buscará incrementar la productividad del recurso suelo y el beneficio neto del sistema en el largo plazo; en otros reducir el riesgo a través de la diversificación de salidas del sistema, o atenuar los efectos detrimentales del estrés climático sobre las plantas o los animales. Cabe anotar que algunos de estos propósitos también se cumplen cuando se introducen animales en sistemas forestales.

La falta de estudios inherentes a la composición, calidad y productividad de las pasturas cultivadas bajo los rodales comerciales, determinan que la carga animal que se utiliza en Uruguay sea tentativa.

El objetivo general del presente trabajo es evaluar el crecimiento de leguminosas forrajeras bajo un monte de *Eucalyptus globulus ssp globulus*.

Como objetivo particular se destaca:

- Determinación del comportamiento productivo de: *Trifolium pratense* Var. E. 116, *Trifolium repens* Var. Zapicán, *Lotus corniculatus* Var. San Gabriel y *Lotus pedunculatus* Var. Maku.

## 2. REVISION BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 AGROFORESTACION

#### 2.1.1 Definición de sistemas agroforestales

La Agroforestación es la asociación deliberada, en una misma unidad de producción, de especies leñosas (árboles, arbustos y otros) con cultivos herbáceos y/o animales, en alguna forma de distribución espacial o secuencia cronológica, donde existen interacciones ecológicas y/o económicas positivas, logrando una producción diversificada, sostenida y manteniendo la productividad de los recursos ( Budowski 1981, FAO 1984, Nair 1989, Reid y Wilson 1989, Torquebiau 1990, Somarraba 1992, Leaky 1996).

Estos autores utilizan la palabra sistema para designar una técnica de cultivo, pero sugieren que es más correcto utilizar este término para el concepto global. Por el contrario parece netamente preferible hablar de técnica para describir las diferentes asociaciones, en vista de que en la mayoría de los casos no se dispone de una indicación cuantitativa de las aplicaciones prácticas.

#### 2.1.2 Clasificación de sistemas agroforestales

Budowski (1981), indica que los objetivos que persigue la clasificación de los sistemas agroforestales son los siguientes:

- Hacer conocer mejor las técnicas agroforestales ya utilizadas, de las cuales algunas han sido objeto de trabajos de investigación.
- Facilitar la definición de prioridades para la investigación a realizar en un futuro próximo.
- Estimular las aplicaciones prácticas análogas.

La clasificación se estructura según la función del componente arbóreo, tipos de componentes asociados a la distribución en el tiempo y a la repartición en el espacio.

Respecto al tipo de componentes asociados los autores clasifican los sistemas agroforestales en:

- Sistemas Silvoagrícolas: cuando están presentes el componente arbóreo y el o los cultivos agrícolas.
- Sistemas Agrosilvopastoriles: integrándose al componente forestal, los cultivos y la ganadería

- **Sistemas Silvopastoriles:** cuando los árboles se encuentran asociados con la ganadería.

Según la distribución en el tiempo, se definen a los sistemas como permanentes si estos se mantienen durante una o más rotaciones del componente forestal, y sistema temporal si tiene una duración menor a una rotación del componente forestal.

Según la distribución en el espacio, agrupa sistemas regulares si el componente forestal se encuentra entre los otros componentes y serán irregulares si dicho componente se sitúa a un lado o alrededor de los otros con el cual esta en asociación.

Para García y Couto (1997), pueden ocurrir tres situaciones distintas dentro de sistemas silvopastoriles:

a) pasturas del sub-bosque natural bajo forestaciones nativas u otras formas vegetales, donde los animales son introducidos para obtener su dieta a partir de pasturas naturales y los mismos arbustos.

b) Utilización de pasturas cultivadas y nativas mejoradas en plantaciones forestales. Serían sistemas silvopastoriles verdaderos con el uso más común de especies forestales de los géneros Eucalyptus, Pinus y Acacia destinadas a la producción de madera, leña, celulosa, taninos, etc.... con vegetación herbácea constituida por plantas forrajeras.

c) Pasturas formadas en general por árboles y arbustos forrajeros de especies de leguminosas (componente secundario) como complemento proteico de gramíneas existentes.

Por otro lado Nair (1985) señala que los criterios utilizados para agrupar los sistemas y prácticas agroforestales son función de las siguientes bases:

**Base estructural:** se refiere a la composición o naturaleza de los componentes, incluye la integración espacial y temporal del componente leñoso y la estratificación vertical de la mezcla de los componentes.

**Base funcional:** refiriéndose a la principal función o cometido del sistema, fundamentalmente del componente arbóreo.

**Base socioeconómica:** se tiene en cuenta los niveles de ingresos o entradas de manejo y metas comerciales del sistema.

**Base ecológica:** se refiere a las condiciones ambientales y a las aptitudes ecológicas de los sistemas.

En relación a la base estructural, el autor propone clasificar a los sistemas agroforestales en:

- Agrosilviculturales: a la asociación de cultivos y árboles, incluyendo plantas herbáceas, arbustivas, trepadoras asociadas con el componente leñoso.
- Silvopastoriles: a la combinación de pastura natural o pradera artificial con animales y árboles.
- Agrosilvopastoril: a la combinación de cultivos agrícolas, pasturas sembradas bajo pastoreo y arboles.

Según el ordenamiento espacial define sistemas como una mezcla densa, mezcla rala, fajas y cercas-borduras, en tanto la distribución temporal de los sistemas agroforestales puede ser coincidente, concomitante, superpuesta, secuencial e interpolada. Ejemplo de esto son los cultivos forrajeros en rotación, donde las mismas especies herbáceas del tapiz permanecen en el sistema durante varios años.

De acuerdo al criterio funcional los sistemas agroforestales pueden ser: productores de bienes y/o productores de servicio y protección.

Desde el punto de vista socio-económico Nair (1985), establece las siguientes categorías:

- Sistema agroforestal comercial: cuando la principal meta es la producción de un egreso para la venta.
- Sistema agroforestal de subsistencia: son aquellos donde la tierra esta orientada a satisfacer necesidades básicas de la población.
- Sistema agroforestal intermedio: surge cuando las características entre el sistema comercial y de subsistencia son compartidas.

El autor establece que el éxito de la clasificación radica en tomar como criterios para categorizar los sistemas, a las bases estructurales y funcionales y tomar los aspectos agroecológicos y socioeconómicos como base para agruparlos.

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL Y TÉCNICO

Las ventajas de las prácticas agroforestales son consecuencia de las características que las definen y que, según Anderson y Sinclair (1993), se pueden resumir en productividad, estabilidad y sostenibilidad

La productividad de estos sistemas viene dada, sobre todo, por la multiplicidad de los productos obtenidos; así, a partir de la misma área se obtiene madera, granos, carne, leche, lana, forraje, leña, miel, productos medicinales y farmacéuticos. Además, son sistemas de una gran importancia ecológica, debido a que realizan funciones no productivas de gran interés: previenen la erosión eólica e hídrica y los incendios forestales; mejoran el microclima, la fertilidad del suelo y la calidad paisajística; crean hábitats para la flora y la fauna autóctonas; regulan y depuran las aguas; favorecen el uso recreativo de los ecosistemas forestales; contribuyen al control de plagas y enfermedades; aumentan la biodiversidad; y reducen la contaminación (Hislop y Sinclair 2000, McAdam 2000, Sinclair 2000).

La mayor estabilidad de los sistemas agroforestales se relaciona con los rápidos retornos monetarios de los productos agrícolas y/o ganaderos que se compatibilizan y complementan con los más tardíos del arbolado, como la madera, lo que proporciona a los propietarios una mayor continuidad de ingresos a lo largo de la vida de la explotación, en comparación con el manejo forestal tradicional (Sharrow, 1999), a la vez que se reduce el riesgo de pérdidas debido a posibles evoluciones desfavorables de los mercados y del clima o a decisiones políticas, lo que supone una reducción de la vulnerabilidad de los sistemas a corto, medio y largo plazo (Anderson y Sinclair 1993, Sharrow 1999).

Por otra parte, desde el punto de vista social, estos sistemas contribuyen a mejorar las condiciones socioeconómicas de las áreas rurales, especialmente las más deprimidas, mediante la creación de empleo, el aumento de ingresos y la reducción de riesgos. Se trata de sistemas de gestión de la tierra en los que se mezclan las modernas tecnologías con los usos tradicionales, lo que hace compatibles con las características socioculturales de la población local, contribuyendo a su fijación facilitando su integración, lo que confiere estabilidad a estos sistemas (Nair, 1991).

En vista de que normalmente las formaciones forestales tienen un efecto positivo y regulador sobre ciertos elementos del medio ambiente, tales como el suelo, el clima y los recursos hídricos, se ha asignado también una posible función protectora a los componentes forestales que son combinados con cultivos y/o pastos.

Esta particularidad implica que la investigación de estas técnicas persigue varias hipótesis muy complejas e interrelacionadas. Básicamente se han identificado tres campos principales de hipótesis: la economía, la ecología y la silvicultura (Combe, 1979).

- ❖ Hipótesis económica: se presume que, a largo plazo, las combinaciones agroforestales permiten obtener ingresos netos superiores por unidad de superficie, a los ingresos posibles con cada componente aislado.
- ❖ Hipótesis ecológica: se presume que los árboles de una combinación agroforestal contribuyen a la conservación del medio ambiente y particularmente del suelo cuando la combinación inducida representa una simulación de los tipos de vegetación que ocurrirían en las sucesiones naturales. Además, de los efectos sobre el suelo, se presumen impactos importantes sobre el microclima, sobre la fauna y sobre otros factores que afectan el equilibrio ecológico.
- ❖ Hipótesis silvícola: se presume que los árboles de una combinación agroforestal pueden y deben ser manejados según los principios de la silvicultura clásica, tomando siempre en cuenta las exigencias particulares de los cultivos, con los cuales son asociados. El tratamiento silvicultural adecuado constituye la condición sine qua non para lograr y optimizar los resultados positivos, tanto económicos como ecológicos, expuestos en las hipótesis anteriores.

De acuerdo a la participación integrada de la agricultura, silvicultura y ganadería (en el uso del suelo) se forman sistemas de producción diversificados, mixtos y se definen tres tipos de producciones:

- ❖ Silvoagrícola
- ❖ Agrosilvopastoreo
- ❖ Silvopastoreo

### 2.2.1 Ventajas y desventajas de los sistemas agroforestales

Acerca de los sistemas agroforestales como alternativa de producción, varios autores hacen mención respecto a las ventajas y desventajas de dichos sistemas convencionales de producción.

Según Budowski (1981), considera las siguientes ventajas y desventajas:

#### Ventajas

- La utilización del espacio en sentido vertical es más eficiente y hasta cierto punto estimula modelos ecológicos naturales en forma y estructura.
- La diversidad de especies y su ordenación puede ser menos favorable a la proliferación de organismos patógenos perjudiciales.

- Se integra al sistema una mayor cantidad de energía solar, al existir un mayor aprovechamiento de la misma por parte de los distintos estratos del sistema.
- Se reduce la incidencia de malezas al disminuir la intensidad de radiación solar que llega al suelo y debido al efecto mulching del mantillo.
- Disminuye la variación en temperatura ambiente en los espacios cercanos al suelo, en beneficio del componente herbáceo y el ganado.
- Se incorporan al suelo mayores cantidades de materia orgánica bajo forma de follaje, ramas, flores y frutos; se reduce la evaporación directa y la necesidad de laboreo se ve disminuida o eliminada.
- Muchos árboles están más capacitados para extraer nutrientes del suelo, gracias a asociaciones micorríticas y algunos fijan nitrógeno atmosférico.
- Existe una mayor eficiencia del reciclaje de nutrientes por las extensas raíces de los árboles. Se reduce la pérdida de nutrientes por erosión o lixiviación, mejora la porosidad y la formación de agregados estables del suelo.

#### Desventajas

- Se establece una competencia entre los componentes del sistema por luz, agua, nutrientes. La competencia por la radiación solar entre los árboles y la vegetación asociada puede afectar la producción de biomasa en términos cuali o cuantitativos.
- La cosecha de árboles puede causar daños mecánicos a la vegetación asociada.
- La mecanización puede resultar costosa o inviable.
- En ciertos casos, sobre la misma área los rendimientos de los cultivos pueden ser menores que los monocultivos y árboles. Aunque el valor combinado de cultivos y árboles puede ser mayor, se requiere un mayor número de años para que los árboles alcancen valor económico.

Para Beer et al. (1994), las posibles ventajas y desventajas de un sistema agrosilvicultural son:

#### Ventajas

- El manejo y/o ganancias agrícolas reducen o pagan los costos de establecimiento de los árboles.
- Hay mejores tasas de sobrevivencia y crecimiento de los árboles.
- Hay más disponibilidad de nitrógeno para los árboles, si se combinan con cultivo de leguminosas.

- Permite una detección oportuna de plagas y enfermedades forestales durante la etapa de establecimiento, ante una mayor atención al cultivo agrícola.
- Hay un mayor aprovechamiento de los nutrientes disponibles en el suelo por los cultivos agrícolas, después que se limpia una parcela para su reforestación, lo cual reduce las pérdidas por lixiviación.
- Menor riesgo de incendios debido a la eliminación de malezas.

#### Desventajas

- Una menor tasa de crecimiento y una baja sobrevivencia ante la competencia de los cultivos.
- Efectos alelopáticos en los árboles por la liberación de sustancias químicas de los cultivos.
- Daños a las raíces de los árboles, por ejemplo durante la cosecha de cultivos de raíces o tubérculos.
- Los beneficios que produzcan los cultivos agrícolas pueden impulsar al productor a realizar podas o raleos excesivos a los árboles.
- Deterioro del sitio por erosión o agotamiento de nutrientes debido al manejo agrícola.
- Si los cultivos y árboles son susceptibles a las mismas plagas y patógenos, la asociación puede ser perjudicial e inestable.
- Mayor exigencia en el uso de mano de obra.

Pezo (1999), destaca que la ganadería puede considerarse como un complemento de la actividad forestal brindado las siguientes ventajas:

- Aumento de los ingresos, diversificación de la empresa y control de riesgo.
- Aprovechamiento más uniforme de la mano de obra, en especial si se incorpora ganado lechero.
- Toda actividad de manejo realizado al componente herbáceo tiene efectos colaterales sobre las leñosas, y viceversa.
- Mayor estabilización del suelo.
- Mayor reciclaje de nutrientes.
- Control de malezas.
- Incremento de nitrógeno.

### 2.3 SISTEMAS SILVOPASTORILES

Un Sistema Silvopastoril es aquel uso de la tierra y tecnologías en que las leñosas perennes (árboles, arbustos, palmas y otros) son deliberadamente combinados en la misma unidad de manejo con plantas herbáceas (cultivos,

pasturas) y/o animales, incluso en la misma forma de arreglo espacial o secuencia temporal, y en que hay interacciones tanto ecológicas como económicas entre los diferentes componentes (Young, 1987).

Pezo (1999), define el sistema silvopastoril como la opción de producción pecuaria que involucra la presencia de las leñosas perennes (árboles o arbustos), e interactúa con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales), todos ellos bajo un sistema de manejo integral.

Los objetivos de incorporar el componente arbóreo en sistemas ganaderos pueden ser múltiples y muy diversos. Así, en algunos casos puede ser incrementar la productividad del recurso suelo y el beneficio neto del sistema en el largo plazo, en otros reducir riesgo a través de la diversificación de salidas del sistema o atenuar los efectos detrimentales del estrés climático sobre las plantas y los animales (Russo, 1994).

De acuerdo a Polla (1998), el silvopastoreo es un término más restringido que el término Agroforestación. Desde el punto de vista conceptual, es: la asociación o combinación de especies forestales leñosas con praderas y ganado en una misma unidad productiva, con el objetivo de obtener una producción diversificada; produciendo forraje, productos pecuarios y forestales.

Los sistemas agroforestales y el manejo silvopastoral, se han tornado muy relevantes, a nivel mundial, debido a la imperante necesidad de lograr un uso, aprovechamiento y manejo sustentable de nuestros recursos naturales. Estos sistemas de producción integrada y diversificada, tienen un potencial enorme, el cual es, ya hoy, reconocido por muchos.

Cuadro No. 1: Resumen de fortalezas y debilidades para la generación de iniciativas Silvopastoriles.

FORTALEZAS
Efecto benéfico de los árboles sobre los animales: cambios microclimáticos; efecto sombra y abrigo sobre los animales; modificaciones en la capacidad de carga de la pastura.
Reciclaje de nutrientes y mejora de la estructura del suelo por las raíces de los árboles.
Prohibición de corta de los montes nativos, asegurando la presencia de la mayoría de las especies originales.
Contribución a la producción base de la economía nacional en campo natural respetando los ecosistemas silvopastoriles, generando la etiqueta “carne orgánica”.
Los beneficios derivados del manejo integrado de praderas y bosques representan beneficios productivos, incentivando a que los productores conserván la diversidad biológica.
Existencia de información científica a nivel internacional que avala las ventajas productivas y ecológicas de la propuesta de un manejo integrado de pradera y bosques bajo la modalidad de Sistemas Silvopastoriles.
DEBILIDADES
Efectos perjudiciales de los animales sobre los árboles: daños mecánicos, ramoneo, capacidad de regeneración, compactación.
Competencia entre árboles y pastos por espacio, agua, luz y nutrientes.
No existen estrategias ni reglamentaciones que promuevan prácticas de gestión forestal conservacionistas, integrando bosque nativo y pasturas considerando la protección ambiental y la conservación de la diversidad biológica.
Ausencia de antecedentes y falta de propuestas tecnológicas en la implementación de técnicas silvopastoriles con especies arbóreas nativas a nivel nacional.
A nivel de productores rurales y técnicos, no existe una percepción clara acerca de las ventajas de la conservación de la biodiversidad del ecosistema bosque – pradera y su potencial productivo.
Falta capacitación de productores y técnicos asesores en el manejo de los montes nativos integrados a la producción pecuaria.

Fuente: adaptado de Gallo (2004).

## ¿POR QUE UN SISTEMA SILVOPASTORIL?

En la última década, todos los países de la región han incorporado el desarrollo sostenible, la liberalización de los mercados y la reducción o eliminación de los subsidios como elementos fundamentales en sus políticas agrarias. Esto crea un nuevo marco para los sistemas de producción animal, pues estos no solo deberán incrementar su productividad, sino que tendrán que ser cada vez más compatibles con el uso racional de la base de recursos naturales. Deberán también mejorar su eficiencia en términos reales, para hacerlos más competitivos bajo las condiciones de apertura de mercados.

Dentro de este contexto, la incorporación de árboles y arbustos en los sistemas de producción ganadera, es una estrategia que responde a los propósitos planteados. Además de su contribución potencial a contrarrestar los impactos ambientales negativos característicos de los sistemas tradicionales, por ejemplo sustituir la vieja y tradicional ganadería con otro rubro complementario como la forestación lo que traería beneficios a la tierra como por ejemplo menos erosión, etc. Esto también está ligado al país en cuestión y a las características de cada suelo. Además constituye un mecanismo para diversificar las empresas pecuarias, generar productos e ingresos adicionales, reducir la dependencia de insumos externos e intensificar el uso del recurso suelo, sin menoscabo de su potencial productivo a largo plazo.

Dado que la producción agrícola debe orientarse a obtener el máximo posible de utilización de la luz solar, restan aún muchas posibilidades para la economía ganadera de aumentar su producción. La ganadería y los sistemas forestales, cuando factibles, son por lo tanto usos alternativos en grandes superficies (Combe, 1979).

Los sistemas de producción silvopastoriles implican asociaciones de árboles y praderas. Se puede diferenciar:

- Pastoreo en plantaciones forestales o en bosques secundarios
- Árboles (maderables, forrajeros, frutales, de servicios) en pasturas
- Cercas vivas, cortinas rompevientos en pasturas

Estas combinaciones en el tiempo y/o en el espacio son múltiples y muchas de ellas comúnmente practicadas en Uruguay.

### 2.3.1 Modelo de un sistema silvopastoril

Se presenta un esquema simplificado de un sistema de producción silvopastoril. Los productos o fuentes de salida del sistema son específicos de los componentes, en este caso en particular, carne para animales y para los árboles madera, combustible, postes, residuos vegetales, residuos vegetales y otros. Como pérdida del sistema debe considerarse el calor que disipan tanto las plantas como los animales.

Las entradas (fuentes primarias de producción) están dadas por la energía solar, el agua y los elementos nutritivos que son aprovechables por los componentes bióticos. Los insumos de producción son fuentes secundarias de ingresos al sistema. Aquí se deben considerar la mano de obra, alimentación suplementaria del ganado, productos veterinarios, fertilizantes, insecticidas y herbicidas utilizados. El ingreso de animales al sistema depende del manejo del mismo. El capital regula al sistema, ya que él es manejado por el hombre, siendo así un sistema antropogénico (Fassbender, 1993).

Se observa una serie de transformaciones internas, especialmente del agua y de los elementos nutritivos. El retorno de materia orgánica y nutrientes a partir de los animales depende de su movilidad en la pradera y de la composición química de las excreciones (heces y orina). Los residuos vegetales (raíces de pastos, malezas y árboles y hojarasca de los árboles), son también importantes en estos ciclos.

Respecto a los límites espaciales se puede fijar el superior en la superficie de la copa de los árboles que integran el sistema. El límite inferior generalmente se ha fijado en una cierta profundidad en el suelo donde ya no es accesible por el sistema radicular de las plantas para absorber el agua y nutrientes. También puede establecerse a la profundidad a la que se encuentra la napa freática. Los límites laterales, pueden definirse como aquellos que coinciden con las áreas de distribución de las especies vegetales. Los límites temporales pueden estar dados por el ciclo de producción de plantas y/o animales.

### 2.3.2 Análisis de las principales interacciones de un sistema silvopastoril

En los sistemas agroforestales mejorados, lo que se persigue es la satisfacción de las necesidades básicas del productor (ICRAF, 1985). Estas necesidades pueden exigir en forma inmediata la producción de bienes y servicios o, a más largo plazo, la adopción de técnicas sostenibles de producción, para que el productor pueda obtener, por un tiempo indefinido las mismas satisfacciones de sus necesidades en la misma unidad de terreno. La hipótesis subyacente en los sistemas silvopastoriles es que el manejo, la

producción y la utilización de los árboles en presencia de los otros componentes satisfacen parte de estas necesidades a corto y largo plazo.

Esto ha llevado a centrar la investigación agroforestal, desde el punto de vista biológico, en el estudio de las interacciones animal-cultivo sobre los árboles y efecto de los árboles sobre los animales y los cultivos, incluyendo pasturas (Borel, 1987).

La aplicación y el desarrollo de los sistemas silvopastoriles no se sitúa solamente en el nivel biológico, sino que abarca al productor y a su entorno, de tal modo que se debe identificar también otras interacciones en niveles jerárquicos superiores (Hart, 1979).

### 2.3.2.1 Efecto de los árboles sobre los animales

Los efectos de los árboles sobre los animales operan directamente por cambios microclimáticos e indirectamente por medio de modificaciones de la capacidad de carga del pasto asociado. El stress por calor es un problema para el ganado, experimentos realizados en Australia, demostraron que los animales bajo sombra continuaron rumiando mientras que al sol no lo hacían Reid y Wilson (1986). La sombra de los árboles contribuye a regular la temperatura del ambiente y protege al animal del calentamiento excesivo por insolación directa, pero por otra parte, cuando es escasa o no está distribuida regularmente, estimula al ganado a concentrarse bajo los árboles, compactando el suelo, afectando la cobertura herbácea y originando focos de erosión Bronstein (1983).

También se señala que los sectores desprovistos de la influencia de la vegetación leñosa, las temperaturas ambientales, máximas y mínimas son marcadamente más extremas, al igual que la temperatura del suelo, (Cornejo y Gándara 1980, Montoya 1980) encontró que el arbolado eleva de 2° a 7°C las temperaturas mínimas que afectan el sotobosque, por lo que podría esperarse menores efectos perjudiciales de las temperaturas sobre la vegetación durante el período invernal. Asimismo en dicho período la escasa foliación de las especies arbóreas y por ende una mayor luminosidad, favorecen el desarrollo de un gran número de especies herbáceas acompañantes de crecimiento invernal.

Otro efecto del árbol sobre el animal es la sensación de bienestar que encuentra a su sombra, principalmente durante la época estival, en donde la temperatura puede estar hasta 7°C por debajo de la que ocurre a pleno sol y durante los meses invernales las temperaturas están más elevadas que en el exterior de los árboles. Ello es importante para el caso del ganado lechero, ya

que al disponer de sombra incrementa la producción de leche. Este efecto de bienestar ayuda a mantener la estabilización térmica corporal por haber una menor pérdida de energía para disipar el calor (transpiración) en los meses estivales o bien en los meses invernales un menor consumo de tejido graso para elevar la temperatura corporal. Es por ello que las producciones animales a esperarse en estos sistemas deben ser mayores que en sistemas desprovistos de árboles (Pérego, 2002).

Torres (1987), indica que la presencia de árboles en sistemas ganaderos puede contribuir de manera directa a la productividad del sistema, regulando o contrarrestando la intensidad de factores climáticos adversos para el animal, e indirectamente creando microclima que favorece el crecimiento y la calidad de las pasturas que los animales cosechan.

Se han observado temperaturas bajo la copa de los árboles, en promedio 2-3°C por debajo a las registradas en áreas abiertas, llegando hasta 9,5°C en casos extremos (Reynolds, 1995). Además, los árboles interfieren parcialmente el paso de la radiación solar hacia la superficie animal, aliviando su contribución potencial al incremento en la carga calórica del animal (Weston, 1982).

Saldanha et al. (2003), evaluaron el efecto del acceso a sombra natural (sin límite de agua) durante el verano, en el comportamiento de pastoreo de 12 vaquillonas Jersey y Holando, y concluyeron que los animales sin acceso a sombra bebieron más agua y en días de índices de temperatura y humedad elevados (principalmente en enero) reducían el tiempo destinado a pastorear y bebían más agua.

La reducción de la temperatura provista por la sombra de los árboles, aunque sea de 2 a 3°C, es extremadamente importante cuando la temperatura sobrepasa el límite superior del "área de confort" o "zona de termo neutralidad". Fuera de esos límites, fallan los mecanismos de pérdida o emisión de calor que poseen los animales homeotermos, resultando en una elevación de la temperatura corporal, con sus consecuencias sobre la productividad.

Entre los efectos benéficos atribuidos a la sombra como reguladora del estrés de calor, sobre el comportamiento y productividad de los animales en pastoreo, se citan los siguientes (Reid y Wilson, 1986):

- Más tiempo dedicado a pastorear y rumiar
- Mayor consumo de alimentos
- Disminución en los requerimientos de agua de los animales
- Incremento en la eficiencia de conversión alimenticia

- Mejora en ganancia de peso, en la producción de leche y en los rendimientos de lana (independientemente de la cantidad y calidad del alimento).
- Mejoras en el comportamiento reproductivo, debido a una pubertad más temprana (consecuencia de mejores tasas de crecimiento en animales jóvenes), mayor fertilidad (más alta tasa de concepción), más regularidad en el ciclo estral, alargamiento de la vida útil, reducción en las pérdidas embrionarias y mejora en la libido.
- Reducción de la tasa de mortalidad de animales jóvenes (terneros, corderos) debido a mejor condición y mayor producción de leche de las madres, menores dificultades al parto, mejoras en el peso del nacimiento.

Marasca (1999) evaluó el efecto de tres diferentes densidades de árboles de *Eucalyptus saligna* sometidos a pastoreo de ovinos sobre bosque natural, el autor obtuvo mayores valores de materia seca con densidades menores y observó una tendencia a la disminución de la oferta forrajera a medida que la densidad del bosque aumentaba.

#### 2.3.2.2 Cambios en la capacidad de carga animal

Además de la edad y composición del rodal, hay información experimental que indica que la carga animal bajo pastoreo es afectada por otros factores. Las áreas de drenaje o las adyacentes a caminos vecinales u otras infraestructuras mantienen una densidad de árboles más bajo que el promedio general del rodal por lo que producen grandes cantidades de pasto y podrían soportar una carga más alta de lo esperado. Se observa una falta de equilibrio entre la carga animal utilizada y la capacidad de carga de las plantaciones (Somarraba et al., 1992).

La compactación del suelo, es quizás una de las principales preocupaciones de los investigadores en los Sistemas Agroforestales, porque es la crítica más grande al sistema silvopastoril. Sin embargo, la compactación depende de la carga animal, de la edad de los semovientes y del tipo de suelo. Adams (1975), hizo amplia revisión del tema y concluyó que la mayoría de las veces la compactación es dañina a los suelos del bosque y afecta su conservación, en perjuicio al crecimiento de los árboles.

La compactación debido al tránsito de los animales causa una disminución en la cantidad de macroporos, reduciendo la infiltración de agua y el crecimiento radicular, y aumentando la actividad de los microorganismos desnitrificadores, y reduciendo la disponibilidad de N. El resultado neto de todo esto es el efecto adverso en el crecimiento de los árboles, lo que dificulta el establecimiento de los sistemas silvopastoriles (Omar y Laércio, 1998).

Schreiner (1998), en Sao Paulo, Brasil, probó la viabilidad de un sistema silvopastoril bajo un bosque de *Eucalyptus grandis* con espaciamiento de 3 X 2 m. La especie forrajera empleada fue *Brachiaria decumbens*. Los bovinos pastorearon en la plantación durante un año, y el resultado fue que no hubo efecto del pisoteo en las características físicas del suelo.

También encontramos respuestas contrarias. En un ensayo sobre suelos arenosos, pocos animales pastorearon por períodos cortos menores a seis meses. Se determinó que el pisoteo era responsable por la disminución en la infiltración de agua a través del perfil del suelo, produciendo la desnitrificación subsecuente de nitratos disponibles en el suelo. Como consecuencia, la limitación de nitrógeno disponible producía la reducción del crecimiento de plántulas de *Quercus rubra*, *Populus spp*, *Picea abies* y *Pinus strobus* (Omar y Laércio, 1998).

Couto et al. (1994), pastoreando bovinos y ovinos bajo una plantación de *Eucalyptus citriodora* encontraron efectos negativos en la compactación del suelo, con el aumento de la carga animal, sobre todo en la capa superficial, hasta los 15cm. de profundidad. Por, otro lado, sus resultados también muestran claras ventajas del uso de ovinos para minimizar ese problema. Ambos trabajos demuestran que los efectos de la presencia de animales pastoreando bajo eucaliptos, varía, en cada caso, dependiendo del tipo de suelo, la especie animal, el manejo de las cargas y el tipo de pastura.

Las conclusiones de estos trabajos demuestran que los efectos de la presencia de animales pastoreando bajo bosques, varían caso por caso, dependiendo del tipo del suelo y de animales, además del manejo.

### 2.3.2.3 Efectos de los animales sobre los árboles

Se reconocen efectos directos, como el daño mecánico (incluyendo la destrucción de plantines), pastoreo y ramoneo y efectos indirectos sobre la capacidad de regeneración y compactación del suelo. En los suelos más arcillosos, el ganado causa degradación en las pasturas y limita el crecimiento de los árboles asociados al compactar el suelo. El pastoreo en plantaciones contribuye a reducir la biomasa combustible, y por lo tanto la intensidad de los incendios (Borel, 1987).

En los sistemas silvopastoriles en que los animales tienen acceso directo a las áreas donde se encuentran árboles palatables para el ganado, los animales consumen sus hojas y frutos. Sin embargo, independientemente de si las leñosas son comestibles o no, los animales son fuentes potenciales de daño, si

es que raspan la corteza, se rascan en el tronco, cosechan nuevos brotes o pisotean plántulas.

A su vez, en estos sistemas donde se incluyen árboles maderables o frutales, se han sugerido diferentes formas de protección para prevenir las pérdidas ocasionadas por la acción de los animales en pastoreo. Estas incluyen entre otras prácticas, el manejo del pastoreo, el uso de repelentes y la protección mecánica.

En cuanto al manejo del pastoreo, frecuentemente se ha propuesto diferir el ingreso de los animales hasta que los árboles hayan alcanzado una altura tal que les permita evitar daños potenciales por defoliación de los meristemas apicales, lo cual en la mayoría de los casos con especies de rápido crecimiento va a significar al menos los dos primeros años de la plantación. Se ha sugerido que en los dos primeros años de pastoreo se usen ovinos y luego se ingresen bovinos al sistema. Adicionalmente, el mantener un balance adecuado entre la disponibilidad de forraje y la carga animal ayudará a prevenir mayores daños por defoliación.

Contrariamente, la presencia de los animales en sistemas silvopastoriles también puede ejercer efectos favorables sobre los árboles, pues cuando se cosecha vegetación herbácea, están consumiendo material potencialmente combustible, disminuyendo de esta manera el riesgo de incendios. Además, es una forma de reducir costos, pues en el manejo normal de plantaciones, es necesario controlar la competencia de plantas invasoras.

#### 2.3.2.4 Efectos de los árboles sobre la pastura

Los árboles son el componente más permanente de un sistema silvopastoril y determinan condiciones microclimáticas particulares sobre el sub-bosque forrajero, siendo el nivel de sombreado es el factor más significativo determinando el rendimiento de materia seca de pasturas (Anderson y Batini 1983, Shelton et al.1987, Polla 1992, García y Couto 1997). Sistemas multiestratificados favorecen el componente arbóreo cuanto a captación de luz por su mayor altura haciendo que la producción de forraje herbácea este sujeta a la densidad del componente forestal y de su adaptación fisiológica a la baja intensidad lumínica incidente a nivel del suelo (Veiga y Serrao, 1990).

Estos sistemas multiestratificados se traducen principalmente por modificaciones en el microambiente, cambios en el ciclaje de nutrientes, competencia por agua y nutrientes y cambios en la estructura y erodabilidad de los suelos (Bronstein, 1983).

Las leñosas por lo general tienen su copa por encima de las especies forrajeras, de manera que cuando crecen en el mismo terreno, las primeras interfieren el paso de la radiación solar al estrato herbáceo (Zelada, 1996)

La intensidad de sombreado en sistema silvopastoriles es variable de acuerdo a la edad, altura, espaciamiento y estructura de copas del componente arbóreo. De acuerdo a Wilson (1991), la disminución de la transmisión de radiación relativa en plantaciones de cocoteros, caucho y eucaliptos es rápida en los primeros cinco años (menos de 20% de transmisión de luz llega a pasturas) limitando el crecimiento y supervivencia de las especies del sotobosque. Sin embargo, la transmisión de luz aumenta en plantaciones maduras, alcanzando entre 50 a 80%.

Diversos trabajos han estudiado el comportamiento de diferentes especies forrajeras, principalmente plantas heliófilas, frente a la reducción artificial de la intensidad lumínica. Los resultados obtenidos muestran efectos muy variados entre las especies y para una misma especie en función de dos niveles de sombreado aplicados. La tasa de crecimiento disminuye como una respuesta general, pues ciertas especies tienen una producción estimulada con niveles moderados de sombreado. La tendencia parece ser un incremento significativo en la producción de biomasa total para gramíneas, con niveles moderados de luz se registro una reducción de la producción total de materia seca para especies leguminosas (Ludlow et al. 1974, Saibro 1992, Castro et al. 1997, Andrade y Valentin 1997).

Juntamente con las alteraciones morfológicas y el nuevo ambiente sombreado promueven modificaciones a nivel fisiológico. La respiración y el proceso fotosintético son más lentos y la fotosíntesis se satura con niveles bajos de radiación (Salisbury y Ross, 1991). Ocurre un decrecimiento de la asimilación, por lo tanto la fotosíntesis es incapaz de atender la demanda respiratoria y como consecuencia las plantas pierden biomasa por senescencia de las hojas más viejas. Hojas adaptadas a la sombra invierten más energía en pigmentos fotosintéticos de forma tal de utilizar más eficientemente la poca luz incidente. Esto permite una fijación de CO<sub>2</sub> con bajos niveles de radiación y un mínimo costo energético para producir o mantener el aparato fotosintético.

En los sistemas silvopastoriles, la producción total de biomasa es generalmente mayor que en la encontrada en cultivos o pastos solos (Budowski, 1981). Esto puede explicarse dado que se captura una mayor cantidad de recursos y de energía solar, por un mejor aprovechamiento del espacio vertical, y por una menor reflexión de la radiación fotosintética activa (Budowski, 1981). No obstante, las plantas que se desarrollan bajo los árboles disponen de menores cantidades de luz y a veces no satisfacen sus

necesidades mínimas para una óptima producción. Esto difiere según las especies, muchas gramíneas alcanzan su máxima producción con altos niveles de luminosidad.

La magnitud del sombreado depende de la cantidad de árboles por unidad de superficie, el diámetro de las copas y su frondosidad. La sombra de los árboles se relaciona también con la calidad del forraje. Altas densidades de radiación solar provocan un desmejoramiento de la calidad, disminución del contenido de proteínas y aumento del de fibras. Esto se explicaría porque con las altas intensidades de luz, la síntesis de proteínas se inhibe antes que la de hidratos de carbono (Odum, 1972).

Los cambios en la producción de pasturas fueron medidos por 15 años en Tikitere (Rotorua, Isla Norte, Nueva Zelandia). El ensayo fue plantado en 1973 a una densidad inicial de cinco veces la densidad final y los árboles fueron podados a una altura de 5,8 m entre la edad 3 y 8 años. Los resultados mostraron una clara tendencia en la reducción de la producción de pasturas a medida que la densidad de árboles aumenta. A la edad de 3 años, la producción de pasturas en la densidad de 50 árboles/ha fue mayor que en el descampado (sin árboles) La ausencia de una fuerte reducción en la producción de pasturas a bajas densidades fue debido a las operaciones de poda y raleo, las cuales redujeron la competencia de los árboles. También es posible que a bajas densidades, los árboles redujeran el efecto de otros factores que limitaban la producción de pastos (microclima y humedad del suelo). En densidades intermedias (100 árboles/ha) hubo una leve reducción de la producción de pasto hasta la edad de 13 años, a partir de la cual comenzó un rápido descenso productivo (Ayala, 1996).

Andrade et al. (1997), evaluaron el desempeño de cuatro gramíneas forrajeras (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *B. humidicola* cv. Quicio-da-amazonia, *Panicum maximum* cv. Massai y *Paspalum notatum* cv. Pensacola) siendo sometidas a cuatro niveles de sombreado artificial (0%, 30%, 50% y 70%). Las tasas de acumulación de materia seca fueron obtenidas por medio de seis cortes realizados durante el período lluvioso y tres cortes durante el período seco. Los cultivares Marandu y Massai obtuvieron el mejor desempeño con buena tolerancia al sombreado y buena productividad, constituyéndose en una especie importante para sistemas silvopastoriles en áreas con suelos bien drenados.

Por otro lado, el cultivar Quicio-da-amazonia presentó menor tolerancia al sombreado pudiendo ser usados en sistemas silvopastoriles con baja densidad arbórea y en áreas con lluvias bien distribuidas o en suelos mal drenados. Por último, el cultivar Pensacola presentó una alta tolerancia al

sombreamiento, baja capacidad productiva, no siendo recomendada para sistemas silvopastoriles en la región.

Cuadro No. 2: Tasas de acumulación de MS (Kg./ha/día) de cuatro gramíneas forrajeras, en función del nivel de sombreado artificial y época del año, en Río Branco, Acre.

Período lluvioso		Período seco	
<b>Sombra 0%</b>			
Massai	56.3 A	Massai	35.6
Marandu	56.1 A	Marandu	28.6
Quicio-da-amazonia	54.0 A	Quicio-da-amazonia	12.4
Pensacola	11.0 B	Pensacola	6.6
	CV = 27.7%		CV = 21.1%
<b>Sombra 30%</b>			
Marandu	62.8 A	Marandu	51.0 A
Masssai	57.2 A B	Masssai	40.1 B
Quicio-da-amazonia	49.2 B	Quicio-da-amazonia	30.2 B
Pensacola	13.0 C	Pensacola	14.7 C
	CV = 14.6%		CV = 11.4%
<b>Sombra 50%</b>			
Marandu	48.1 A	Marandu	48.7 A
Masssai	47.0 A	Masssai	34.7 A B
Quicio-da-amazonia	45.8 A	Quicio-da-amazonia	24.3 B
Pensacola	22.9 B	Pensacola	21.7 B
	CV = 32.2%		CV = 21.1%
<b>Sombra 70%</b>			
Massai	28.1 A	Massai	32.8 A
Marandu	22.6 A	Marandu	31.3 A B
Quicio-da-amazonia	9.6 B	Quicio-da-amazonia	15.1 B C
Pensacola	7.0 B	Pensacola	9.1 C
	CV = 34.3%		CV = 29.2%

Fuente: Pezo (1999)

La producción de forraje, algunas veces se ve reducida por la sombra de los árboles debido a la competencia por agua, luz y nutrientes entre las especies herbáceas que componen el sotobosque; diferentes estudios han mostrado que la remoción de los árboles permite el incremento de la producción de forraje, por tanto, y como una consecuencia los árboles son eliminados de los terrenos (Sun et al., 1997).

Pezo et al. (1999), sostienen que el principal factor limitante para el crecimiento de pasturas en sistemas silvopastoriles es el nivel de sombra ejercido por los árboles y arbustos. Si bien en la mayoría de los casos, la tasa de crecimiento de las pasturas es menor cuando crecen bajo la copa de los árboles que a pleno sol, no todas las forrajeras responden de igual manera a la disminución de la energía lumínica.

Zelada (1996), reporta aumentos en los contenidos de proteína cruda y disminución en los carbohidratos solubles, a medida que aumentó la interferencia al paso de la luz solar.

De acuerdo a Montoya (1980), el efecto más importante del árbol, en cuanto a la composición botánica, es el alto porcentaje de gramíneas encontrado bajo el área de influencia de la copa. Dichos autores, atribuyen esto a que las gramíneas, en el caso de las templadas, alcanzan su crecimiento máximo a intensidades de luz menores, con una tasa de radiación fotosintética para el estrato herbáceo de entre el 35% al 50% de la radiación incidente; dichas tasas de luz parecen ser suficientes para el crecimiento de las gramíneas que las requeridas para las leguminosas y además se ven favorecidas por el aumento del nitrógeno del suelo debajo de los árboles.

Además, las especies que crecen debajo del árbol tienen un retardo de casi todas sus fenofases (crecimiento, floración, fructificación y senescencia), lo cual lleva a una predominancia de especies tardías en respuesta a las condiciones favorables bajo los árboles (temperatura y humedad, (Ovalle y Squella, 1996) lo que permite en el caso de las especies invernales un período de pastoreo más prolongado en la primavera.

Especies no tolerantes a la sombra (especies heliófilas), suelen presentar una mayor elongación de tallo que las especies tolerantes al reducirse la relación de las frecuencias "rojo/rojo lejano"(R/RL). La producción de los tallos, hojas, y raíces es generalmente reducida a baja intensidad lumínica, conjuntamente con la formación de hojas más delgadas (menor espesor en corte transversal) con alto contenido de agua y un valor elevado de área foliar específica. El incremento en la partición de materia seca hacia el componente foliar a expensas del radicular, generalmente resulta en altos valores en las

relaciones "parte/raíz, hoja/tallo", peso de hojas / área de hojas. Smith y Whiteman (1983) reportaron que las plantas desarrollándose bajo sombra poseen hojas más finas y con valores elevados de concentración de nitrógeno comparadas con aquéllas no sombreadas

¿Cómo contrarrestar el impacto del sombreadamiento?

El uso de germoplasma forrajero con tolerancia a la sombra media o alta puede ayudar a contrarrestar, al menos temporalmente, el efecto detrimental de la baja incidencia de luz observada en la mayoría de los sistemas de plantación. Sin embargo, cuando la transmisión de luz es menor al 25%, prácticamente ni las forrajeras identificadas como altamente tolerantes a la sombra pueden expresar esa capacidad de adaptación.

Otras opciones para regular la magnitud de la interferencia de luz en los sistemas de plantación son a través del manejo de la población arbórea, ya sea mediante plantaciones a menor densidad o por medio de raleos selectivos. También puede ayudar la modificación del arreglo espacial de los árboles, o la utilización de especies y genotipos dentro de especies cuya morfología de copa permita una mejor transmisión de luz.

Cualquier modificación al sistema tradicional de manejo de plantación será aceptada en la medida en que no afecte detrimentalmente al componente arbóreo y al ingreso neto del sistema. Por ejemplo, en un estudio con *Pinus radiata*, la disminución en la densidad de árboles favoreció una mayor ramificación de los árboles. Esto determinó que se desechara la propuesta tecnológica, pues la producción de madera de pino era el producto más valioso del sistema silvopastoril, y la producción animal una actividad complementaria (Shelton, 1993).

#### 2.3.2.5 La cobertura arbórea en relación a la fertilidad y estructura del suelo

En los sistemas agroforestales una porción importante de la biomasa producida, especialmente la procedente de los árboles, se halla en circulación en el sistema sin ser exportada y contribuye de ese modo a mantener una adecuada reserva de materia orgánica en el suelo (Nair 1985, Fassbender 1993). Este aporte está constituido por partes del árbol que se desprenden periódicamente, tales como hojas, frutos y ramas; cuando las raíces mueren, realizan un aporte directo de materia orgánica al suelo y con ella una diversidad de nutrientes. Las raíces mejoran la estructura del suelo promoviendo la formación de agregados y rompiendo las capas endurecidas; cuando mueren dejan canales que facilitan la aireación y la infiltración de agua (Budowski, 1981).

En relación al balance de nutrientes, es común oír decir que los eucalyptus producen un agotamiento de los nutrientes del lugar donde crecen, especialmente cuando se han realizados varios turnos de corta. Pero si se plantan en sitios desforestados o degradados se transforman en mejoradores de las condiciones del suelo ya que rompen las capas del subsuelo relativamente impermeables y extraen nutrientes a mayor profundidad (Nair, 1985).

Belsky (1992) efectuó una investigación en la que comprobó el efecto de dos especies de árboles sobre la calidad nutricional de gramíneas forrajeras en sotobosque. Ambas especies no afectaron la calidad del forraje, pero si los contenidos de N, P, K, Ca, B y Cu en el forraje, que se incrementaron de la pradera abierta a la zona bajo sombra de los árboles. Debido a que el contenido de forraje también se incremento desde la pradera a la zona de la copa de los árboles, el contenido total de nutrientes por unidad de área se incrementó con dirección a la base del árbol.

A pesar de lo anterior, otras investigaciones han indicado que en áreas de baja densidad de árboles, con suelos de moderada a alta fertilidad y baja precipitación, los árboles pueden incrementar la producción de forraje (Amundson y Belsky, 1992).

Las condiciones edáficas que se ven alteradas, como consecuencia de la presencia física y biológica del árbol. En general y dependiendo del tipo de árbol, la tendencia es que haya un aumento de los nutrientes debajo del área de copa, debido al gran reciclado de los mismos que realizan las raíces del árbol desde las profundidades y dejarlos a disposición, mediante los restos vegetales, a la vegetación herbácea acompañante como se observa en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 3: Composición química (% materia seca) del forraje creciendo a cielo abierto y bajo área de copa, en una situación de monte con un 18% de cobertura arbórea.

	Proteína	P	K	Na
Cielo abierto	9,4	0,09	0,79	0,06
Área de Copa	13,2	0,13	1,61	0,08

Fuente: Pérego (2002).

En el mismo se observan incrementos de los elementos analizados en el forraje creciendo debajo del área de copa, los cuales son de un 40,4% para el

contenido de proteínas, de un 44,4% para el contenido de Fósforo, del 103,8% para el contenido de Potasio y del 33,3% para el contenido de Sodio, con respecto al forraje que crece a cielo abierto, indicando mejores condiciones de nutrición o mayor disponibilidad de dichos elementos para las herbáceas acompañantes en dicha situación.

Alonso y Puerto (1979), han encontrado que los tenores son más elevados en la materia orgánica, en el N total y disponible y en el K disponible. La relación C/N es también inferior bajo los árboles todos estos efectos son consecuencia del reciclado de nutrientes. Estos autores ha reportado un aumento de la permeabilidad del suelo en los primeros niveles (de 0 a 6 cm. de profundidad) y a medida que nos acercamos a la base del tronco del árbol. En el mismo sentido hay un aumento importante de la capacidad de retención de la humedad, principalmente por aumento de la materia orgánica y de las fracciones finas. Además, la densidad aparente y real disminuye bajo los árboles a consecuencia del aumento del porcentaje de materia orgánica y mayor densidad de raíces.

Cuando las pasturas crecen asociadas a árboles, se ha dicho que las ramas y hojas caídas contribuyen un mecanismo importante de reciclaje de nutrimentos, de protección del suelo contra la erosión y que en el mediano plazo contribuyen a mejorar la estructura del suelo y la tasa de infiltración de agua. Sin embargo, al menos, temporalmente, tienen un efecto detrimental sobre el crecimiento de las pasturas, al no permitir el paso de la radiación hacia el estrato herbáceo subyacente, así como por interferir la movilización y la cosecha del forraje por los animales en pastoreo. Obviamente, estas interacciones toman más importancia en los sistemas de plantación, debido a las mayores densidades de los árboles. A manera de ejemplo, en los sistemas que incluyen pinos, las acículas que caen naturalmente y aquellas ramas productos de podas o de raleos interfieren en el crecimiento del estrato herbáceo. Estos efectos son menos marcados cuando las hojas caídas son de fácil descomposición o son palatables para el ganado (Pérego, 2002).

#### 2.3.2.6 Competencia entre árboles y pastos

Los árboles pueden competir con los pastos por agua, nutrientes, luz y espacio, y el efecto será mayor en la medida que sus requerimientos sean similares (Odum, 1972). Cabe esperar una fuerte competencia por luz, si se consideran los elevados requerimientos de los pastos.

Respecto a los nutrientes, un balance general muestra que los árboles aportan elementos que han rescatado de horizontes más profundos y los han depositado en la superficie, haciéndolos disponibles para los pastos (Nair 1991,

Fassbender 1993). Esto no elimina la posibilidad de que algún elemento nutritivo sea almacenado en la madera de los árboles, reteniéndolos por un período relativamente largo, restando dinamismo al sistema y creando deficiencias para las otras especies o, como ocurre en los casos de aprovechamiento forestal, los árboles son exportados del sistema y con ellos tales nutrimentos.

La competencia por agua tal vez sea uno de los aspectos más controvertidos. Los árboles permiten una mayor infiltración y retención de agua al mejorar algunas propiedades físicas del suelo y reducen la evapotranspiración de las plantas del estrato bajo, como resultado del sombreado (Nair, 1985), pero ellos mismos consumen agua, y a veces en grandes cantidades.

En los sistemas de plantación con estrato de vegetación herbácea, bajo la copa de los árboles se presentan menores temperaturas del aire y del suelo y una mayor humedad relativa del aire, que en los espacios donde no ocurre sombreado. Además, bajo la sombra de los árboles se incrementa la disponibilidad de humedad en el suelo, como consecuencia de una reducción en las pérdidas de agua del sistema, tanto por transpiración de las pasturas, como por evaporación del agua del suelo.

Cuando las plantaciones están sujetas al pastoreo, el efecto de la circulación de animales va a provocar algún grado de compactación del suelo, comparado con las plantaciones no pastoreadas; la magnitud de estos impactos se incrementan a medida que se usan cargas más altas (Alonso y Puerto, 1979).

Las modificaciones en la economía del agua del sistema provocadas por el pastoreo son más importantes en aquellos ecosistemas que presentan sequía estacional y cuando se trabaja con especies de pastos o leñosas sensibles al estrés por déficit hídrico. Desde el punto de vista de las pasturas, la mayor disponibilidad de humedad en presencia de los árboles permite prolongar el período de crecimiento, de manera que se tiene pasto verde cuando en las áreas abiertas sin sombra ya hay claras manifestaciones del estrés de sequía; sin embargo, hay también indicios de que algunas especies arbóreas pueden ser fuertemente competitivas por el agua, como es el caso del *Eucalyptus tereticornis*.

Se ha postulado que el uso de genotipos de pasturas con mayor potencial de crecimiento puede afectar detrimentalmente la producción de árboles, como consecuencia de la competencia por agua. Esto podría ocurrir en aquellos sistemas donde los árboles y pasturas tienen raíces que ocupan los mismos sectores superficiales del perfil del suelo, en áreas con déficit hídricos marcados

y cuando se trabaja con especies particularmente sensibles a restricciones de humedad del suelo. Sin embargo, estos aspectos necesitan ser mejor documentados en la literatura, pues los genotipos de las leñosas pueden diferir en su tolerancia a la sequía, además, en muchas situaciones ocurre una mejora en la capacidad de infiltración y retención de humedad en el suelo, como consecuencia de los aportes de materia orgánica de la herbácea y la misma leñosa (Pezo, 1999)

La competencia por espacio es un factor altamente controlado en los sistemas silvopastoriles. Sin embargo, en ocasiones la agresividad de las especies leñosas ha demandado recursos adicionales para su control, y en otras ha llevado a la desaparición del tapiz forrajero (Russo, 1994).

Durante su vida el árbol competirá activamente con las especies herbáceas y con otros árboles, también como demanda de recursos de tiempo, trabajo y costos para el productor. Es esencial seleccionar un buen material para el sistema.

En vista de que normalmente las formaciones forestales tienen un efecto positivo y regulador sobre ciertos elementos del medio ambiente, tales como el suelo, el clima, los recursos hídricos, etc., se ha asignado también una función protectora a los componentes forestales que son combinados con cultivos y/o pastos.

Es razonable pensar que a pesar de un adecuado manejo silvicultural y pastoril del sistema, puede darse una menor productividad pecuaria que frente a la situación pastoril, sin árboles. Sin embargo, este descenso puede ser compensado por un mejor balance invernal de la pastura y una mejor performance animal.

## 2.4 RELACIONES HÍDRICAS

Se ha dicho que las plantaciones de Eucalyptus producen:

- Cambios en el ciclo hidrológico provocado por: escasez de agua, disminución de las reservas de agua subterránea y del flujo superficial.
- Un deterioro de los cursos de agua por sedimentación

Los eucaliptos actuarían sobre el ciclo de agua de dos maneras:

- Agotando los abastecimientos de la misma
- No regulando el flujo de agua como lo hace la vegetación natural

Y los efectos ecológicos sobre dicho ciclo serían:

- Sobre el clima local o regional
- En el microclima dentro del bosque
- Sobre la escorrentía superficial
- En el contenido de humedad del suelo

Con respecto al microclima es más moderado que el área exterior del bosque, hay mayor porcentaje de humedad, menor iluminación, menor temperatura promedio y los extremos de temperatura son más moderados.

Cuando llueve sobre un área cubierta de bosque, parte del agua llega directamente al suelo y parte es interceptada por el follaje. De esta última, parte se evapora y va a la atmósfera y parte escurre por el tronco. De la lluvia que llega al suelo, una parte fluye por la superficie del mismo, parte se evapora y parte penetra al suelo.

El ritmo de crecimiento es proporcional a la cantidad de agua que utilizan. El eucalipto intercepta casi una cuarta parte de la precipitación la cual se evapora no llegando al suelo, el resto del agua corre por el tronco lo que se conoce como flujo de tallo o gotea por las hojas y es agua que llega al suelo.

En relación al agua subterránea, los eucaliptos como otras especies de árboles, disminuyen los niveles freáticos, que en caso de áreas anegadas, por ejemplo pantanos, el caso puede llegar a ser benéfico Silveira et al. (2003).

Estudios realizados por Silveira et al. (2006) acerca del efecto de las plantaciones forestales sobre el recurso agua en el Uruguay, concluyeron que el suelo bajo *Eucalyptus* presentó, en los dos años analizados, menor contenido de agua que el suelo bajo pastura natural, excepto en los períodos en que ocurrieron abundantes precipitaciones. El comportamiento observado fue similar, tanto si en el análisis se toma en cuenta todo el perfil o diferentes profundidades del mismo.

Estos autores consideran que las evaluaciones realizadas coincidieron con períodos invernales muy lluviosos y que en esa época es baja para ambas coberturas, las diferencias encontradas no parecen atribuirse a una mayor extracción de agua por parte del bosque. Este comportamiento observado parecería, en cambio, deberse a una menor capacidad de retención de agua por parte del suelo forestado, debido a los cambios en las propiedades hídricas de los mismos, por efectos de la cobertura. Lo anterior es atribuible a un mayor porcentaje de macro y mesoporos conjuntamente con un efecto de

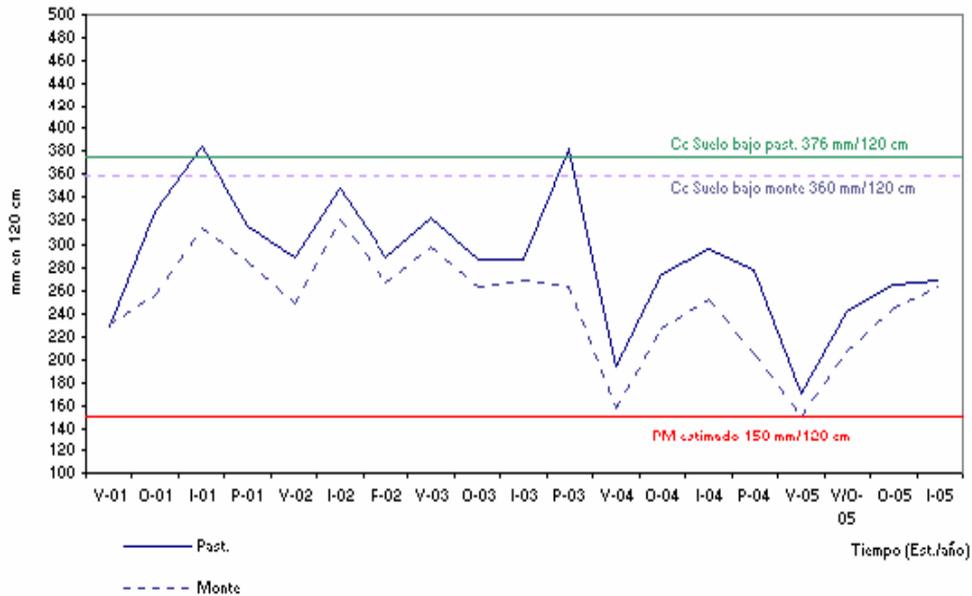
hidrofobicidad provocado por las propiedades de la materia orgánica producida por los Eucalyptus.

La menor retención de agua en el suelo y menor escurrimiento superficial deberían significar un mayor drenaje profundo y recarga de acuíferos en el período invernal bajo Eucalyptus.

El Departamento de Suelos y Aguas de la Facultad de Agronomía de la UDELAR, realizó un monitoreo de cinco años evidenciando que el contenido de agua de un suelo forestado fue siempre menor que bajo pastura: en verano por la mayor evapotranspiración y en invierno por la menor capacidad de retención de agua.

En plantaciones de *Eucalyptus grandis* instaladas en 1998 en un Acrisol típico de la zona de Buena Unión (Depto. de Rivera), se determinó el contenido de agua volumétrico hasta 120 cm de profundidad en tres posiciones de la toposecuencia, bajo la plantación forestal, y en la pastura natural aledaña. En la figura 1 se presentan los datos por estación.

Figura 1: Evolución del contenido de agua del suelo hasta 1,2 m de profundidad, *Eucalyptus grandis* 1998 sobre Hapludult Típico (Delgado et al., 2006).



Referencias: Past: suelo bajo pastura original; Monte: suelo bajo monte de *Eucalyptus*; Cc: capacidad de campo; PM: punto marchitez permanente.

El suelo bajo eucaliptos siempre tuvo menor contenido de agua acumulada hasta 120 cm que bajo pastura. Las diferencias, del orden de 20 a 70 mm, fueron significativas para la mayoría de las estaciones estudiadas. El menor contenido de agua bajo eucalipto en verano es lo esperable, debido a su mayor requerimiento hídrico y a un sistema radicular capaz de explorar un mayor volumen de suelo; en esta estación es donde se observan las diferencias mayores. En invierno, por el contrario, los suelos bajo ambos usos llegarían a su máxima capacidad de retener agua (capacidad de campo) e inclusive mostrarían un exceso de agua debido a la caída de la demanda atmosférica y a la reducción de las temperaturas que limitan el crecimiento vegetal. Además, dado que el escurrimiento superficial es menor bajo eucaliptos (Silveira et al., 2006) es de esperar también una mayor infiltración.

Sin embargo, los resultados mostrados en la Figura 1 muestran que, si bien los contenidos de agua bajo ambos usos del suelo se aproximan en los inviernos, igualmente persiste una diferencia del orden de 20 mm.

## 2.5 CARACTERÍSTICAS DEL *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*

*Eucalyptus* constituye un complejo género de plantas con follaje persistente localizado en la botánica sistemática dentro de la familia de las Mirtáceas, subfamilia Leptospermoideas.

Según FAO (1981) el *Eucalyptus globulus*, es probablemente la especie, dentro del género, de mayor distribución en el mundo, lo cual queda demostrado ya en 1973, con más de 800.000 hectáreas de plantación fuera de Australia.

Aparece en forma natural en la región sur de Australia (Victoria), Tasmania y las islas del estrecho de Bass. Se extiende entre las latitudes 38° 26´ a 43° 30´ Sur. En muchos países es la especie más plantada, y en algunos como Portugal y Chile, constituye casi la totalidad de las plantaciones de *Eucalyptus*.

En Uruguay fue introducido en 1853, siendo inicialmente la especie de *Eucalyptus* la de mayor difusión, plantándose especialmente para abrigo y sombra, posteriormente se lo considera desde el punto de vista maderero. En los últimos años se intensifica su plantación con destino a la exportación de madera para pulpa. Si bien la zona "tradicional" de plantación ha sido el sur del país, donde ha demostrado adaptarse bastante bien, resistiendo tanto a heladas como sequías, se ha comenzado a plantar intensamente en el norte y principalmente en el litoral oeste. Estas zonas han sido consideradas como poco aptas para estas especies ya que no poseen el efecto atenuante del mar sobre la temperatura y sobre la humedad del aire (Brussa, 1994).

### 2.5.1 Características generales

El tronco del árbol es macizo, derecho, de copa abierta y pesada. Su corteza es áspera de color gris, persistente en la base y lisa en la parte superior. Las hojas jóvenes son opuestas, sésiles y glaucas. Las hojas adultas son alternas, pecioladas, lanceoladas a menudo curvadas. La madera es de color blanco a rosado claro con fibra generalmente entrelazada y abierta, es rajable, colapsable y flexible; los anillos de crecimiento son visibles. Presenta rebrotes vigorosos y tempranamente produce semillas con alto porcentaje de germinación. Como carácter diferencial es la única especie de *Eucalyptus* que presenta flores y frutos aislados.

### 2.5.2. Características ecológicas

El árbol puede desarrollarse hasta 500 m de altitud y entre 37° y 43.5° de latitud con una localización preponderantemente costeras y continentales. Con relación al clima: precipitaciones de 500 a 1520 mm, 10 o más días de heladas y algunas nevadas ligeras. La temperatura mínima absoluta que puede soportar es de -4.5°C y la máxima es de 40.5°C y con un máximo de 8 días a temperaturas mayores a 38°C.

En relación al suelo necesitan que el mismo presente un PH mayor a 5, arenosos-arcillosos. El subsuelo puede ser podsólico con arcilla profunda y bien drenada. Sus limitantes se encuentran en suelos muy superficiales (dependiendo del clima), en suelos de mal drenaje, suelos salinos o suelos con alto porcentaje de carbonato de calcio.

### 2.5.3. Usos

Entre los usos de la madera se encuentra celulosa, tablero contraenchapado, tablero aglomerado, postes, pilotes, etc. Pueden extraerse aceites esenciales y presenta interés apícola.

### 2.5.4. Patología

Tiene problemas sanitarios en todas sus etapas. En la semilla hay infecciones de *Penicillium sp* y *Fusarium sp*. en vivero *Botrytis cinerea* y *Alternaria*. En plantación es susceptible al defoliador *Gonipterus gibberus* y al perforador *Phoracanta semipunctata*.

## 2.6 LEGUMINOSAS

Las leguminosas constituyen componentes invaluableles de las pasturas. Sus propiedades de dadoras de nitrógeno y su alto valor nutritivo especialmente por sus proteínas y minerales, las ubican como elementos imprescindibles en la producción de forraje. Este aspecto es tan real que, dar con la leguminosa apropiada para cada circunstancia específica, es asegurarse el éxito de la pastura (Carámbula, 1996).

### 2.6.1 Principales características productivas de las leguminosas

Carámbula (1996), destaca las siguientes características más relevantes de las leguminosas forrajeras:

- La distribución estacional del forraje producido permite visualizar los momentos de mayor entrega de forraje, con esta información podremos seleccionar la leguminosa que mejor acompañe los requerimientos de los animales en pastoreo

Los datos que se presentan en el cuadro No. 4 permiten destacar tres tipos de distribución estacional. Así, mientras en el primer grupo el lotus y trébol rojo produjeron la mitad de su forraje en primavera, la otra mitad se repartió en partes iguales entre otoño, invierno y verano. En el segundo grupo, el trébol blanco también ofreció la mitad de su forraje en primavera, pero su entrega invierno-otoñal superó ampliamente a la del verano, mientras que en el tercer grupo la alfalfa debe considerarse netamente estival, ya que la mitad de su producción es estival y solo un sexto es otoño-invernal.

Cuadro No. 4: Distribución estacional (%) y forraje total producido en toda la vida productiva (tt MS/ha) de trébol blanco, lotus, trébol rojo y alfalfa, promedio entre 1974 y 1992.

	T. Blanco	Lotus	T. Rojo
Otoño (%)	12	12	9
Invierno (%)	23	14	15
Primavera (%)	52	49	50
Verano (%)	13	25	26
Total (t MS/ha)	15.1	21.5	17.4

Fuente: Carámbula (2002)

Las tasas de crecimiento con sus producciones máximas y mínimas nos permiten observar las variaciones que ocurre como resultado de la interacción con el ambiente.

Las curvas de tasas mínimas pone de manifiesto el período del año durante el cual, aún ante situaciones de estrés climático continuado, puede esperarse producción de forraje con cierto grado de confiabilidad. Estos períodos coinciden con aquellos donde en condiciones normales se producen las mayores tasas de crecimiento. Las tasas mínimas dejan en claro, por otro lado, que en las cuatro especies pueden existir importantes períodos del año sin crecimiento o con mínima producción (Carámbula, 1977).

Las producciones máximas y mínimas permiten además de establecer ciertas relaciones para visualizar diferencias entre especies. En este sentido, la relación entre la producción máxima y la producción media podría considerarse

como un indicador de la limitación ambiental para crecer. Es decir, cuanto mayor es la diferencia entre dichas producciones se puede suponer que la producción media está más limitada por el ambiente. Por otro lado, la relación entre la producción mínima y la producción media de una determinada especie podría considerarse que su producción de forraje es más confiable (Carámbula, 1977).

## 2.6.2 Factores que afectan la persistencia de las leguminosas

### 2.6.2.1 Factores bióticos

Es constante que los factores abióticos, los efectos de agentes bióticos en la persistencia de las leguminosas dependen directamente de la interacción con la pastura e indirectamente con otros organismos en la comunidad de la pastura (Pottinger et al., 1993).

#### Enfermedades

Las enfermedades infecciosas son la causa de mayor pérdida en leguminosas perennes forrajeras. La planta debilitada por enfermedades probablemente es más susceptible a factores de stress (Altier, 1990).

En las situaciones donde se compromete la producción y reserva de semillas en el suelo puede haber un cambio firme en la composición botánica con un descenso en la cantidad de leguminosas, que llevan en el futuro al deterioro de la pastura que será resembrada (Altier, 1990).

Las enfermedades pueden reducir la efectividad de nodulación, produciendo plántulas de pobre vigor afectando su habilidad competitiva (Gillespie, citado por Bologna, 1996).

El complejo de enfermedades de la corona y sistema radicular es reportado como un factor responsable de la reducción de la población de *Lotus corniculatus* (Seaney y Henson, Beuselinck et al., citados por Ayala, 1996) especialmente en condiciones cálidas y húmedas.

Las enfermedades que afectan a las pasturas establecidas se pueden clasificar en enfermedades foliares y de raíz, estolón y corona. Las primeras afectan la calidad de las pasturas y las segundas llevan a la muerte de plántulas afectando la absorción de agua y nutrientes, acumulación de reservas y fijación de nitrógeno (Altier, 1990).

Otra posible causa de muerte de plántulas particularmente en suelos pobres en nutrientes, es el fracaso para formar micorrizas. Deficiencias en nutrientes del suelo, drenaje pobre, ph bajo, condiciones climáticas adversas del invierno, daños de insectos y defoliación intensa son los factores de mayor estrés que contribuyen a incrementar la susceptibilidad de aquellas leguminosas formadoras de corona. Por consiguiente el control de malezas, fertilización, control de insectos y manejo correcto del pastoreo son los componentes más importantes de una estrategia general que apunte a reducir el impacto de las enfermedades (Bologna, 1996).

### Competencia

Golberg (1990), distinguió entre efecto competitivo (la habilidad de suprimir niveles de recurso para otras plantas) y la respuesta competitiva (la habilidad de tolerar la supresión a bajos niveles del recurso). Se consideran como buenas competidoras aquellas especies que tienen el atributo de aumentar al máximo la utilización del recurso, es decir aquellas plantas que rebrotan rápidamente luego de la defoliación (Rodees y Stern, citados por Bologna, 1996). Las especies tolerantes a bajos niveles del recurso son considerados como estrés – tolerantes, ubicándose las leguminosas en un nivel intermedio entre ambas (Grime, 1979).

Cuando el uso del recurso por la población dominante es elevado como para afectar la sobrevivencia de la planta individual, la exclusión competitiva puede ocurrir y causar la pérdida de las especies menos competitivas (McIvor, citado por Bologna, 1996).

Aunque la competencia raramente cause muerte directa de individuos, generalmente interactúa con otros tipos de estrés para afectar la demografía de las poblaciones involucradas. Consecuentemente los efectos más claros de competencia son un cambio en la dinámica de los puntos de crecimiento y demografía de nódulos de crecimiento, que a su vez, se expresa rápidamente como modificaciones en los rendimientos de los componentes relativos de la mezcla de la pastura (Fisher y Thornton, 1989).

### Alelopatía

Se define como la reducción en el rendimiento de una especie dada, causada por efectos perjudiciales por exudado de sustancias por otras especies.

Evidencias sugieren que el trébol blanco produce aleloquímicos que causan depresión en la germinación y crecimiento de plántulas de muchas gramíneas y leguminosas (Scott et al., 1989).

La infección endofítica en raigrás perenne reduce significativamente el desarrollo de raíces en un rango de leguminosas (Cunningham et al., 1993). En Nueva Zelanda Sutherland y Hoglund (1990), reportan que el contenido de *Acremonium lolli* en raigrás reduce la densidad en trébol blanco, el efecto es una reducción en el número de plantas y en la sobrevivencia de plántulas así como reducido vigor en aquellas que sobreviven. Este efecto podría causar importantes pérdidas en área con abundantes lluvias (Bacon, 1993).

El moho de la corona (*Puccinia coronata* Corda F.sp. Lolii Brown) es el más serio patógeno del raigrás en áreas de grandes lluvias del sureste de Australia, suprimiendo el crecimiento de plántulas vecinas de trébol blanco en 47% comparado con el crecimiento de raigrás no infectado (Mattner, citado por Mattner y Parbery, 2001).

El patógeno estimula la producción de fitoalexinas (componente antimicrobial) en su huésped (Smith, citado por Mattner y Parbery, 2001).

Existen evidencias de que *Chenopodium album* y *Avena fatua*, tienen efecto alelopático sobre *Lotus corniculatus* inhibiendo la germinación 94 y 98% respectivamente (Muminovic, 1990).

## Invertebrados

El daño causado por insectos y ácaros está implicado en la reducción de la persistencia de leguminosas en pasturas de regiones templadas (Watson et al., citados por Bologna, 1996).

Los principales daños que causan en las pasturas son: reducción en el número de individuos, consumo de hojas, reducción de la tasa de asimilación, anticipo de la senescencia y reducción de la radiación interceptada entre otros. En pasturas establecidas los principales daños producidos por insectos son: reducción del vigor, tasas limitadas de rebrote y cambios en la partición de asimilados que incrementa la susceptibilidad de la planta a otras causas de muerte, así como la reducción en el número de estolones (ej. *Trifolium repens*). Elevadas pérdidas de plantas pueden ocurrir cuando altas densidades de insectos y el estadio de cotiledón coinciden. La regeneración de la pastura también puede afectarse cuando el ataque por insectos reduce el banco de semillas a un nivel en el que la resiembra natural se compromete (Pottinger et. al., 1993).

### 2.6.2.2 Factores abióticos

Los principales factores abióticos que causan estrés son humedad, fertilidad del suelo, temperatura, condiciones físicas del suelo y luz. Estos factores causantes de estrés son variables en grado y ocurrencia y gobiernan principalmente la persistencia de la pastura.

#### Limitaciones de nutrientes

La contribución potencial de leguminosas forrajeras en un sistema pastoril está a menudo reducida por limitaciones edáficas y de nutrientes. Las leguminosas tienen menos extendido el sistema radicular que las gramíneas lo que las pone en desventaja a la hora de competir por nutrientes que se concentran en el perfil superior del suelo. Como resultado, las leguminosas requieren mayor concentración en el suelo de nutrientes no móviles (Bologna, 1996).

Si no se reúnen los requisitos para el establecimiento de la leguminosa, el establecimiento falla y en algunos ambientes donde no hay reservas de semilla residente de las especies introducidas, este fracaso puede reducir la productividad potencial de la población de la leguminosa. Nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), potasio (K) y molibdeno (Mo) parecen ser de importancia particular (Richardson y Sanders, citados por Bologna, 1996).

La fijación del nitrógeno y el crecimiento del trébol son estimulados por el crecimiento temprano de gramíneas que reducen la concentración de nitrógeno del suelo, pero una vez que el N en el suelo se incrementa, la actividad de fijación de nitrógeno (*Rhizobium*) puede retardarse debido al incremento en la concentración de este nutriente. Una concentración de nitrógeno alta, a su vez, estimula el crecimiento de la gramínea y el ciclo se repite. Este proceso permite la autorregulación de la cantidad de N mineral en el suelo por la pastura mezcla en el suelo por pasturas mezclas de gramíneas – trébol y minimizan la pérdida de N del sistema (Chapman et al., citados por Bologna, 1996). Por consiguiente la disponibilidad de nitrógeno en un sistema pastoril es afectada y a su vez afecta, la relación competitiva entre la leguminosa y los restantes componentes de la pastura (Turkington y Harper, 1979).

La corrección de deficiencias de fósforo a través de la aplicación de fertilizantes fosfatados es esencial para mejorar el establecimiento de la leguminosa y estimular su crecimiento y fijación de nitrógeno (Bologna, 1996). Las raíces de gramíneas y leguminosas compiten directamente por los iones de fosfato (Jackman y Mouat, citados por Bologna, 1996). Investigaciones en Nueva Zelanda indican que los requerimientos de fósforo son más altos que

para la fijación de nitrógeno que para el crecimiento de la leguminosa (Hart et al., citados por Bologna, 1996). Por lo tanto las deficiencias de fósforo pueden inducir una reducción en la sobrevivencia de la leguminosa y exclusión de la población por pastos y malezas, causadas por un incremento en la competencia por nitrógeno.

Caradus, citado por Carámbula (1996) también hace alusión al efecto de la fertilización fosfatada en el establecimiento de las leguminosas. Sin embargo parece bien claro que existe diferencias importantes entre especies. Así, el género *Lotus* muestra una gran eficiencia en la utilización de este nutriente aún en bajas concentraciones, el trébol requiere una disponibilidad más alta. El mismo autor sostiene que si bien las especies de *Lotus* son menos exigentes en el requerimiento de fósforo, su desarrollo radicular se vería acelerado de todas maneras por cantidades adecuadas de este nutriente, lo cual permitiría a sus plantas sobrellevar su lento crecimiento.

Bailey y Laidlaw (1998) mencionan los efectos adversos de deficiencias de fósforo en plantas jóvenes de trébol blanco, repercutiendo, inmediatamente en una disminución de los estolones, pero solo cuando la deficiencia se torna aguda ocasiona descensos similares en las hojas y pecíolos.

La corrección de deficiencia de potasio favorece la persistencia de las leguminosas y aumenta la proporción de leguminosa en el canopy. Este nutriente mejora la resistencia general al estrés medioambiental e incide en la habilidad de la corona de producir nuevos rebrotes (Beuselinck et al., 1984).

La deficiencia de potasio es más limitante en fases más tardías de crecimiento. Existen evidencias que plantas padeciendo deficiencias agudas de potasio, particionan preferentemente recursos a órganos asociados con crecimiento exploratorio, es decir a estolones. Esto puede ser una adaptación que permite a las plantas potasio-deficientes aprovecharse de suministro de nutrientes en localidades adyacentes. Se sugiere que se limita la persistencia de trébol blanco probablemente más a través de deficiencias de potasio que por baja o inadecuada proporción de fósforo (Muralla y Laidlaw, 1999).

#### Acidez del suelo

Un pH del suelo 6,0 a 7,5 es óptimo para el crecimiento y persistencia de la mayoría de las leguminosas, aunque algunas especies toleran pH más bajos (Bologna, 1996).

Existe variación genética en la tolerancia a condiciones ácidas, esta se ha identificado en alfalfa (Bouton y Summer, citados por Bologna, 1996) y trébol blanco (Caradus, 1980).

La disminución de la persistencia de la leguminosa en suelos con pH bajo está asociada con la reducida sobrevivencia y crecimiento del rizobio (Bologna, 1996).

El efecto de la acidez del suelo en la disponibilidad de nutrientes esenciales, aluminio y toxicidad del manganeso son los factores más perjudiciales en la planta.

Las deficiencias de calcio, magnesio y molibdeno en suelos ácidos pueden restringir la sobrevivencia del rizobio y puede afectar la nodulación de las leguminosas así como su persistencia. El desarrollo de un sistema de producción que involucre cal, fertilizante, especies tolerantes a la acidez y prácticas de manejo del pastoreo adecuadas, probablemente son la mejor alternativa para aumentar la persistencia de las leguminosas y su productividad en suelos ácidos (Heylar, citado por Bologna, 1996).

## Agua

Excesos de agua en suelos pobremente drenados, particularmente en primavera y falta de agua en verano son una limitante importante para la persistencia de las leguminosas en las pasturas en muchas áreas templadas (Richardson y Syres, citados por Bologna, 1996).

La deficiencia de oxígeno causado por el exceso de agua en el suelo, deprime la fijación de nitrógeno atmosférico. El suelo anegado causa condiciones de anaeróbicas en la zona de la raíz que produce deterioro del sistema radicular, reduciendo el crecimiento debido al desarrollo de enfermedades fúngicas, particularmente damping off (*Phythium spp*) y putrefacción de raíz (*Phytophthora spp*). El anegamiento puede llevar a un suministro insuficiente de nutrientes o a un exceso de toxinas originadas en el suelo en condiciones de anaerobiosis o en las raíces de los tallos (Bologna, 1996).

La respuesta de las leguminosas no solo es dependiente del grado de deficiencia de agua, sino también de la severidad final, duración y momento durante el ciclo de vida de ocurrencia del mismo. Por consiguiente las estrategias de tolerancia al estrés puede predominar en ciertos momentos, mientras en otros los mecanismos como el ajuste osmótico, ajuste del estoma y reducción de la superficie de evaporación (Bologna, 1996).

Hay poca evidencia de tolerancia directa a la sequedad en leguminosas forrajeras. *Lotus corniculatus* posee un sistema radicular profundo pudiendo minimizar los efectos de la sequedad extrayendo agua de la profundidad del perfil del suelo. Mientras que el trébol blanco depende de un sistema radicular fibroso, siendo sumamente susceptible a la deficiencia de agua durante el verano. La combinación de altas temperaturas y déficit de agua normalmente da como resultado pérdidas significativas de puntos de crecimiento (Sheath y Hay, 1989).

El déficit de agua durante el desarrollo temprano reduce el número de brotes basales, tallos por planta y diámetro del tallo así como el tamaño de hoja (Hsiao y Acevedo, citados por Bologna, 1996). Si el estrés es severo como para producir desecamiento, las plantas individuales se mueren rápidamente y causan pérdidas significativas (Schlze, citado por Bologna, 1996). Frente a un estrés hídrico la planta deprime la fijación de nitrógeno, reduce la actividad de nódulos existentes y la nodulación (Buxton, citado por Bologna, 1996).

La compactación del suelo causada por pisoteo de animales a menudo resulta en pérdidas de plantas debido al escurrimiento del agua, intercambio reducido de gases entre la atmósfera y el suelo y el crecimiento limitado de la raíz. (Hochman y Heylar, citados por Bologna, 1996).

#### Luz

A medida que se reduce la intensidad de luz, la tasa de aparición de hojas, la tasa de aparición de hojas disminuye en forma considerable mientras que el nivel de suministro de nutrientes parece no tener efecto sobre dicha tasa, aunque sí sobre el tamaño de hojas (Langer, 1990).

Ong (1978) 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).

#### Temperatura

El crecimiento de la pastura está fuertemente influenciado por la temperatura y cuando es menor de 4°C, se detiene el desarrollo de la planta (Clarkson y Warner, 1969).

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 C<sub>3</sub>. 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 volver a los mismos rangos y la humedad del suelo sea más adecuado.

La temperatura y la lluvia son los factores climáticos que más afectan la distribución y persistencia de la leguminosa (Lancashire, Garduña y Sheath, citados por Bologna, 1996)

### 2.6.3 Descripción agronómica de las especies y cultivares utilizados

#### 2.6.3.1 Género *Trifolium*

##### Generalidades

Los tréboles son en su mayoría originarios de la zona húmeda y templada del hemisferio norte, pero hay algunas especies autóctonas en América de Sur y África.

El género comprende aproximadamente unas 250-300 especies, de las cuales solo 25 tienen importancia agrícola, y de estas las 10 más importantes son originarias del viejo mundo (González et al., 1997).

El género *Trifolium* pertenece a la tribu Trifolieae a la subfamilia Papilionoideae (también conocido como Faboideae), familia Fabaceae. Las distintas especies pertenecientes a este género presentan hábitos de crecimiento muy diferentes y mecanismos de rebrote distintos, por lo que muestran respuestas contrastantes a la defoliación (Carámbula, 1996).

Son plantas herbáceas, anuales o perennes, glabras o pubescentes, erectas o rastreras, hojas trifoliadas consistentes en tres folíolos iguales que a su vez, tienen peciolulos de igual longitud (excepto *T. dubium*). Los folíolos son denticulados y con estipulas membranáceas soldadas al pecíolo (Smethan 1981, Izaguirre 1995).

Semilla de radícula dirigida hacia la placenta, con germinación epigea y primera hoja unifoliada (Izaguirre, 1995).

El género *Trifolium* presenta una adaptación muy amplia a diferentes ambientes destacándose en los mejoramientos extensivos de la región especies anuales, bienales y perennes de vida corta, caracterizándose por su gran habilidad para introducir nitrógeno en el ecosistema (Carámbula, 1996).

### *Trifolium repens* (cv) LE Zapicán

El cultivar LE Zapicán (Trébol blanco) fue generado en la Estación Experimental La Estanzuela del centro de investigación agrícola Alberto Boerger, actual INIA y seguramente, el cultivar Santa Fe, fue el que se difundió con el nombre de Zapicán (García, 1996).

Esta es una leguminosa forrajera invernal de clima templado, que se comporta como perenne mediante la producción continua de estolones. En algunos casos puede comportarse como anual, bienal o de vida corta, dependiendo de las condiciones del verano, principalmente por problemas de déficit hídrico, debido a la escasa profundidad de sus estolones. Características tales como su alto valor nutritivo a lo largo de toda la estación de crecimiento y su gran potencial de fijación de nitrógeno (normalmente mayor que las otras leguminosas), hacen de él, una de las especies más importantes para utilizar en los mejoramientos. Se adapta mejor a suelos medianos a pesados, fértiles y húmedos (Carámbula, 1996).

Este autor señala, que si bien no crece en suelos pobres, muy ácidos o arenosos, produce buenos rendimientos en la mayoría de los suelos siempre que tengan suficiente humedad y cantidades adecuadas de fósforo. Prospera en suelos fértiles, particularmente arcillosos. En suelos arenosos será necesario elevar el nivel de fertilidad previo a la implantación de la pastura. Por consiguiente, esta especie posee la capacidad de persistir tanto vegetativamente por semillas duras, dualidad especialmente valiosa para ocupar nichos vacíos en las pasturas.

#### Estructura y producción del forraje

La planta de Trébol blanco desarrolla inicialmente una raíz pivotante y un tallo principal. Pasado cierto período comienza a producir estolones que se desarrollan radialmente, los que a su vez desarrollan raíces adventicias en sus nudos. La raíz primaria muere normalmente entre el primer y segundo año. Es de hábito postrado por lo que está muy bien adaptada al pastoreo (García, 1996).

La gran adaptación del trébol blanco al manejo intenso y los altos rendimientos de materia seca, según Carámbula (1996), se debe a cinco atributos muy 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.

Si bien se adapta a sistemas de pastoreo intensos, el trébol blanco, al igual que todas las plantas forrajeras, se ve afectada por manejos severos y exagerados. Lo más adecuado es aplicar manejos que permitan plantas vigorosas que presenten mayor longitud de estolones por área de suelo e incrementos en el diámetro de los mismos, mayor peso individual de las hojas, así como mayor proporción de hojas cosechables.

El cultivar tiene gran producción anual con pico en primavera, y normalmente no crece en verano. La misma es muy variable dependiendo del tipo de suelo y su fertilidad, pudiendo llegar en algunos casos a valores de 12337 kgMS/ha anuales, con un mínimo en la estación invernal de 2384 kgMS/ha (Carámbula, 1997).

Bemhaja (1998), menciona valores de producción de forraje sobre basalto profundo en condiciones de mínimo laboreo en mejoramiento de campo, durante los años 1992, 1993 y 1994 de 2300, 2600 y 8000 kgMS/ha respectivamente, destacando al cv. LE Zapicán como uno de los cultivares de Trébol blanco evaluado de mayor producción en el año de la implantación y buena composición botánica al tercer año (63% del área cubierta por Trébol Blanco).

#### Persistencia

Esta especie posee la capacidad de persistir vegetativamente como por semillas duras, cualidad especialmente valiosa para ocupar nichos vacíos en los mejoramientos y poder sobrellevar condiciones de sequía donde la población de estolones ve seriamente reducida (Carambula, 1997).

Existe una gran variabilidad en cuanto a su comportamiento en siembras en cobertura tanto para establecerse como para persistir, lo cual está determinado fundamentalmente por el volumen y la distribución de las precipitaciones (Risso, 1994).

Según Clemente y Gutiérrez (2000), en la zona de Basalto, los cultivares de Trébol Blanco (Zapicán y Bayucua) alcanzaron aceptable implantación y producción aunque las pérdidas de plantas (2º año) relacionadas a veranos que alteran períodos de déficit hídricos y excesos hídricos complican la persistencia en el largo plazo (3 o más años).

#### *Trifolium pratense* (cv) LE 116

Si bien botánicamente el Trébol Rojo (*Trifolium pratense*) es considerado una especie herbácea perenne, en el Uruguay su uso está restringido a cortas

rotaciones de dos años (en algunas ocasiones tres), considerándose por tal motivo como una especie bianual de ciclo invernal (Carámbula, Carámbula y García, citados por Carámbula 1996, Rebuffo y Altier 1996). Este concepto de bianualidad se deriva de la escasa persistencia de las plantas, ya que la mayor proporción de las mismas muere en el primer verano de vida, como resultado del efecto de una o más enfermedades de raíz y corona (Kilpatrick et al., Rufelt, Altier, Skipp y Christensen, citados por Rebuffo y Altier, 1995).

Una especie para ser persistente debe estar adaptada al ambiente en que se desarrolla. El trébol rojo es originario de Asia menor y el Sudeste de Europa (Merkenschlager, citado por Carámbula, 1996) y se extendió sobre la mayor parte del Oeste Europeo, comenzando a ser cultivado en el año 1600 aprox. Después del 1650, formas cultivadas de esta especie fueron introducidas en el resto de Europa, América y otros países (Rebuffo y Altier, 1995)

Es una planta de día largo y de respuesta cuantitativa, existiendo diferencias entre cultivares y plantas dentro de la especie. No presenta requerimientos de vernalización, pero el frío puede acelerar la floración en algunos ecotipos provenientes de latitudes nórdicas. Sin embargo, ensayos conducidos con ecotipos diploides en Noruega, muestran que el trébol rojo no presenta requerimientos de vernalización o de día corto, inclusive en latitudes mas altas (Carámbula, 1997).

Rebuffo y Altier (1995), encontraron que cultivares como Kenland, Redman, Redland y Lakeland tienen mayor persistencia que el cv. LE 116, pero al presentar estas latencias invernal, tiene menores rendimientos de forraje principalmente en otoño-invierno, así como una muy baja producción de semilla en comparación.

Esta especie prefiere suelos fértiles, bien drenados, con buena capacidad de retención de agua, de textura media a pesada y profundidad de media a profunda, siendo poco productiva en suelos arenosos o livianas (Fergus y Holowell, citados por Carámbula, 1977, 1996)

Es particularmente intolerante a las deficiencias en fósforo (P), no solo generando poca producciones, sino que es difícil establecer un adecuado stand de plantas en estas situaciones. Parte de la dificultad está en que el trébol rojo al igual que otras leguminosas es un mal competidor por el P presente en comparación a las gramíneas (Bagley y Taylor, citados por Carámbula, 1996). En cambio, presenta alta capacidad fijadora de nitrógeno (N) y es de buena semillazón, con comportamiento variable en la resiembra. Genera además un alto riesgo de meteorismo en bovinos (Carámbula y García, citados por Carámbula, 1996).

Carámbula (1977) recomienda entre otras especies, la siembra del trébol rojo en suelos de pH 6,0 y 6,5, mientras que Pésale y Taylor, citados por Carámbula (1996), manejan valores parecidos, argumentando que el mayor crecimiento del trébol rojo y los menores problemas de enfermedad ocurren a pH entre 6,4 y 6,8. El pH del suelo afecta los niveles de Manganeso (Mn), Aluminio (Al), Molibdeno (Mo), y fósforo (P). En particular, el trébol rojo es muy sensible a la toxicidad por Mn.

Dos de los mayores efectos que tiene el pH bajo en los suelos es reducir la disponibilidad de P y aumentar la de Al (Pésale y Taylor, citados por Carámbula, 1996). El trébol rojo es más tolerante que el Lotus y similar al trébol blanco (Mc Kenny et al., citados por Carámbula, 1996). Por su parte, Carámbula (1977) agrega que el trébol rojo tolera mejor que la alfalfa los suelos de baja fertilidad, así como suelos más ácidos.

Según Fergus y Hollowell, citados por Carámbula (1977), se adapta a climas muy templados sin temperaturas muy extremas. Kendall, citado por Carámbula (1977), dice que crece bien a temperaturas entre 7-35°C, aunque las temperaturas altas parecen tener un efecto más depresivo que las bajas temperaturas sobre el establecimiento, crecimiento y persistencia de la especie.

#### Manejo y utilización

La densidad de siembra del trébol rojo recomendada varía entre 10 y 12 kg/ha en cultivos puros y 4 a 8 kg/ha en mezclas, teniendo un rango amplio de épocas de siembra y una alta producción otoño-invierno-primaveral (Carámbula y García, citados por Carámbula, 1996). Por su parte Carámbula (1977), recomienda sembrarlo temprano en el otoño, dado que sus plántulas son sensibles al frío, compitiendo fuertemente en siembras oportunas con otras especies particularmente bajo condiciones favorables de humedad y temperatura, produciendo altos volúmenes de forraje en su primer año.

Independientemente de si la siembra es en primavera u otoño, Lang, citado por Bologna (1996), dice que es muy importante en esta especie un período adecuado de tiempo de reposo luego de la última defoliación, con el fin de acumular reservas en su raíz y corona. Carámbula (1996), agrega que el trébol rojo necesita aproximadamente 45 días para acumular reservas después de un corte otoñal previo al comienzo de las heladas.

Las 3 variables de manejo más importantes que pueden afectar la calidad del trébol rojo son: el estado de crecimiento (madurez), la altura de corte y el estrés ambiental. En general, la digestibilidad *in Vitro* de la materia seca y la proteína cruda disminuyen en la medida que aumenta la madurez, como

resultado del aumento en porcentaje de la pared celular (lignificación) y de la menor relación tallo/hoja, siendo generalmente las hojas más digestibles que los tallos. Sin embargo, en investigaciones llevadas a cabo por Buxton et al., citados por Bologna (1996), encontró que el trébol rojo no disminuye su calidad en forma tan marcada como otras especies al avanzar su madurez. Carambula y García, citados por Carámbula (1996), concuerdan con estos autores en que el trébol rojo tiene un alto valor nutritivo, principalmente es estado vegetativo.

### 2.6.3.2 Género *Lotus*

#### Generalidades

El género *Lotus* comprende alrededor de doscientas especies anuales o perennes, ampliamente distribuidas en todo el mundo. La zona de mayor diversidad específica es la cuenca del Mediterráneo europeo, probable centro de origen (Lagler, 2003).

Según Carámbula (1996), las especies que componen el género *Lotus* presentan una destacable tolerancia a suelos con fertilidad baja (en especial fósforo), condiciones de extrema humedad (drenaje pobre o sequía) y niveles elevados de acidez, situaciones que se presentan en gran parte de las áreas destinadas a la ganadería extensiva.

Estas presentan una gran adaptación productiva a los suelos de la región noreste. Si bien presentan un volumen importante de forraje total anual, similar al del Trébol blanco, la distribución estacional es diferente, con una mayor producción estival y menor invernal respecto a este. Desde el punto de vista del ciclo, las especies perennes como *Lotus* y Trébol blanco, extienden su crecimiento prácticamente a todo el año (Olmos, 2000).

El primer crecimiento en otoño, se lleva a cabo principalmente a partir de los meristemas basales de la corona; pero los crecimientos posteriores son originados desde los meristemas axilares nodales residuales presentes en los entrenudos basales remanente de los tallos pastoreados. Sin embargo, cuando las plantas crecen en un medio ambiente agresivo por falta de agua, altas temperaturas y o pastoreos intensos, no solo los rebrotes se producen desde meristemas basales de la corona, lo cual se traduce en la recuperación lenta de las plantas, sino que además puede conducir a una mortandad elevada de plantas (Smith, citado por Carámbula, 1997).

Según Langer (1990) para que una pastura con *Lotus* perdure es necesario someterla a un pastoreo rotativo y para obtener un rendimiento elevado la misma no debe ser pastoreada muy intensamente.

Se encontró que el segundo año de una pastura con *Lotus corniculatus* presento las mayores tasas de crecimiento (42 kg MS/ha/día), presentadas en primavera. Comparando entre estaciones se observa que la ventaja a favor del segundo año fue importante en otoño (Díaz, 1995).

#### *Lotus Pedunculatus* (cv) Grasslands Maku

El *Lotus pedunculatus* cv Grasslands Maku, es un cultivar tetraploide originado en Nueva Zelanda, a partir del cruzamiento de materiales seleccionados en este país, con una línea portuguesa de buen crecimiento invernal. Prospera bien en suelos ácidos, siendo perenne, con habito semi postrado, rizomatoso, con floración indeterminada y baja producción de semillas. Fue introducido al país en la década del '80, junto a numerosas accesiones internacionales de Lotus, para su evaluación en la Estación Experimental La Estanzuela. En esos suelos ligeramente ácidos, fértiles y arcillosos, típicos de los sistemas intensivos del Litoral, no evidencio muy buen comportamiento.

A partir del año 1985, se incluyo en ensayos de evaluación de leguminosas en cobertura, en los trabajos destinados al mejoramiento de campos en suelos sobre cristalino, al centro del país. Con lento desarrollo inicial, su presencia y contribución fueron crecientes. En particular, luego de la sequía del periodo '88-'89, resulto una de de las muy escasas leguminosas incluidas en esos trabajos, que mostró una excelente recuperación a partir de sus rizomas, evidenciando entonces su destacada persistencia (Risso, 1990).

En los primeros años de la década del 90, se había constatado su excelente adaptación a suelos de la Región Este (Carámbula et al., 1994). Dadas estas características, resultaba prioritario evaluar su comportamiento en otras regiones y en mayor escala, requiriéndose disponibilidad de semillas, de este cultivar de uso publico, pero producción controlada en origen.

#### Manejo de implantación de *Lotus Maku*

La implantación es una etapa clave para la mayoría de las leguminosas sembradas en cobertura, a los efectos de lograr mejor mejoramientos productivos y persistentes. Si bien partir de una buena implantación de *Lotus Maku* resulta de indudable importancia para maximizar los aportes de esta leguminosa en el primer año del mejoramiento, este aspecto pierde relativa importancia para la productividad y persistencia futura del mejoramiento.

*Lotus Maku* ha demostrado ser una especie capaz de llegar fácilmente a un segundo año con una excelente cobertura del suelo, luego de una implantación

relativamente deficiente. La capacidad colonizadora de esta especie a través de los años ha sido reconocida por Kaiser y Heath (1990), Risso y Berretta (1996). Este comportamiento se debe a las dos estrategias de colonización que posee la especie. Si no se caracteriza por una especie de abundante producción de semilla, a los efectos de la resiembra es más que suficiente. La segunda y más importante estrategia de colonización es la expansión vegetativa mediante una producción abundante de rizomas. Fines de verano y otoño es el momento del año en que la producción de rizomas es mayor (Sheath 1980, Wedderburn Lowther 1985) por lo que cuando se pretenda favorecer la expansión de esta especie se debe dejar libre al mejoramiento de pastoreo en dicho periodo.

*Lotus Maku* es una especie que posee semillas pequeñas y es de lento establecimiento, por lo que se deberá disminuir la competencia del tapiz natural de alguna manera dependiendo de cada caso en particular. La disminución de esta competencia puede ir desde la eliminación completa del tapiz natural por medio de laboreos convencionales o uso de herbicidas hasta la eliminación parcial por medio de maquinas o pastoreos. Es importante destacar que al segundo año del mejoramiento se tienden a anular las diferencias en el aporte de *Lotus Maku* al mejoramiento según el acondicionamiento del tapiz más recomendable para la realización de mejoramientos de campos con esta especie, en la Región Este, es la reducción de la competencia mediante el pastoreo de acuerdo a las experiencias realizadas en la misma.

En cuanto a la época de siembra, es un factor el cual hay que prestar especial atención dado que un atraso es la misma va a comprometer fundamentalmente el potencial de producción del primer año. La siembra de esta leguminosa debe realizarse temprano en el otoño, unas veces que se asegure una adecuada humedad en el suelo, aprovechando así las condiciones climáticas favorables para el desarrollo y nodulación de las plántulas que se dan en esta estación (Carámbula et al., 1994). De esta manera se va a llegar al invierno con plantas desarrolladas que estarán en una situación favorable para resistir las condiciones ambientales adversas que se dan en esta estación.

En el caso del método de siembra, como ya fue mencionado, esta especie presenta semillas de tamaño pequeño por lo que es importante prevenir que en caso de que la semilla vaya a ser ubicada en profundidad, esta no debe exceder los 1,2 cm. (Blumenthal et al., 1994), debido a que se compromete seriamente la emergencia de las plántulas. Sobre suelo laboreado la siembra se podrá realizar en cobertura o "tapándola" mediante rastras de ramas, cadenas o rodillos. Sobre suelo no laboreado, ya sea con tratamiento previo de herbicida o arrasado, se podrá sembrar en cobertura o en profundidad utilizando maquinas de siembra directa a los efectos de lograr un mejor contacto de la semilla con el suelo.

Para que *Lotus Maku* se establezca con éxito, tenga buena capacidad fijadora de nitrógeno y persista en el tiempo es necesario inocular la semilla con la cepa de rizobio específica para esta especie. No se han detectado para nuestras condiciones problemas de nodulación ni de persistencia de la cepa a través de los años. Es importante destacar que pueden aparecer problemas de implantación atribuibles a mala nodulación en los casos en que existan antecedentes de siembra de *Lotus corniculatus* y *Lotus tenuis* en el potrero, no ocurriendo lo mismo con antecedentes de *Lotus subbliflorus* cv. El Rincón.

#### Manejo de *Lotus Maku* para producción de forraje

*Lotus pedunculatus* presenta una muy buena adaptación a las condiciones ecológicas del país y muy particularmente a las de la región este donde se integra de forma muy exitosa con la vegetación nativa existente. Los estudios realizados por el INIA demuestran su alta capacidad productiva de materia seca en ambientes realmente contrastantes. Ayala y Carambula (1996) realizaron un estudio entre los años 1992 y 1994 en suelos contrastantes, sierras y lomadas, en estas circunstancias este especie se comporto de manera significativamente superior frente a un grupo de cultivares de Lotus común y tréboles blanco y subterráneo. En este trabajo los rendimientos acumulados en el período antes mencionado y en los suelos citados son de 7.023 y 11.105 kg/ha de materia seca respectivamente. Este buen comportamiento también se observo en otras regiones como basalto y cristalino.

En cuanto a la distribución estacional del forraje de *Lotus pedunculatus*, Arrillaga y Coduri (1997) demostraron que esta especie, mediante su cultivar Maku presentó en un período de tres años un pico máximo en primavera, otro de menor magnitud en otoño y bajas producciones en verano e invierno; pero teniendo en cuenta que se trata de una especie de ciclo primavera-estivo-otoñal, época en la que ella produce los mayores rendimientos de materia seca, resulta importante conocer su comportamiento en la época fría de año. En tal sentido, las tasas de crecimiento registradas bajo condiciones de pastoreo durante invierno y parte de primavera, ha mostrado un importante potencial forrajero del *Lotus Maku*, comparable al de otras especies tradicionalmente utilizadas. Con la información disponible se deduce que esta especie hace altos aportes de materia seca en la época otoño-invernal pudiendo superar incluso a especies invernales como trébol blanco con registros de 1680 y 1200 kg/ha, respectivamente, cuando se consideran niveles medios de fertilidad (Risso y Berretta, 1996).

En varios trabajos se ha constatado, que cuando esta especie se maneja con defoliaciones controladas, no solo son muy favorables los rendimientos en materia seca y su distribución estacional, sino que presentan producciones

crecientes a medida que aumenta la edad del mejoramiento. Esta evolución también fue observada por Bemhaja (1996) con adaptaciones a zonas importantes del país y una evolución muy favorable a lo largo de los años.

El tema de la defoliación es muy importante en esta especie, se debe tener en cuenta tanto la ubicación, condición de los puntos de crecimiento activos y el área foliar remanente, así como el estado de las reservas de carbohidratos a lo largo del año. Aquí es importante recordar que los tallos aéreos son parte dominantes del crecimiento cuando se registran días largos, lo que sucede en primavera y temprano en el verano, mientras que el crecimiento de los rizomas se produce fundamentalmente tarde en el verano, durante el otoño y parte del invierno cuando disminuyen las temperaturas, se acorta el fotoperiodo y aumentan las reservas.

#### Manejo del pastoreo

De acuerdo con la información expuesta previamente luego de la ocurrencia de pastoreos frecuentes o severos, que retiran gran parte de la masa aérea, se produce en esta leguminosa un período de transición de lento rebrote. Esto significa que esta especie no debe ser arrasada durante la época de crecimiento activo, debiéndose aplicar manejos, conservadores poco frecuentes y aliviados, dejándose rastros de 3-5 cm. Sin embargo, se debe tener en cuenta que cuando se realicen pastoreos muy aliviados, si bien estos permiten un rebrote más rápido se podrá correr el riesgo de efectuar una mala utilización del forraje producido y se perderá materia seca que se descompondrá en el rastrojo.

Por lo tanto, el manejo de defoliación se efectuara de tal manera que las plantas adopten hábito prostrado y presenten luego de los pastoreos, mayores poblaciones de tallos aéreos productivos en crecimiento. En otras palabras, que las plantas ofrezcan en general un mejor rastrojo para el rebrote. Si bien es cierto que un pastoreo muy intenso en primavera o verano puede ser nefasto promoviendo baja producción y pobre persistencia, también es cierto que un pastoreo muy aliviado es, como se ha expresado, perjudicial para el buen rebrote. Se debe tratar de que en primavera los pastoreos sean racionalmente distanciados (pastoreo controlado, diferido, rotativo) ya que en esta estación las tasas de crecimiento mayores se alcanzan en los estratos superiores. El pastoreo se debe retirar cuando la pastura presenta un remanente de 3-5 cm. De acuerdo a lo expresado, si bien esta especie tolera pastoreos severos, la pastura debería ser manejada rotacionalmente a los efectos de proveer el descanso que necesita, sin acumulaciones excesivas de forraje, a los efectos de alcanzar su máximo potencial de producción.

En cuanto al pastoreo estival, aquí se deben evitar los pastoreos demasiados intensos que dejen rastros pobres y resultan negativos para esta especie, particularmente si esta estación es muy seca. De acuerdo a los conceptos presentados en párrafos anteriores, un buen manejo del pastoreo comprenderá descansos adecuados que limiten las defoliaciones frecuentes y severas a fines de verano y otoño, debiéndose comprender que este es el periodo más crítico para esta especie. En este periodo, se produce una gran competencia entre la formación de rizomas y estolones frente a la formación de tallos, lo cual conduce a un decremento en la producción de materia seca de la parte aérea. Por lo antes expuesto es importante enfatizar que a fines de verano-otoño se debe permitir un descanso de por lo menos 60 días; aprovechando el forraje producido en dicho periodo para cubrir, mediante el diferimiento, la crisis invernal (Arrillaga y Coduri, 1997).

En cuanto a la época más crítica del año, el invierno, aquí esta especie puede ofrecer una aceptable entrega de forraje, en el caso de realizar pastoreos, estos deben ser controlados a los efectos de no afectar demasiado las reservas de carbohidratos solubles totales. Estos, que han sido acumulados durante el otoño particularmente en los rizomas, son las sustancias que permitirán alcanzar una buena iniciación de tallos aéreos temprano en primavera y la consiguiente producción precoz de forraje en esta época.

Cuando se decida efectuar pastoreos en esta estación, se debe comprender que debido a que la cantidad de forraje ofrecida se encuentra en el estrato inferior de la pastura (Arrillaga y Coduri, 1997), el manejo debería apuntar a la mejor utilización del forraje, que no será mucho pero que poseerá gran calidad, sin afectar la persistencia productiva de la pastura.

En resumen se puede decir que si bien *Lotus pedunculatus* es una forrajera con características especiales de manejo, estas difieren poco de las requeridas por *Lotus corniculatus* a excepción de que sus mecanismos de rebrote son menos eficientes que en esta última especie. No obstante, en *Lotus pedunculatus* se debe enfatizar el valor de su elevadísima capacidad colonizadora a través de su destacable habilidad de propagación vegetativa; contrastando con *Lotus corniculatus* cuya multiplicación depende de procesos eficientes de semillazo y reclutamiento de plántulas.

Nunca se debe olvidar que este cultivar basa su persistencia especialmente en su propagación vegetativa y que por lo tanto el manejo de defoliación debe ser siempre dirigido a promover dicho proceso en la forma más eficiente. En cuanto a la persistencia, según Brock et al. (1996) a los efectos de incrementar la persistencia en *L. pedunculatus*, la fase de establecimiento debería considerarse hasta que, no solo haya una buena fijación de nitrógeno, sino

también un buen desarrollo de la raíz pivotante, así como de los rizomas, lo cual se alcanza entre el año y los dos años de sembrada la pastura.

Se puede concluir que la persistencia para esta especie está determinada por el balance entre la aparición y la muerte de estolones y rizomas, proceso inexorablemente afectado por las condiciones ambientales, tanto climáticas como de manejo. Esta especie tiene también una gran resistencia a condiciones ambientales relativamente extremas debido a que sus puntos de crecimiento, ubicados en los estolones y rizomas, se encuentran muy cerca de la superficie del suelo, (arriba o abajo del nivel, según sean estolones o rizomas). Estos se encuentran suficientemente protegidos por la vegetación aérea densa y achaparrada y soportan, tanto diferencias amplias de temperatura y humedad, como altas intensidades de pastoreo y pisoteo. *Lotus Maku* tiene también como otra característica destacable la menor vulnerabilidad al ataque de enfermedades de raíz y corona, aspecto que normalmente determina la corta vida de las plantas en *L. corniculatus*. Para el caso del Maku, si bien persiste vegetativamente, el reclutamiento de plántulas puede ocurrir luego de sequías muy importantes o de inundaciones prolongadas siempre que haya un buen banco de semillas en el suelo (Blumenthal et al., 1994).

#### *Lotus Corniculatus* (cv) san gabriel

El *Lotus corniculatus*, es una leguminosa perenne estival introducida en Uruguay hacia varias décadas, muy adaptadas a suelos de baja y media fertilidad, resistente a la sequía, de alto valor nutritivo, buena persistencia, lo cual lo hace especialmente recomendable para mezclas forrajeras siendo la especie de *Lotus* más sembradas a nivel nacional. Además presenta otras características destacables como un sistema radicular pivotante profundo, la aceptación de pastoreos frecuentes pero poco intensos (Olmos, 2001).

El cultivar San Gabriel es el más ampliamente utilizado, mostrando buenos rendimientos invernales y tempranos en primavera (Carambula, 1977). Pudiéndose decir que esta especie presenta una oferta de forraje a lo largo de todo el año. Otra característica importante es que presenta una incidencia importante de enfermedades de la raíz y corona, provocada por hongos tales como *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani* (Altier, 1998).

#### Época de siembra

En cuanto al manejo de las variables agronómicas de esta especie, la época de siembra es una de las claves del buen comportamiento forrajero de este tipo de Lotus. La época de siembra en el mes de abril coincide en promedio con el momento en que se combinan mejor las variables ambientales con las

climáticas para la instalación de las plantas; en este momento el riesgo de sequía luego del nacimiento de las plántulas es menor y las temperaturas medias no son muy bajas durante el mes siguiente como para detener el crecimiento, en cambio si lo son a partir de los primeros días de junio.

Otro aspecto a considerar es el aprovechamiento del fósforo aplicado a la siembra, porque si el crecimiento es temprano (siembra de abril) la planta lo utilizara rápidamente en los meses siguientes cuando este más disponible. En cambio una siembra mas tardía (fin de mayo-junio) determinara una menor eficiencia por un menor crecimiento de la planta y el fósforo comenzara a ser fijado por el suelo y seria menor la cantidad disponible cuando se instalen las plantas.

El efecto de la época de siembra tiene además implicancias económicas, ya que afectara la forma y el momento de utilización de la pastura. Una pastura sembrada cuando la temperatura media es baja (junio) retardara su crecimiento y probablemente no pueda ser pastoreada antes del primer verano o siendo la producción de forraje en el primer año baja.

La temperatura media en los meses de junio y julio es notoriamente inferior a la de abril, determinando una velocidad de crecimiento menor, a pesar de disponer de un buen balance hídrico. Varios resultados experimentales confirman que cuanto más se atrasa la siembra hacia el inicio del invierno, menor es la cantidad de plantas que se instala dentro de la comunidad vegetal.

#### Densidad de siembra

Cuando se siembran especies forrajeras exóticas en forma convencional, se dan todas las condiciones posibles para lograr una rápida implantación. En estos casos la densidad de siembra es variable dependiendo de la preparación adecuada del suelo, la calidad de la semilla y de su costo.

Las densidades aplicadas por Formoso y Allegri (1980) correspondieron a 6 kg/ha para *Trifolium repens* y 15 kg/ha para *Lotus corniculatus*. Olmos (1991) para siembras asociadas con diferentes cultivos utilizados 2,6 kg de trébol blanco y 10,4 kg de lotus por ha con muy buena producción y persistencia de las leguminosas.

Cuando se utilizan menores densidades en la siembra que las antes mencionadas, la pastura se instalara igualmente, pero deberán extremarse los cuidados en los primeros pastoreos y evaluar la necesidad de permitir una re-siembra natural en el primer año para favorecer una mayor proporción de la leguminosa integrada a la pastura natural el año siguiente.

## Fertilización fosfatada

Una de las principales limitantes de los suelos de la región para la producción de forraje con leguminosas introducidas, es la cantidad de fósforo disponible en el suelo. Prácticamente en ninguna de las unidades de suelo, en condiciones naturales, se encuentran los niveles mínimos (10-12 ppm) propuestos por Castro et al. (1973) para lograr la instalación y persistencia de las leguminosas forrajeras debiendo por tanto realizarse aplicaciones de fosfatos al mismo.

Trabajando con praderas convencionales Arocena et al. (1981) determinaron, sobre brunosoles de la región noreste, una respuesta positiva en la producción de forraje con el incremento de las dosis de fosfatos aplicadas en la siembra hasta 160 unidades, así como a niveles de refertilizaciones anuales de 45 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$ .

En el caso de la siembra de *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel también se puede obtener una instalación de plantas importantes con menores aplicaciones iniciales de fósforo (40 kg  $ha^{-1}$ ), pero la productividad forrajera será menor en el primer año frente a fertilizaciones más altas.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se localiza en el establecimiento "SAN LUIS" de la empresa LOS EUCALIPTOS S.A. (longitud 55° 34' W, latitud 34 ° 42' S). El predio está ubicado en la 8ª sección judicial del paraje Piedras de Afilas en el departamento de Canelones. La forma de acceder al mismo es a través de un camino vecinal en el Km. 70 de la ruta nacional No. 9.

#### 3.2 PERÍODO EXPERIMENTAL

El período experimental se extiende desde 20 de abril de 2007 en que se iniciaron las mediciones en los árboles, hasta la última medición de las alturas de estas llevadas a cabo el 5 de enero de 2008. Los pastoreos previstos fueron realizados los días 9 de noviembre y 3 de diciembre de 2007.

#### 3.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

##### 3.3.1 Topografía y área del experimento

El área experimental tiene una superficie de 5760 m<sup>2</sup>, en un terreno convexo con una pendiente de 6 a 12%.

##### 3.3.2 Suelos dominantes y características

Los suelos dominantes del área experimental corresponden al Gran grupo 4.2 de suelos desaturados lixiviados, Acrisoles. Estos suelos presentan un perfil tipo A/Bt/C, con una fuerte lixiviación de bases y acidificación del perfil. La CIC de la arcilla es menor a 25 meq/100gr. Tienen un muy bajo porcentaje de materia orgánica lo que los hace uno de los suelos menos fértiles del país.

El predio presenta un deterioro de los suelos importantes producto de sus propias características y de las antiguas explotaciones agrícolas – ganaderas, lo que se refleja en una erosión severa y generalizada, en cárcavas y laminas, en gran parte del establecimiento.

Cuadro No. 5: Análisis químico y textural del área experimental

	pH		%	*	**	**	**	**	%	%	%	Tx
	H2o	kcl	M.O	P	K	Ca	Mg	Na	Ar.	Li.	Ac.	
B 1	5.3	4.1	4.1	4	0.7	4.1	2.3	0.32	49	31	20	Fr.
B 2	5.2	4.2	3.5	2	0.4	2.3	1.3	0.26	39	39	22	Fr.
B 3	6.6	5.0	1.6	1	0.8	9.8	5.9	>1.63	20	32	48	Ac.

Fuente: URUGUAY. MGAP. DISA. Laboratorio <sup>1</sup>

\* partes por millón,

\*\* Miliequivalentes por 100 gr. de muestra

Análisis textural: Método Bouyoucos

### 3.3.2.1 Descripción de suelos Coneat

Cuadro No. 6: Descripción de suelos Coneat<sup>1</sup>

Grupo	Índice	Porcentaje
4.2	61	89.81
5.02b	88	6.32
10.7	131	3.87

Fuente: URUGUAY. MGAP. <sup>2</sup>

### Grupo 4.2

Comprende las colinas localizadas al sur de los Dptos. de Rocha y Maldonado, ocupando un área importante en los alrededores de la ciudad de Soca. El relieve es fuertemente ondulado con 4-8% de pendiente con interfluvios convexos y laderas extendidas con afloramientos rocosos muy

<sup>1</sup> URUGUAY. MGAP. DSA. Laboratorio. 2005. Análisis de suelo (sin publicar).

<sup>2</sup> URUGUAY. MGAP. 2007. Análisis de suelo (sin publicar).

escasos. Una característica saliente de esta unidad es la presencia de abundantes cárcavas que se extienden a través de las concavidades del relieve. Los suelos dominantes ocupan, dentro del paisaje, las laderas extendidas y son Argisoles Subéutricos Ocrícos Típicos/Abruptícos, de texturas francas, profundos, de drenaje moderadamente bueno a imperfecto y fertilidad media a baja (Praderas Pardas máximas). En las partes altas fuertemente convexas se desarrollan suelos de menor profundidad y Litosoles. El material madre está constituido por sedimentos limo arcillosos de poco espesor que recubren el basamento cristalino alterado. La vegetación es de pradera, predominantemente invernal, de tapiz denso y algo abierto. El uso actual es pastoril y parcialmente agrícola. Este grupo corresponde a la unidad San Carlos de la carta a escala 1:1.000.000 (D.S.F.).

#### Grupo 5.02b

Es el grupo más importante, ya que ocupa más del 80% de las tierras de esta subzona. Existe repetidamente en los Dptos. de Florida y en el Dpto. de Flores (Puntas del San José) y en el resto de la región definida para la zona 5. El relieve es ondulado y ondulado fuerte, con pendientes modales de 5 a 7%. El material geológico corresponde a litologías variables de rocas predevonianas, como granitos, migmatitas, rocas metamórficas esquistosas (alrededores de Rosario), etc. Los suelos son Brunosoles Subéutricos Háplicos moderadamente profundos y superficiales (Praderas Pardas moderadamente profundas y Regosoles), a los que se asocian Inceptisoles (Litosoles) a veces muy superficiales. El horizonte superior es de color pardo y pardo rojizo, a veces pardo amarillento, de textura franca, franco gravilosa o arenoso franca con gravillas abundantes, la fertilidad es media, a veces baja. La rocosidad es moderada y varía entre un 2 al 10% del área con afloramientos. En toda el área pueden existir bajos angostos, asociados a vías de drenaje de poca importancia, que contienen Gleysoles Lúvicos (Gley húmicos) y Brunosoles Eútricos Típicos o Lúvicos (Praderas Negras y Praderas Pardas máximas), hidromórficas, que contienen muy buenas pasturas estivales. El uso es pastoril. Este grupo corresponde a la unidad San Gabriel-Guaycuru en la carta a escala 1:1.000.000 (D.S.F.).

#### Grupo 10.7

Corresponde a las unidades 1M y 2M del levantamiento de la cuenca de la Laguna Merín y comprende lomadas suaves y fuertes, localizadas entre las colinas cristalinas y la planicie alta de la región. Se distribuye al noreste del Dpto. de Lavalleja, centro-oeste del Departamento de Rocha y sur del Dpto. de Maldonado. El material madre es una lodolita limo arcillosa que recubre con

espesores variables el basamento cristalino. El relieve es ondulado suave a ondulado, con interfluvios ligeramente convexos o aplanados y laderas ligeramente convexas con pendientes de alrededor del 2%. Los suelos dominantes son Brunosoles Subéutricos Lúvicos (Praderas Pardas) y Argisoles Subéutricos Melánicos Abrupticos (Praderas Planosolicas), de color pardo oscuro, textura franca a franco limosa, fertilidad media y drenaje moderadamente bueno a algo imperfecto. Los Brunosoles ocupan las laderas ligeramente convexas, mientras que los Argisoles ocurren en las mismas posiciones o en los interfluvios ligeramente convexos. En los interfluvios aplanados a veces con ojos de agua, se localizan Planosoles Subéutricos Melánicos, de color pardo oscuro, textura franca y drenaje imperfecto. En forma accesoria, en las laderas mas convexas se encuentran Vertisoles aunque en algunas regiones, como la existente en la Ruta 15 entre Lascano y Velásquez, estos suelos se encuentran en mayor proporción dentro de la asociación de suelos. El uso es predominantemente pastoril y de agricultura estival asociada. la vegetación es de pradera con predominio de especies de primavera y verano. Este grupo se corresponde con la unidad Alférez de la carta a escala 1:1.000.000 (D.S.F).

### 3.3.3 Componente forestal

La especie forestal presente en el predio donde se instaló el ensayo es *Eucalyptus globulus ssp globulus*. Se eligió esta especie por ser compatible con las condiciones climáticas del lugar, características de los suelos y la existencia de experiencias en predios cercanos.

La semilla utilizada es proveniente de las plantaciones de *E. globulus ssp globulus* del Parque SALUS en el departamento de Lavalleja. La plantación se realizó en setiembre de 2005, contando al momento de la instalación del ensayo con una edad de 1 año y 8 meses.

El experimento contó con 731 árboles, con un marco de plantación de 1,8 m entre árboles y 4 m entre filas a una densidad de 1366 arb/ha.

No se detectaron problemas sanitarios.

La plantación comprendió las siguientes operaciones:

Subsolado con buldózer, a una profundidad de entre 0.70. a 0.90 metros, durante el verano en surcos de a 4 metros de distancia, siguiendo curvas de nivel. Este subsolado se realizo con el objetivo de mejorar las posibilidades del desarrollo radicular, mejorando las características físicas

del suelo; con el diseño en curvas de nivel se permite una buena acumulación de agua en el perfil.

Laboreos con excéntrica aradora en fajas de aproximadamente 1 metro de ancho sobre el surco subsolado; con el objetivo de controlar las malezas, disminuir la velocidad de escurrimiento y mejorar las posibilidades de captar agua en los surcos subsolados.

Aplicación de herbicida preemergente (Oxifluorfen), en la línea de plantación sobre el surco subsolado, a razón de 3 litros por hectárea, para mantener la faja libre de malezas durante 3 meses.

Aplicación de fertilizante rico en fósforo a razón de 100 a 150 gramos por planta, con el objetivo de lograr en poco tiempo un desarrollo radicular adecuado, para así soportar los rigores del verano.

#### 3.3.4 Especies sembradas, preparación y siembra

La siembra de las especies de leguminosas fue en línea por método de siembra directa. La sembradora tenía 10 surcos a 0,15 m cada uno, con un ancho operativo de 1,5 metros. No se realizó laboreo del suelo en las entre filas realizándose una aplicación de 3lts/ha de Rango 480 SL.

Las especies seleccionadas fueron:

Cuadro No. 7: Descripción de especies sembradas

<b>Especie</b>	<b>Cultivar</b>	<b>Densidad (kg/ha)</b>
<i>Trifolium repens</i>	LE Zapicán	3
<i>Trifolium Pratense</i>	LE 116	10
<i>Lotus Pedunculatus</i>	Grasslands maku	3
<i>Lotus Corniculatus</i>	San Gabriel	12

La semilla de las especies sembradas fue inoculada con su respectiva cepa de rhizobium y peleteada.

El Lotus maku se sembró el 26 de mayo de 2007, al voleo a mano, tratando de lograr una distribución lo más homogénea posible.

La fertilización de todas las parcelas se realizó al momento de la siembra con súper fosfato (0-46-46-0) a razón de 100 Kg. /ha.

Cuadro No. 8: Porcentajes de germinación

<b>Especie</b>	<b>5días</b>	<b>11 días</b>	<b>20 días</b>	<b>% S. duras</b>	<b>% S. muertas</b>	<b>% Hongos</b>
<i>Trifolium pratense</i>	72,5	75	75	8	11	6
<i>Lotus corniculatus</i>	69	74	79	8	11	2
<i>Lotus pedunculatus</i>	53,5	60,5	78	14	8	0
<i>Trifolium repens</i>	88,5	90	90	7	3	0

### 3.3.5 Componente animal

Se realizaron dos pastoreos los días 9 de noviembre y 3 de diciembre de 2007. Cada pastoreo tuvo una duración aproximada de 4 horas, proporcionándole agua en las parcelas. Se pastoreo en cada período con 120 y 100 animales respectivamente de raza Hereford con un peso aproximado de 250 Kg. Los animales entraron a las parcelas con ayuno previo de 12 horas.

Teniendo en cuenta que en Uruguay el peso de una unidad ganadera se toma para animales de 380 kg, y que los animales utilizados en el experimento tenían un peso promedio de 250 kg (250/380), eso llevado a la cantidad de animales que se utilizaron en cada pastoreo, 120 y 100 respectivamente, y estos valores llevados a una hectárea, obtenemos valores de unidades ganadera de 103,8 para el primer pastoreo y 85,5 para el segundo.

Vale la pena destacar que en el caso de este ensayo no se realizo ningún tipo de cálculo de compactación de suelo debido a que las técnicas que se utilizan para este parámetro son complejas, lo que llevara a poner mas énfasis en este tema para estudios posteriores, teniendo en cuenta las cargas, especies sembradas y espontáneas y el tipo de suelo

### 3.4 CARACTERISTICAS DEL EXPERIMENTO

#### 3.4.1 Dimensiones y arreglo del experimento

Figura No. 2: Imagen satelital del área del experimento.



Fuente: Europa Technology (2009)

#### Referencias:

- 1: *Trifolium repens* cv. Zapicán
- 2: *Trifolium pratense* cv. LE 116
- 3: *Lotus Pedunculatus* cv. Maku
- 4: *Lotus Corniculatus* cv. San Gabriel

- B1:** Bloque 1
- B2:** Bloque 2
- B3:** Bloque 3

### 3.4.2 Diseño experimental

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con 3 bloques y 4 tratamientos en parcelas de 1900 m<sup>2</sup> totalizando un área de 0,57 ha. El modelo propuesto para este diseño es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \tau_j + \gamma_k + e_{ijk}$$

$$i = 1, 2, 3, 4$$

$$j = 1, 2, 3,$$

Siendo

Y = variable aleatoria observable

$\mu$  = media de la población conceptual

$\beta_i$  = efecto de i bloque

$\tau_j$  = efecto del tratamiento

$\gamma$  = efecto del periodo de evaluación

e = error experimental

Se realizaron análisis de varianzas según los modelos anteriores. Fue estudiada la tendencia lineal y cuadrática de los tratamientos, agregándose las ecuaciones de regresión cuando fueron significativas. En caso de no ajustar a ningún modelo de regresión se realizaron contrastes de medias por el test de Tukey (LSD).

## 3.5 DETERMINACIONES EN EL CAMPO

### 3.5.1 Determinaciones en los árboles

En los árboles se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) y las alturas de todos los árboles del ensayo, estos datos fueron tomados el 24 de abril de 2007 y el 5 de enero de 2008.

El instrumento para medir el diámetro fue una forcípula con una apreciación de 1 mm y para la estimación de las alturas se utilizó una vara graduada cada 0,50 metros.

### 3.5.2 Determinaciones en las leguminosas

#### 3.5.2.1 Número de plantas por metro cuadrado

Los conteos de plantas para las especies *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* y *Lotus corniculatus*, se realizaron sobre las líneas utilizando una regla de 1m de longitud. En cada parcela y fecha se midieron 12 muestras de un metro localizadas en forma sistemática (Figura 3)

Figura 3: Conteo de plantas para Trébol blanco, rojo y Lotus san gabriel



Los conteos de plantas en *Lotus pedunculatus* se realizaron utilizando un cuadro de 0,3 x 0,3m, subdividido en 9 cuadros de 0,1 x 0,1m. Dentro de cada cuadro de 0,09 m<sup>2</sup> se registro el número de plantas en el cuadro central y en los 4 vértices, completando un área de 0,05m<sup>2</sup> analizada. Se analizaron 16 cuadros por parcela, localizados en forma sistemática (Figura 4).

Figura 4: Conteo de plantas de *Lotus pedunculatus* cv. maku



Tanto las muestras de 1 m lineal como los cuadros mantuvieron su posición fija, de forma que los 2 muestreos subsiguientes se realizaron sobre las mismas áreas de muestreo. Estas determinaciones se realizaron en tres momentos del período experimental, 28/6, 1/09 y 29/9 de 2007.

A partir de los datos registrados se calculó la evolución de la población de plantas por m<sup>2</sup> y el porcentaje de implantación de cada especie.

#### Cálculo de implantación

Se trabajo con los datos promedios de cada parcela en sus respectivas fechas de conteo. Para esta conversión se multiplicó el número de plantas en un metro lineal por el número de surcos de la sembradora cuya distancia entre surco es de 0,10 metros.

No. plantas/m<sup>2</sup> = No. plantas/ metro lineal x 10

Para el *Lotus pedunculatus*, también se trabajo con los promedios de las cuatro tiradas de la cuadrícula subdividida en cinco subcuadrantes tirados por fila para llegar a un número final de plantas en 0,05 m<sup>2</sup>. por fila. Posteriormente

se sumo el número de plantas promedio de las cuatro filas y se paso a plantas /m<sup>2</sup>, en sus respectivas fechas de conteo.

No. plantas / m<sup>2</sup> = No. total de plantas promedio de las 4 filas / 0,09 m

### 3.5.2.2 Determinación del forraje presente pre y pos pastoreo

La técnica empleada fue la de Haydokk y Shaw (1975) comúnmente llamada de doble muestreo. El primer paso a campo consiste en determinar visualmente a campo, cinco escalas de componente verde, tomando como extremos la mayor cantidad de material verde asignándole la escala mayor cinco (5) y la menor cantidad de material verde con la escala uno (1). Posteriormente se selecciono la escala que representa el nivel intermedio entre ambos extremos (3). Una vez definidos los puntos anteriores se determinaron las escalas que representan las disponibilidades de dos (2) y cuatro (4), las cuales son intermedias entre uno (1) y tres (3), y entre tres (3) y cinco (5), respectivamente (Figura 5).

Figura 5: Determinación de escalas del componente verde



Al finalizar con todas las observaciones visuales, se cortó todo el forraje presente en cada uno de los cuadrantes colocados en los puntos de referencia reales pertenecientes a las escalas y los determinados visualmente basados en las escalas ya instaladas en el bloque. Se extrajeron 15 muestras por bloque, es decir 45 muestras pre y post pastoreo. De las 15 de cada bloque, 5 son las reales que se marcaron inicialmente, las restantes 10 son obtenidas visualmente usando como referencias las anteriores. Ese procedimiento de seleccionar escalas reales y visuales fue realizado post pastoreo también, cada cuadrante tenía un tamaño de 30cm x 30cm y se cortó todo el material verde que se encontraba en él, cada corte se realizó hasta los 3 cm del suelo así se simula lo mejor posible el corte del animal en el pastoreo. Cada muestra que fue cortada en el campo fue colocada en bolsas de nylon y debidamente identificada a que bloque, parcela y que especie pertenecía y fue llevada al laboratorio.

Cabe mencionar que dado que las estimaciones se hacen con base en las muestras reales y visuales, el procedimiento empleado se conoce como doble muestreo.

VARIABLES CALCULADAS

#### Primer crecimiento disponible

Se calculo los kg MS/ha disponible previo al primer pastoreo (8/11/07) y remanente (9/11/07) de 15 observaciones de composición botánica del tapiz por parcela, y se trabajo con los promedios de cada variable correspondiente a una especie. El valor de los kg MS/ha obtenidos se corresponde al primer crecimiento de la pastura desde su siembra hasta el momento del pastoreo.

#### Materia seca remanente

Una vez finalizado el primer pastoreo, se volvieron a realizar los mismos cálculos a fin de determinar los kg MS/ha remanentes que el animal no consumió.

#### Segundo crecimiento

Se determino como la diferencia de los kg MS/ha disponibles al momento del segundo pastoreo menos los kg MS/ha remanentes del primer pastoreo.

#### Crecimiento total acumulado

Se calculo como la sumatoria del primer crecimiento más el segundo crecimiento.

#### Desaparecido primer pastoreo

Son los kgMS/ha disponibles del primer pastoreo menos los kg MS/ha remanentes.

#### Desaparecido segundo pastoreo

Son los kgMS/ha disponibles del segundo pastoreo menos los kg MS/ha remanentes

### Desaparecido total

Es la sumatoria de los kg MS/ha desaparecidos en los dos pastoreos.

### Utilización primer pastoreo

Se determino como el porcentaje de los kg MS/ha desaparecidos en relación a los kg MS/ha disponibles al primer pastoreo.

### Utilización segundo pastoreo

Se determino como el porcentaje de los kg MS/ha desaparecidos en relación a los kg MS/ha disponibles al segundo pastoreo.

### Utilización total

Es el porcentaje de los kg MS/ha desaparecidos totales (desaparecido 1er past + desaparecido 2do past) y los kg MS/ha de crecimiento total acumulado.

### Tasa de crecimiento primer pastoreo (kg/ha/día)

Son los kg Ms/ha disponibles al primer pastoreo sobre el total de los día de acumulo (170 días).

### Tasa de crecimiento segundo pastoreo (kg/ha/día)

Son los kg Ms/ha disponibles al segundo pastoreo sobre el total de los día de acumulo (27 días).

### Tasa crecimiento total (kg MS/ha/día)

Son los Kg MS/ha acumulados totales sobre los días totales de acumulo (197 días).

### Promedio disponible

Es el promedio de los kg MS/ha disponibles de ambos pastoreos.

### Promedio remanente

Es el promedio de los kg MS/ha remanentes de ambos pastoreos.

### 3.5.2.3 Determinación de la composición botánica del forraje pre y pos pastoreo

El día anterior a cada pastoreo y posterior al mismo se realizó la determinación de la composición botánica del tapiz del experimento. Se tomaron quince observaciones por parcela establecidas al azar, utilizando un cuadrante de 0,3 x 0,3 metros. En cada observación se determinó visualmente los porcentajes ocupado por leguminosas puras, gramíneas, leguminosas no sembradas y malezas. La sumatoria de estos porcentajes es del 100%. A su vez se determinó la composición del suelo en función al porcentaje ocupado por suelo desnudo, restos secos y restos verdes ocupados en el mismo cuadrante y misma observación.

A cada observación se le asignó su escala correspondiente y se midió la altura al centro del cuadrante del pasto más alto en dicha área.

## 3.6 DETERMINACIONES EN EL LABORATORIO

Los análisis de laboratorio se realizaron en el laboratorio de la Estación Experimental Centro Regional Sur de la Facultad Agronomía. Se determinó la materia seca disponible, remanente y desaparecida. Esto se llevó a cabo luego de cada doble muestreo es decir 10 de noviembre y 4 de diciembre de 2007.

El procedimiento consistió en pesar 45 muestras de forraje cortados previo al pastoreo y 45 muestras cortadas posterior al pastoreo, en cada muestra se identificó el bloque, parcela, escala y especie correspondientes y fueron colocadas en bandejas de aluminio. Se determinó el peso en gramos de cada una de las muestras antes de ser llevadas a estufa durante 48 horas a 65°C. Pasadas las 48 horas se volvió a pesar cada una de las muestras obteniendo por diferencia de peso el contenido de agua de la pastura a efectos de determinar la materia seca (Figuras 7 y 8).

Figura 6: Pesada de muestras en Laboratorio Centro Regional Sur



Figura 7: Secado de muestras de forraje Laboratorio Centro Regional Sur



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

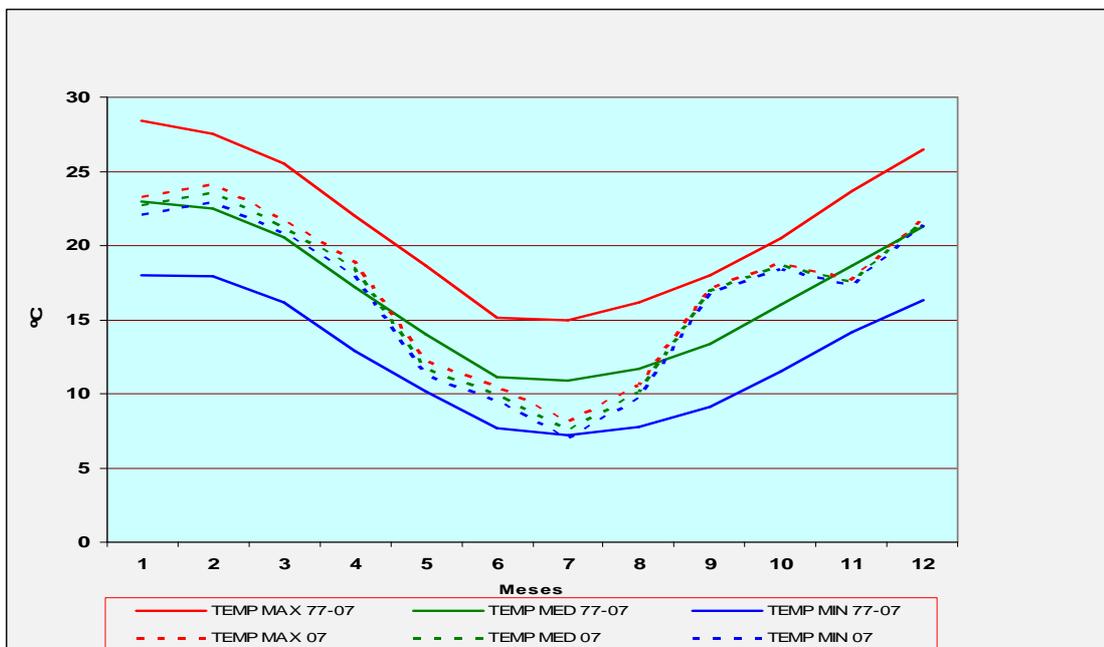
### 4.1 CARACTERÍSTICAS DEL PERIODO DE EVALUACION

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 del agua en el suelo, la temperatura 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 (Corsi, 1978).

#### 4.1.1 Temperatura

Los datos meteorológicos correspondientes a la serie histórica, indican que la temperatura promedio para el Uruguay oscila en torno a 17,5 °C, siendo la máxima promedio de 23,3 °C y la mínima de 11,8 °C ( URUGUAY. MDN. DNM, 2003).

Figura 8: Temperaturas máxima, mínima y promedio histórico nacionales y para el año del ensayo (Extraído de la D.N.M. serie 1977- 2007 y de la estación meteorológica de Empalme Olmos año 2007)



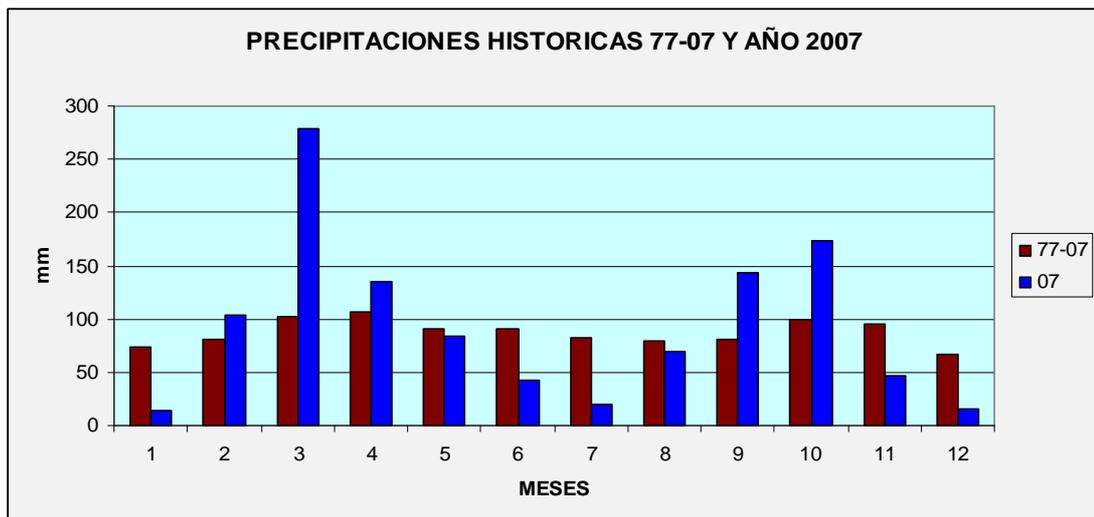
Las temperaturas máximas del período de estudio fueron menores a las máximas históricas, mientras que las temperaturas mínimas se mantuvieron por encima de las mínimas históricas, salvo en los meses de julio que fueron similares.

Durante el período de evaluación (mayo 2007 a diciembre 2007), las temperaturas medias y máximas se ubicaron por debajo de los rangos históricos, observándose entre los meses de mayo y mediados de agosto desviaciones de 7°C y 5°C en las temperaturas máximas y media con respecto a las históricas. La temperatura mínima no registro cambios significativos con la temperatura mínima histórica. Para el período de implantación a partir del mes de mayo, la temperatura fue inferior a la media histórica.

#### 4.1.2 Precipitaciones

La distribución mensual de lluvias no tiene un patrón definido en cuanto a concentración o falta de lluvia en determinados períodos del año, sin embargo como se ve en la figura 10 , existe una concentración de las lluvias en los meses de otoño y primavera (Corsi, 1978).

Figura 9: Precipitación mensual histórica y la registrada durante el período experimental (Extraído de la D.N.M y de la Estación Climática de Empalme Olmos).



Fuente: URUGUAY. MDN. DNM. EMPALME OLMOS (2007)

Durante el año de evaluación se observó una variación importante en el régimen de precipitaciones, lo que no coincide con la serie histórica. Para el año



## 4.2 IMPLANTACIÓN

El cuadro No. 9 presenta los valores de implantación de las especies sembradas, el número de semillas por metro cuadrado y las plantas establecidas a los 37, 70 y 129 días post siembra.

Cuadro No. 9: Número de semillas, plantas establecidas según días de conteo y porcentaje final de implantación a los 129 días post siembra.

Esp.	semilla/m <sup>2</sup>	1er conteo/m <sup>2</sup> 37días	2do conteo/m <sup>2</sup> 70 días	3er conteo/m <sup>2</sup> 129 días	% imp.
LSG	785	336	297	165	21
TB	453	244	160	88	19
TR	450	450	292	172	38
LM	408	591	540	347	85

La especie que presentó mayor porcentaje de implantación fue el trébol rojo, la cual superó el doble al trébol blanco y es también considerablemente mayor al Lotus San Gabriel. La causa es debida al tamaño de la semilla, mayor en trébol rojo y a que esta presenta mayor vigor inicial que el trébol blanco y Lotus san Gabriel. Para el caso del género Lotus, el cultivar San Gabriel presentó un porcentaje de implantación similar al trébol blanco.

El Lotus maku registro un valor de porcentaje de implantación muy superior al resto de las especies, este resultado no concuerda con el número original de semillas por metro cuadrado. Esta diferencia se debe a que esta especie fue sembrada al voleo a mano ocasionado una distribución heterogénea quedando en bandas de mayor y menor densidad a la estipulada originalmente (Figura 12).

Figura 11: Implantación *Lotus pedunculatus* cv. Maku



El valor promedio de implantación obtenido en el experimento para el trébol blanco fue menor que el registrado por Acle et al. (2004), siendo este del 28% bajo condiciones de campo natural en la E.E.M.A.C., sembrada al voleo a fines de junio de 2002.

Según Alvez et al. (1997) en suelos brunosoles pocos profundos, obtuvo un valor de implantación en cobertura del 35% sembrada al voleo a fines de mayo, Clemente et al. (2000) encontró en cobertura sobre suelos de basalto profundo, un establecimiento del 23%, sembrado al voleo a fines de mayo del 2000.

Estas diferencias pueden explicarse por el método de siembra dado que el experimento fue sembrado en línea a una profundidad mayor a la sembrada al voleo, causando mayor dificultad de establecimiento por mayor competencia con las malezas.

En nuestro estudio el porcentaje de implantación que obtuvo *Trifolium pratense* cv. LE 116 en promedio fue 38%. El valor promedio obtenido fue mayor a los revisados por González et al. (1999) de la bibliografía nacional,

siendo de 28,8% y 41% siendo este último valor el más similar al obtenido en el experimento.

Estudios realizados por Formoso (1996) señalan un valor de implantación a los 6 mm de profundidad de siembra del 45%.

Las discrepancias encontradas en los porcentajes de implantación pueden deberse a la profundidad de siembra, en el experimento esta fue de aproximadamente 1,5 cm de profundidad. Esta profundidad no es la adecuada para un buen establecimiento, provocando una mayor competencia con malezas y gramíneas no sembradas.

Hermes (2002), en ensayos de engorde de vacunos con *Lotus maku* sobre basalto y cretácico, reportó un porcentaje de implantación del 52,4%, sembrado en cobertura y al voleo. Arias et al. (2001) sobre basalto profundo bajo pastoreo controlado registró valores promedios de implantación en cobertura del 8,2 a 32% a los 115 días post siembra en el mes de junio de 1998. Este autor señala que el año del ensayo registró una marcada superioridad en las precipitaciones comparado con el promedio histórico (1961-1990).

El valor de establecimiento promedio obtenido en el ensayo de *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel fue del 21%, muy por debajo al reportado por Aclé et al.; (2004) siendo del orden del 52% bajo condiciones de campo natural en la E.E.M.A.C., sembrado al voleo a fines de julio de 2002.

González et al. (2003) en renovación de mejoramientos de campo sobre argisoles subeutricos en la zona este, alcanzó establecimientos de 29% sobre cobertura a fines de mayo de 1996, este valor de implantación fue obtenido bajo condiciones climáticas de exceso de precipitación y temperaturas acordes al promedio histórico.

Las diferencias encontradas con estos autores puede deberse a las condiciones climáticas, al momento de la siembra del experimento se registraron temperaturas mínimas más bajas y precipitaciones muy por debajo del promedio histórico. Dichas variables climáticas provocan problemas de distribución y establecimiento.

Otra hipótesis que puede explicar las diferencias en los porcentajes de implantación son el método siembra y la profundidad de la misma, al sembrarse en línea las semillas quedan a mayor profundidad con respecto a la siembra al voleo, causando mayor dificultad de emergencia de las plántulas.

En términos generales los valores obtenidos son buenos en comparación con datos a campo, es mas hasta se encontró valores altos de implantación lo que refuerza la teoría que el sombreado genera protección en esas etapas de las pasturas quedando para análisis posteriores el verdadero valor del sombreado.

#### 4.3 PRODUCCION DE FORRAJE

A continuación se presenta la información correspondiente a la composición botánica del forraje disponible y remanente, producción de materia seca, materia seca desaparecida, tasa de crecimiento, porcentaje de utilización, por período de pastoreo y total del período evaluado.

##### 4.3.1 Producción de Materia Seca

En el cuadro No. 10 se presentan los kg. /ha promedio de Materia Seca, disponible, remanente, desaparecido y su porcentaje de utilización para el primer y segundo pastoreo efectuados los días 9/11 y 3/12/07 respectivamente.

Cuadro No. 10: Kg. /ha de Materia Seca Total del forraje disponible, remanente, desaparecido y utilización en porcentaje por periodo

Variable		Kg./ha de Materia Seca Total						
Fecha 1	Esp.	Disponible		Remanente		Desaparecido		% Uti
		LSG	385	A	239	A	146	A
	TB	624	A	297	A	327	A	52 A
	TR	465	A	225	A	240	A	51 A
	LM	503	A	235	A	266	A	53 A
Fecha 2	LSG	514	A B	394	A	121	A	23 A
	TB	626	A	441	A	185	A	29 A
	TR	453	B	354	A	99	A	22 A
	LM	440	A B	334	A	106	A	24 A

Medias con letras distintas de una misma columna para cada variable son significativamente diferentes entre si ( $P < 0,05$ ).

Tanto la disponibilidad de Materia Seca Total, remanente, desaparecida y porcentaje de utilización no presentaron diferencias significativas para el primer período.

Para Lotus San Gabriel, si bien no mostró diferencias significativas para los Kg. /ha disponibles de Materia Seca, fue la especie que menor rendimiento registro, lo mismo ocurrió para la variable kg. /ha de Materia Seca desaparecida y su porcentaje de utilización.

En el segundo período el análisis de varianza arrojó diferencias significativas en los kg. de Materia Seca Total disponible entre trébol blanco y trébol rojo, a su vez no se evidenció diferencias entre las especies del genero Lotus y Trifolium. Para el resto de las variables tampoco mostraron diferencias significativas.

En cuanto al porcentaje de utilización, los resultados muestran que en el primer pastoreo fueron mayores que en el segundo pastoreo a pesar de no diferir significativamente.

Estas diferencias pueden deberse a que en el segundo pastoreo las pasturas estaban bajo condiciones climáticas adversas como ser déficit hídrico y muy altas temperatura, reflejándose en una menor calidad de forraje y poco apetecible para los animales debido al estrés hídrico que se vivía en el momento del pastoreo.

#### 4.3.2 Producción de Materia Seca de leguminosa

Cuadro No. 11: Kg. / ha de Materia Seca de Leguminosa disponible, remanente, desaparecido y utilización en porcentaje para los dos períodos.

Variable		Kg. Leguminosa/ha							
	Especie	Disp.		Rmte.		Desap.		% Utilización	
	Fecha 1	LSG	44	A	16	A	28	A	64
TB		19	A	3	A	16	A	84	A
TR		54	A	11	A	46	A	85	A
LM		112	A	37	A	75	A	67	A
Fecha 2	LSG	38	A	11	A	23	A	61	A
	TB	23	A	21	A	3	A	13	A
	TR	28	A	17	A	11	A	39	A
	LM	82	A	25	A	57	A	70	A
Promedio	LSG	41	A	14	A	25	A	63	A
	TB	21	A	12	A	9	A	49	A
	TR	41	A	14	A	28	A	62	A
	LM	97	A	31	A	66	A	68	A

Medias con letras distintas de una misma columna para cada variable son significativamente diferentes entre si ( $P < 0,05$ ).

Para la componente leguminosa el análisis de varianza mostró que no existieron diferencias significativas para ninguna de las variables analizadas en ambos períodos.

A pesar de observar en el primer período un amplio rango de disponibilidad de forraje (19 a 112 kg. de leguminosa/ha) las especies no muestran diferencias significativas debido a la variabilidad de la información que se refleja en un CV del 63%.

Se puede observar que aunque no fueron significativas las diferencias, el trébol blanco mostró una tendencia a menores disponibilidades de materia seca en ambos períodos. Una causa para este resultado puede ser el lento

crecimiento y las dificultades de establecimiento que esta especie posee. Para el primer período la especie de mayor utilización se dio en las especies de Trifolium. No así para el segundo período.

Si bien las diferencias entre tratamientos no permiten concluir sobre las razones por las cuales la utilización de los tréboles blanco en el segundo período es menor, algunas posibles explicaciones pueden ser: menor carga animal de pastoreo en el segundo período (85,5 UG vs 110 UG); menor calidad de la pastura por efecto del déficit hídrico; disponibilidad real, que los animales realmente tuvieron poco forraje disponible.

En cuanto a Lotus maku, esta especie fue la que mayor rendimiento tuvo dentro de la fracción leguminosa para ambos períodos y un mayor porcentaje de utilización. Estos resultados pueden explicarse debido a que esta leguminosa fue sembrada al voleo determinando una distribución más concentrada con menor competencia entre plántulas permitiendo una buena emergencia, y mejor competencia con las malezas.

#### 4.3.3 Producción de Materia Seca de gramíneas

Cuadro No. 12: Kg. / ha de Materia Seca de gramíneas no sembrada disponible, remanente, desaparecido y utilización en porcentaje para los dos períodos.

Variable		Kg Gramínea/ha							
	Esp ecie	Disponible		Remanente		Desapareci do		% Utilización	
F1	LSG	140	B	79	A	61	A	44	A
	TB	366	A	137	A	229	A	63	A
	TR	210	A B	79	A	131	A	62	A
	LM	230	A B	85	A	144	A	63	A
F2	LSG	181	A	139	A	42	A B	23	A B
	TB	333	A	200	A	134	A	40	A
	TR	159	A	109	A	50	A B	31	A B
	LM	131	A	115	A	18	B	14	B
Pr.	LSG	160	B	109	A	51	A	33	A
	TB	349	B	168	A	181	A B	51	A
	TR	184	A	94	A	90	A	46	A
	LM	180	B	142	A	81	A	38	A

Medias con letras distintas de una misma columna para cada variable son significativamente diferentes entre si ( $P < 0,05$ ).

El trébol blanco mostró una mayor cantidad de kg / ha de Materia Seca de gramíneas disponibles frente al resto de las especies, presentando diferencias significativas únicamente con Lotus san Gabriel. Esto se explica por el lento crecimiento inicial del trébol blanco permitiendo el desarrollo de gramíneas no sembradas (Figura 13).

Para el resto de las variables el análisis de varianza no detectó diferencias entre ellas.

En el segundo período se encontró diferencias en las variables kg /ha de MS de gramínea desaparecida y porcentaje de utilización entre trébol blanco y Lotus Maku.

Analizando en conjunto con el cuadro anterior, se observa que el Lotus Maku tiene un mayor porcentaje de utilización, mayor cantidad kg/ha de materia seca disponible de leguminosa y menos kg/ha de materia seca de gramínea disponible como así mismo un menor porcentaje de utilización con respecto al trébol blanco. Esto muestra que el Lotus Maku fue más competitivo con las gramíneas y apetecible por el ganado.

Figura 12: Presencia de gramíneas no sembradas en parcelas de trébol blanco



#### 4.3.4 Producción de Materia Seca de malezas

Cuadro No. 13: Kg. / ha de Malezas disponible, remanente, desaparecido y utilización en porcentaje para los dos períodos.

Variable		Kg./ha de Malezas							
	Especie	Disponible		Remanente		Desaparecido		% Utilización	
	Fecha 1	LSG	90	A B	49	A	41	A	46
TB		109	A	44	A	65	A	60	A
TR		89	A B	67	A	23	A	26	A
LM		72	B	43	A	29	A	40	A
Fecha 2	LSG	69	A	57	A	13	A	19	A
	TB	92	A	53	A	39	A	42	A
	TR	84	A	66	A	18	A	21	A
	LM	50	A	27	A	0	A	0	A
Promedio	LSG	79	B	53	A	27	A	32	A
	TB	100	A	48	A	52	A	51	A
	TR	173	B	66	A	20	A	23	A
	LM	61	C	35	A	14	A	20	A

Medias con letras distintas de una misma columna para cada variable son significativamente diferentes entre si ( $P < 0,05$ ).

El cuadro No. 13 nos muestra diferencias significativas en kg/ha de malezas disponibles para el primer período entre trébol blanco y lotus maku, esto es debido a dificultades de establecimiento del trébol blanco ya que compete peor con la maleza. En las demás variables de ese período no se registraron diferencias significativas. En el segundo período no se evidenciaron diferencias entre variables para las especies en estudio.

En ambas fechas el cuadro indica que los kg/ha de maleza disponible de lotus maku fue la menor, esto se puede explicar que su siembra se realizó al voleo obteniendo una distribución más homogénea en relación a las otras especies, las cuales fueron sembradas en línea.

Para los kg. /ha de restos secos no se encontraron diferencias significativas para la variable disponible, remanente, desaparecido y porcentaje de utilización

tanto en el primer como segundo período. Se destaca que los kg/ha de resto secos remanente en la fecha 2 son casi un 100% mayores que los kg/ha de la fecha 1, esto puede ser atribuido al estado fenológico de la pastura y del déficit hídrico presentado correspondiente a ese período.

Para la variable kg/ha de Materia Seca de Leguminosa No Sembrada disponible, remanente, desaparecida, porcentaje de utilización, crecimiento y tasa de crecimiento no se tomaron en cuenta los datos obtenidos por ser insignificantes a la hora de su análisis.

#### 4.3.5 Producción de Materia Seca total y acumulada

Cuadro No. 14: Producción de MS en kg. /ha y utilización en porcentaje de la Materia Seca Total por periodo y total acumulado.

Variable		Kg/ha MS Total			
Fecha 1	Especie	Producción		Utilización %	
		LSG	385	A	38
	TB	624	A	52	A
	TR	465	A	51	A
	LM	503	A	53	A
Fecha 2	LSG	276	A	44	A
	TB	329	A	56	A
	TR	228	A	43	A
	LM	205	A	52	A
Acumulado	LSG	661	A	40	A
	TB	953	A	54	A
	TR	693	A	49	A
	LM	706	A	53	A

Medias con letras distintas de una misma columna para cada variable son significativamente diferentes entre si ( $P < 0,05$ ).

El cuadro nos indica que no se encontraron diferencias significativas en producción expresada como kg. /ha MS total y en porcentaje de utilización para ninguno de los dos períodos ni para el total acumulado.

A pesar de no presentar diferencias estadísticas en la variable producción, esta presenta un rango amplio que va de 385 a 624 kg/ha MS total para el primer periodo, 205 a 329 para el segundo y 661 a 953 para el total acumulado. Estas diferencias son debidas a la variabilidad en la obtención de datos.

En la variable porcentaje de utilización no se observan amplitud en los rangos de utilización debido al bajo coeficiente de variación que es del 22%.

*Lotus Corniculatus* cv San Gabriel obtuvo una producción de 661 kg MS Total acumulado/ha. En comparación con los rendimientos obtenidos por convenio INASE - INIA en los años 2007, 2006 y 2005, fueron 3086, 6046 y 4103 kg/ha MS Total respectivamente. Esto demuestra que nuestra baja producción concuerda con los menores rendimientos de INASE con respecto al año 2007, esto se explica por las malas condiciones del año de referencia en cuanto a dificultades y métodos de siembra, excesos de precipitaciones, temperatura por debajo del promedio histórico y una primavera verano presentando un prolongado déficit hídrico.

Datos obtenidos por Del Pino (1995), estudiando la respuesta de la producción animal al mejoramiento de campo natural con niveles de medio y alto de fósforo y *Lotus corniculatus* registró una producción de 2817 y 3809 kg de MS/ha respectivamente.

*Lotus pedunculatus* cv. Maku, mostró un rendimiento de 706 kg MS total acumulado/ha para el año del experimento, esto demuestra que comparado con los rendimientos alcanzados por INASE – INIA fue sensiblemente menor registrando para los años 2007, 2006 y 2005 rendimientos de 2324, 2259 y 2609 kg MS total/ha.

De acuerdo a datos obtenidos por INIA Treinta y Tres (2003) obtuvo rendimientos superiores para el primer año de 1908 kg. MS total /ha.

*Trifolium repens* cv. LE zapicán rindió 953 kg. MS total acumulada/ha siendo muy inferior a rendimientos reportados por convenio INASE – INIA para el año 2007 con 2111 kg. MS total acumulada /ha, como así mismo son inferiores a los publicados por Cazzuli et al. (2004) en Engorde de corderos pesados sobre mejoramiento de campo con trébol blanco obtuvieron 2552 kg MS total/ha.

De acuerdo a Silveira (2005), registro rendimientos de 7865 y 6986 kg MS total /ha para los años 2003 y 2004 respectivamente.

Los resultados del ensayo para *Trifolium pratense* cv. LE 116 indican un rendimiento de 693 kg MS acumulada/ha. Resultados disímiles a los obtenidos

en este estudio son los reportados por convenio INASE – INIA para el mismo año del ensayo reportaron rendimiento de 5015 kg MS total/ha, para los años anteriores 2006, 2005, y 2004 estos fueron de 9207, 9081 y 5086 kg MS total/ha respectivamente.

Hay que mencionar el deshoje que había al momento de la siembra debido a mycosphaerella lo que provoco un colchón de hojarasca seca lo que puedo provocar dificultades en la llegada de luz al tapiz.

#### 4.3.6. Comparación volumétrica

A continuación se presenta los datos volumétricos de los árboles dentro de las parcelas del experimento.

Cuadro No. 15: Volumen promedio (m<sup>3</sup>/ha) al inicio del ensayo (24/04/07).

Especie	Altura (m)	DAP (m)	Vol (m <sup>3</sup> /ha)
Lotus San Gabriel	6,4	0,072	0,64
Trébol blanco	6,4	0,072	0,65
Trébol rojo	6,3	0,070	0,62
Lotus Maku	6,2	0,067	0,55
Total	6,32	0,07	2,46

Cuadro No. 16: Volumen promedio (m<sup>3</sup>/ha) al final del ensayo (05/01/08).

Especie	Altura (m)	DAP (m)	Vol (m <sup>3</sup> /ha)
Lotus San Gabriel	8,3	0,088	1,27
Trébol blanco	8,06	0,09	1,39
Trébol rojo	8,03	0,09	1,27
Lotus Maku	7,8	0,083	1,08
Total	8,04	0,087	5,01

Cuadro No. 17: Volumen promedio (m<sup>3</sup>/ha) del período del ensayo.

Especie	Altura (m)	DAP (m)	Vol (m <sup>3</sup> /ha)
Lotus San Gabriel	1,9	0,016	0,6
Trébol blanco	1,7	0,016	0,7
Trébol rojo	1,7	0,016	0,7
Lotus Maku	1,6	0,016	0,5
Total			2,55

El volumen obtenido en el experimento fue de 5,01 m<sup>3</sup>/ha, siendo este inferior al reportado por Ravera (2002), de 9,46 m<sup>3</sup>/ha en *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* a los dos años de edad en laderas media del Departamento de Lavalleja, bajo suelos del grupo 2.12 predominantemente Brunosoles.

Esta diferencia puede estar debida al tipo de suelo dado que los brunosoles presentan mejores características físicas teniendo mejor relación sitio especie.

## 5. CONCLUSIONES

Las condiciones climáticas del año del experimento no permiten concluir con precisión cual es el efecto causado por la presencia del componente forestal sobre el rendimiento de las especies seleccionadas.

Los rendimientos obtenidos en las especies sembradas son atípicos por ser extremadamente bajos requiriendo de más estudios.

La implantación mostró rangos acordes a la bibliografía citada.

La producción de materia seca acumulada no mostró diferencias entre especies.

No se puede concluir con precisión que el componente forrajero interfiera en el incremento volumétrico de los árboles, requiriendo de posteriores experimentos.

En un futuro al repetir este experimento se deberían tener densidades del rodal menores, que no sean comerciales, realizar una adecuada medición del sombreado y también de la compactación del suelo.

## 6. RESUMEN

La instalación de cuatro leguminosas forrajeras bajo sombra de *Eucalyptus globulus ssp globulus* (*Trifolium pratense* Var. E. 116, *Trifolium repens* Var. Zapicán, *Lotus corniculatus* Var. San Gabriel y *Lotus pedunculatus* Var. Maku.) fue estudiada a lo largo del año 2007 en el Establecimiento Los Eucalyptus en el Dpto de Canelones, dicha instalación mediante siembra directa, excepto el Maku, se realizó en el mes de mayo de ese año. El ensayo fue sometido a dos pastoreos en los meses de noviembre y diciembre. La producción acumulada de materia seca de las leguminosas para el año del experimento fue, 661 kg/MS/ha para *Lotus corniculatus* Var. San Gabriel, 953 kg/MS/ha de *Trifolium repens* Var. Zapicán, 693 kg/MS/ha *Trifolium pratense* Var. E. 116 y 706 kg/MS/ha de *Lotus pedunculatus* Var. Maku. Se concluyó que no hubo diferencias significativas en los resultados de producción. En cuanto a la implantación de las pasturas, el *Trifolium pratense* Var. E. 116 fue el que presentó mayor porcentaje de implantación, a pesar de no presentar diferencias significativas con las demás especies. El *Lotus pedunculatus* Var. Maku no fue tomado en cuenta debido a su forma de siembra al voleo que produjo una sobre estimación del conteo. El rendimiento volumétrico del componente forestal del ensayo fue de 5,01 m<sup>3</sup>/ha. Se puede concluir con este ensayo que no es posible determinar el real efecto que produce el componente forestal sobre el rendimiento de las especies debido a que las condiciones climáticas del año del experimento no fueron las ideales.

Palabras clave: Eucalyptus; Pastoreo; Leguminosas, Materia seca.

## 7. SUMMARY

Establishment and DM yield of four forage leguminous under shade of *Eucalyptus globulus ssp globulus* (*Trifolium pratense* var. E. 116, *Trifolium repens* var. Zapicán, *Lotus corniculatus* var. San Gabriel and *Lotus pedunculatus* var. Maku.) was studied during the year 2007 in “Los Eucalyptus” farm in the Dpto of Canelones. The establishment was by broadcast sowing, except for Maku, in May of that year. The trial was subjected to two grazing periods in November and December. Accumulated production of dry matter of leguminous for the year of the experiment was, 661 kg/DM/ha for *L. corniculatus* Var. San Gabriel, 953 kg/DM/ha of *T. repens* Var. Zapicán, 693 kg/DM/ha *T. pratense* Var. E. 116 and 706 kg/DM/ha of *L. pedunculatus* Var. Maku. Main conclusions are that there were not significant statistical differences in the production results. As for the installation of the pastures, *T. pratense* Var. E. 116 was the one that presented bigger percentage, in spite of not presenting significant differences with the other species. *L. pedunculatus* var. Maku was not taken into account due to its sowing form at random that produced overrating of the count. Volume yield of the forest component in the trial was 5,01 m<sup>3</sup>/ha. We can conclude with this test that it is not possible to determine the real effect that produces the forest component on the yield of the species because the climatic conditions of the year of the experiment were not ideal.

Keyword: Eucalyptus; Grazing; Leguminous; Dry matter.

## 8. BIBLIOGRAFIA

1. ACLE, F.; CLEMENT, G. 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 segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 75 p.
2. ADAM, S.N. 1975. Sheep and cattle grazing in forest; a review. The Journal of Applied Ecology (Oxford). 12 (1):143-152.
3. ALONSO, P.H.; PUERTO, M.A. 1979. Efecto del arbolado sobre el suelo de diversas comunidades de pastizal. Anuario del Centro de Edafología y Biología Aplicada (C.S.I.C.). 5: 263-277.
4. ALTIER, N. 1990. Enfermedades en especies forrajeras. In: Seminario Nacional de Campo Natural (2º, 1990, Tacuar embó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 283-284.
5. ALVEZ, P.; TREGLIA, M. V. 1997. Implantación de leguminosas en cobertura bajo diferentes frecuencias de pastoreo en basalto. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 68 p.
6. AMUNDSON, R.G.; BELSKY, A.J. 1992. Effects of trees on understorey vegetation and soils at forest/savanna boundaries in East Africa. In: Furley, P.A.; Proctor, J. eds. The nature and dynamics of forest-savanna boundaries. New York, Cornell University. pp. 154-160.
7. ANDERSON, L.S.; SINCLAIR, F.L. 1993. Ecological interactions in Agroforestry systems. Agroforestry Abstracts. 54 (6):489-523.
8. ANDERSON, G. W.; BATINI, F. E. 1984. Pasture, sheep and timber production from agroforestry system in a mid-rotation stand of *Pinus pinaster* with that from open pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry (East Melbourne). 3 (24): 529-534.
9. ANDRADE, C. M.; VALENTIN, J. F. 1997. Adaptacao, produtividade e persistencia de *Acharis pintoii* submetido a diferentes niveis de sombreamento, no Acre. In: Reuniao Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (3º, 1998, Juiz de Fora). Trabalhos apresentados. Sao Paulo, Editorial de Sao Paulo. pp. 341-344.

10. ARIAS, R.; POPERAN, J. 2001. Evaluación de implantación en siembra en cobertura de cultivos de trébol blanco y Lotus en suelo profundo de basalto bajo pastoreo controlado. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 75 p.
11. ARRILLAGA, I.; CODURI, G. 1997. Manejo de defoliación de *Lotus pedunculatus* cv. Maku. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 70 p.
12. AYALA, W. 1996. Regeneration strategies of *Lotus corniculatus* internal assignment. In: Applied Plant Ecology Course (1<sup>a</sup>, 1993, Auckland). The Importance of *Lotus corniculatus*. New Zealand Journal of Agricultural Research. 41: 17-25.
13. BACON, C. 1993. Abiotic stress tolerance (moisture, nutrients) and photosynthesis in endophyte-infected tall fescue. Agriculture, Ecosystems and Environments. 44: 123-142.
14. BAILEY, J.S.; LAIDLAW, A.S. 1998. Growth and development of white clover (*Trifolium repens*. L.) as influenced by P y K nutrition. Annals of Botany. 81 (6): 783-786.
15. BEER, J.; LUCAS, C.; KAPP, G. 1994. Reforestación con sistemas agrosilviculturales permanentes vs. plantaciones puras. Agroforestería en las Américas. 1 (3):21-25.
16. BELSKY, A.J. 1992. Effects of trees on nutritional quality of understorey Gramineous forage in tropical savannas. Tropical Grasslands. 5 (26):12- 60.
17. BEMHAJA, M. 1998. Mejoramiento de campo en Basalto. In: Risso, D.; Berreta, E.; Moron, A. eds. Producción de manejo y pasturas. Montevideo, INIA. pp. 131-240 (Serie Técnica no. 80).
18. BEUSELINCK, P.R.; PETERS, E.J.; Mc. GRAW, R.L. 1984. Cultivar and management effects on stand persistence of birdsfoot trefoil. Agronomy Journal. 4 (76): 490-492.
19. BLUMENTHAL, M.J.; ISON, R. 1994a. Plant population dynamics in subterranean clover and murex medic swards. I. Size y composition of the seed bank. Australian Journal of Agricultural Research. 2 (4):455-502.

20. \_\_\_\_\_.; M.J; KELIMAN, W.J.; LOWTHER, W.L.; WIDUPP, K.A.  
1994b. The use and management effects of stand persistence of birdsfoot trefoil. *Agronomy Journal*. 76: 49-492.
21. BOLOGNA, J. 1996. Studies on strategies for perennial legume persistence in lowland pastures. Thesis on Master of Agricultural Sciences. Canterbury, New Zealand. Lincoln University. 220 p.
22. BOREL, R. 1987. Interacciones en sistemas agroforestales hombre-árbol- cultivo- animal. *In: Seminario realizado en el CATIE (2º, 1987, San José). Trabajos presentados. Turrialba, CATIE. pp. 77-89.*
23. BROCK, J.L.; HAY, M.J.; WOODFIELD, D.R. 1996. A review of the role of grazing management on the growth and performance of white clover cultivars in Lowland New Zealand pastures in white clover. Thesis on Master of Agricultural Sciences. Canterbury, New Zealand. Lincoln University. 180 p.
24. BRONSTEIN, G. 1983. Los árboles en la producción de pastos. *In: Curso Intensivo sobre Técnicas Agroforestales (2º, 1983, San José). Trabajos presentados. Turrialba, CATIE. pp. 5-7.*
25. BROUGHMAN, R.W. 1963. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pastures. *Australian Journal of Agricultural Research*. 7 (3): 377-987.
26. BRYANT, H.T.; BLASER, R. E. 1961. Yields and stands of orchardgrass compared under clipping and grazing intensities. *Agronomy Journal*. 53: 9-11.
27. BUDOWSKY, G. 1981. Aplicabilidad de los sistemas agroforestales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 8 p.
28. CALDER, I.R. 1992. Hydrologic effects of land-use change. *In: David, R. ed. Handbook of hydrology. London, McGraw-Hill. pp. 56-75.*
29. CARADUS, J. 1980. Distinguishing between grass and legume species for efficiency of phosphorus use. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 6 (23):75–81.
30. CARAMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. v. 2, 464 p.

31. \_\_\_\_\_. 1994. Siembra de mejoramientos en cobertura. Montevideo, INIA. 20 p. (Boletín de Divulgación no. 46).
32. \_\_\_\_\_. 1996. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. v. 3, 357 p.
33. CASTRO, E.; GONZALEZ, J.; GUTIERREZ, A.; MENDOZA, N.; MORALES, R. 1973. Proyecto regional en la zona de basalto. La Estanzuela, INIA. pp. 1-32 (Boletín de Divulgación no. 37).
34. CENTENO, G. 1965. Comportamiento de variedades de Trébol blanco (*Trifolium repens*) y de Lotus (*Lotus corniculatus*) bajo distintas frecuencias de pastoreo. M.S. Tesis La Estanzuela, Uruguay. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 173 p.
35. CLARKSON, D.T.; WARNER, A.J. 1969. Relationships between root temperature on the transport of ammonium nitrate ions by Italian and perennial ryegrasses. *Plant Physiology*. 64: 557-561.
36. CLEMENTE, R.; GUTIERREZ, J. P. 2000. Dinámica poblacional y persistencia. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 72 p.
37. COMBE, J. 1979. Conceptos sobre la investigación de técnicas agroforestales en el CATIE. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 20 p.
38. CONO SUR-ZONA CAMPOS. Leguminosas sembradas en coberturas sobre suelos de basalto profundo. Mercedes, Prov. Corrientes, Argentina, INTA. 9 p.
39. CORNEJO, E.R.; GANDARA, W.J. 1980 Influencia de la estrata arbustiva en la productividad de la estrata herbácea de la estepa *Acacia caven* (Mol.) Hook et. Arn. Tesis Ingeniero Forestal. Santiago de Chile, Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 91 p.
40. CORSI, W. 1978. Clima. *Miscelánea CIAAB*. no. 18: 255-266.
41. COUTO, L.; ROTA, R.L.; BETTERS, D.R.; GARCIA, R.; ALMEIDA, J.C.C. 1994. Cattle and sheep in eucalypt plantations; a silvipastoral alternative in Minas Gerais, Brazil. *Agroforestry Systems*. 25:173-185.

42. CUNNINGHAM, P.; FOOT, J.; REED, K. 1993. Perennial ryegrass (*Lolium perenne*) endophyte (*Acremonium lolli*) relationships; the Australian Experience. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 44: 157-168.
43. DELGADO, S.; ALLIAME, F.; GARCIA PRECHAC, F.; HERNANDEZ, J. 2006. Efecto de las plantaciones de *Eucalyptus sp.* sobre los recursos naturales en Uruguay. *Agrociencia*. 10 (2): 18-21.
44. DEL PINO, A. 1998. Dinámica de nutrientes en campo natural y pasturas con leguminosas. In: Manejo de la fertilidad de suelos en sistemas extensivos. Bañado de Medina, Cerro Largo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp.35-40.
45. DIAZ, J.E. 1995. Estudio sobre la producción de forraje estacional y anual de leguminosas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 102 p.
46. EDWARDS, C.A.; LAL, R.; MADDEN, P.; MILLER, R.H.; HOUSE, G. 1990. Sustainable agriculture systems. Ankeny, Iowa, Soil and Water Conservation Society. 307 p.
47. EUROPA TECHNOLOGY. 2009. Imágenes satelitales. (en línea). Madrid. Consultado 15 ago. 2009. Disponible en <http://earth.google.es/>
48. FAO. 1981 El Eucalipto en la repoblación forestal. Roma, Italia. 723 p.
49. FASSBENDER, H.W. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2ª ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 489 p.
50. FERENCZI, M.E.; JAURENA, M.A.; LABANDERA, C.M. 1997. Establecimiento y producción inicial de mejoramiento de campo realizados en cobertura y siembra directa con diferentes tipos y dosis de herbicidas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 70 p.
51. FISHER, M.; THORNTON, P. 1989. Growth and competition as factors in the persistence of legumes in pastures. In: Marten, G.C.; Matchnes, A. G.; Barnes, R.F.; Brougham, R.W., Clements, R.J.; Sheath, G.W. eds. Persistence of forage legume. Madison, Wisconsin, McGraw-Hill. pp. 293-310.

52. FORESTRY. 2003. Forestry Program for Oregon. (en línea). Oregon. Consultado 23 set. 2009. Disponible en <http://www.oregon.gov/ODF/BOARD/fpfo2003.shtml>
53. FORMOSO, F.; ALLEGRI, M. 1980. Leguminosas en la región noreste. I. Comportamiento de leguminosas en suelos arenosos, pesados e hidromórficos. Miscelánea CIAAB. no. 21: 1-8.
54. \_\_\_\_\_. 1993. Lotus corniculatus. Performance forrajera y características agronómicas asociadas. La Estanzuela, INIA. 21 p. (Boletín de Divulgación no. 37).
55. \_\_\_\_\_. 2006. Instalación y manejo de pasturas para el litoral Oeste. La Estanzuela, INIA. 18 p. (Serie Técnica no. 24).
56. FRIESEN, D.; ORGOROSO, S. 2002. Implantación y desarrollo de especies forrajeras sobre dos tipos de rastrojo de sorgo en siembra directa y convencional. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 74 p.
57. GALLO, L.A. 2004. Generación de iniciativas silvopastoriles. (en línea) In: Editor literario. Manejo integrado de ecosistemas y recursos naturales en Uruguay. Proyecto Combinado GEF/IBRD. Montevideo, MGAP. 105 P. Consultado 14 ago. 2009. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/UPCT/diagn%C3B3sticosSilvopastoreo.pdf>
58. GARCIA, J. 1996. Variedades de trébol blanco. La Estanzuela, INIA. 15 p. (Boletín de Divulgación no. 70).
59. GARCIA, R.; COUTO, L. 1997. Systems: emergent technology of sustainability. International In: Symposium on Animal Production Under Grazing (4º, 1997, Miami). Trabajos presentados Viscosa, Hemisferio Sur. pp. 201-210.
60. GARDNER, A. 1967. Estudio sobre los métodos agronómicos para la evaluación de la pastura. Montevideo, Uruguay, IICA. 79 p.
61. GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY (G.E.F) / INTERNATIONAL BANK FOR RECONSTRUCTION AND DEVELOPMENT (I.B.R.D). 2004. Manejo y conservación de la diversidad biológica. Montevideo, Uruguay. 27 p.

62. GOLBERG, D.E. 1990. Components of resources competition in plant communities. In: Grace, J.B.; Tilman, D. eds. Perspectives on plant competition. San Diego, Academic Press. pp. 27-49.
63. GONZALEZ, R.; JAURECHE, G.; SIAZARO, C. 1997. Evaluación de Recursos genéticos forrajeros para siembras en cobertura en suelos sobre cretácicos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 95 p.
64. GONZALEZ, S.; MONTEAGUDO, M. 2003. Renovación de mejoramiento de campo de *Lotus corniculatus* y *Trifolium pratense*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 97 p.
65. GONZALEZ, J.; PIPPOLO, D. 1997. Implantación de gramíneas y leguminosas sobre ladera de basalto profundo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 102 p.
66. GRIME, J.P. 1979. Plant strategies and vegetation processes. Chichester, UK, Wiley and Sons. pp. 236-255.
67. HART, R.D. 1979. Agroecosistemas; conceptos básicos. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 211 p.
68. HAYDOCK, K.P.; SHAW, N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal Experimental Agriculture and Husbandry (East Melbourne). 6 (15):633-670.
69. HISLOP, M.; SINCLAIR, F., 2000 Introduction. In: Hislop, M.; Claridge, J. eds. Agroforestry in the UK. London, Forestry Comisión. pp. 1-6 (Bulletin no. 122).
70. HUNT, I. V. 1961. Comparison of production from six strains of perennial ryegrass. West of Scotland Agricultural College. Research Bulletin no. 13. 55 p.
71. ICRAF, 1985. El Enfoque agroforestal de los sistemas de finca del ICRAF. In: Seminario Avances en la investigación agroforestal (2º., 1985, Turrialba). Trabajos presentados Turrialba, CATIE. pp. 60-95.

72. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGRARIA (INIA); MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION (MAPA). 1985. Efectos ecológicos del *Eucalyptus globulus*. Madrid, España. 152 p.
73. IZAGUIRRE, P. 1995. Especies indígenas y subespontaneas del género *Trifolium* L. (Leguminosae) en el Uruguay. Montevideo, INIA. 22 p. (Boletín de Divulgación no. 58).
74. JONES, I. 1959. Varietal characteristics of herbage plants in relation to their agronomic assesment. In: Ivins, J. D. ed. The measurement of grassland productivity. London, McGraw-Hill. pp. 35-50.
75. LANGER, R.H. 1990. Pastures and pastures plant. Oxford, UK, Oxford University Press. 134 p.
76. LUDLOW, M. M.; WILSON, G. L.; HELSLEHURST, M. R. 1974. Studies on the productivity of tropical pasture plants. Effect of shading on growth, photosynthesis and respiration in two grasses and two legumes. Australian Journal of Agricultural Research (East Melbourne). 7(2):425-433.
77. MARASCA L. F. 1999. Dinámica da pastagem nativa, desempenho de ovinos e desenvolvimento arbóreo em sistema silvipastoril com tres populacoes de *Eucalyptus saligna*. Porto Alegre, Brazil, Universidad Federal Do Rio Grande Do Sul. Facultad de Agronomía. 128 p.
78. MATTNER, S.W.; PARBERY, D.G. 2001. Rust enhanced allelopathy of perennial ryegrass against white clover. Agronomy Journal. 93:54-59.
79. MC ADAM, J.; SIBBALD, A., 2000 Grazing livestock management. In: Hislop, M.; Claridge, J. eds. Agroforestry in the UK. Ciudad, Forestry Comisión. pp. 44-57 (Bulletin no. 122).
80. 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.
81. MONTOYA, O.J. 1980. Efecto del arbolado de las dehesas sobre los factores ecológicos que actúan a nivel del sotobosque. In: Reunión de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (3º, 1980, Badajoz). Trabajos presentados. Badajoz, Hemisferio Sur. pp. 15-19.

82. MORALES, H. 2002. Validación de *Lotus pedunculatus* cv maku en engorde de vacunos en basáltico y cretácico. (en línea). Revista Plan Agropecuario. 3: 28-44. Consultado 14 set. 2009. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~eefas/does/lotuspedunculatus.pdf>
83. MUMINOVIC, S. 1990. Allelopathic effects of weed extracts on germination of crops seeds. Agronomy Journal. 19 (2):93-102.
84. MURALLA, J.S.; LAIDLAW. 1999. The interactive effects of match, potassium, lime and molybdenum in the growth and morphology of with clover (*Trifolium repens*) to the establishment. Grass and Forage Science. 54 (1):69-76.
85. NAIR, P.K.R. 1982. Some considerations on soil productivity under agroforestry land use systems. In: Internacional Congress of Soil Science (2°, 1982, New Delhi). Proceedings. New De lhi, s.e. pp. 16-18.
86. \_\_\_\_\_. 1989. Classification of agroforestry systems. In: Fair, P. K. R. ed. Agroforestry systems in the tropics. Mexico, D.F., Kluwer. pp. 39-52.
87. \_\_\_\_\_. 1991. State of the art of agroforestry systems. Forest Ecology and Management. 45: 39-52.
88. ODUM, E.P. 1972. Ecología. 3ª ed. México, Interamericana. 639 p.
89. OLMOS, F. 2000. Variation and adptation in *Trifolium repens* from pastures in Uruguay, with a preliminary assessment of native clover, *Trifolium polymorphum*. Thesis presented for the degree of Doctor Philosophy. Aberystwyth, U.K. University of Wales. Welsh Institute of Rural Studies. 298 p.
90. \_\_\_\_\_. 2001. Tecnologías para la mejora de la producción de forraje en Brunosoles del noreste. In: Risso, D.F.; Berretta, E.J. eds. Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos del Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 123–148 (Boletín de Divulgación no. 76).
91. OMAR, D.; LAERCIO, C. 1999. Sanidad y calidad animal. Roma, FAO. pp. 421-438 (Estudio FAO. Producción y sanidad animal no.143).

92. ONG, C.K. 1978. The physiology of tiller death in grasses.1. The influence of Tiller age, size and position. *Journal of the British Grassland Society*. 14: 197-203.
93. OVALLE, M.C.; SQUELLA, F.N. 1996. Terrenos de pastoreo con praderas anuales en el área de influencia climática mediterránea. *In: Congreso de Agricultura de Chile (3º, 1996, Santiago)*. Trabajos presentados. Santiago, Ruiz. pp .429-466.
94. PEREGO, J.L. 2002. Sistemas Silvopastoriles en el Centro Sur de la Provincia de Corrientes. *In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajes del Cono Sur (19a., 2002, Corrientes)*. Trabajos presentados Corrientes, Argentina, s.e. pp. 145-149.
95. PEZO, D. 1999. Sistemas Silvopastoriles; una opción para el uso Sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. Proyecto Agroforestal. Turrialba, Costa Rica, CATIE/GTZ. 276 p.
96. POLLA, M.C. 1992. Agroforestación y sistemas agroforestales en el Uruguay. *In: Reunión Técnica sobre Sistemas Agroforestales (2º., 1992, Tacuarembó)*. Trabajos presentados. Tacuarembó, Uruguay, s.e. s.p.
97. \_\_\_\_\_. 1998. Estrategias de acción en el tema silvopastoreo. *In: Taller de Manejo Silvopastoril (2º., 1998, Young)*. Trabajos presentados. Young, Uruguay, s.e. s.p.
98. POTTINGER, R.; BARBERTI, M.; SMITH, T. 1993. Invertebrate pest, plant pathogens and beneficial organisms of improved temperate pastures. *In: International Grassland Congress (17o., 1993, Melbourne)*. Proceedings. Melbourne, Australia, s.e. pp. 909-918.
99. RAVERA RAVERA, G. S. 2002. Crecimiento de *Eucalyptus globulus ssp. globulus* en diferentes sitios y en relación al desarrollo radicular en el Valle Serrano del arroyo El Soldado, Dpto. Lavalleja. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 95 p.
100. REBUFFO, M.; ALTIER, N. 1995. Mejoramiento genético de trébol rojo en INIA La Estanzuela. *In: Seminario de Actualización Técnica sobre Producción y Manejo de Pasturas (2º., 1995, Tacuarembó, Uruguay)*. Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 3-4.

101. REID, R.; WILSON, G. 1986. Agroforesteria en Australia y Nueva Zelanda. Montevideo, Facultad de Agronomía. 91 p.
102. 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 (2º., 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 243-247.
103. \_\_\_\_\_. 1994. Siembras en el tapiz; consideraciones generales y estado actual de la información en la zona de suelos sobre cristalino. Montevideo, INIA. pp. 71-76 (Boletín de Divulgación no. 13).
104. \_\_\_\_\_.; BERRETTA, E. 1996. Mejoramientos de campos en suelos sobre cristalino. In: Risso, D.F.; Berreta, E.J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Tacuarembó, INIA. pp.193-211 (Serie Técnica no. 80).
105. RUSSO, R.O. Árboles con pasto; justificación y descripción de un caso en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 134 p.
106. SAIBRO, J. C. 1992. Avaliacao do desempenho de bovinos via pastejo do sub- bosque forageiro em matas de eucalipto. In: Integracao Silvopastoril de Eucalipto com Pastagens (2º., 1992 , Porto Alegre). Trabajos presentados. Porto Alegre, Brasil. s.e. s.p.
107. SALDAHNA, S.; SARAVIA, C.; KRALL, E.; CRUZ, G.; SALAVERRY, L. 2003. Reunión del grupo técnico regional del cono sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical. In: Sustentabilidad, desarrollo y conservación de los ecosistemas (2º., 2003, Salto). Trabajos presentados Salto, Uruguay s.p.
108. SALISBURY, F. B.; ROSS C. W. 1991. Plant physiology. New York, Wadsworth. 674 p.
109. SCOTT, D.; HOGLUND, J.R.; KEOGHAN, J.M. 1989. Evironmental selection legumes. In: Marten, G.C.; Matchnes, A. G.; Barnes, R.F.; Brougham, R.W.; Clements, R.J.; Sheath, G.W. eds. Persistence of forage legume. Madison, Wisconsin, McGraw-Hill. pp. 205-214.
110. SCHREINER, H.G. 1988. Viabilidade de um sistema silvipastoril em solos de areia quartzosa no Estado de Sao Paulo. Boletim de Pesquisa Florestal (Curitiba). 17:33-38.

111. SHARROW, S.H., 1999. Silvopastoralism: competition and facilitation between trees, livestock and improved grass-clover pastures on temperate lands. *In*: Bruck, L.E.; Lassoie, J.P.; Fernández, E.C.M. eds. Agroforestry in sustainable agricultural systems. Concepcion (Chile), Lewis. pp. 111-130.
112. SHEATH, G.; HAY, R. 1989. Overview of legume persistence in New Zealand. *In* Marten, G.C., Matches, A.G, Barnes, R.F; Broughman, R.W.; Clements R.J, Sheath, G. W. eds. Persistence of forage Legumes. Madison, Wisconsin, MacGraw-Hill. pp. 23- 26.
113. SHELTON, H.M.; HUMPHREYS, L.R.; BATELLO, C. 1987. Pastures in the plantations of Asia and the Pacific performance and prospect. *Tropical Grasslands*. 21 (4):159-168.
114. \_\_\_\_\_. 1993. Silvopastoral systems. *In*: International Grassland Congress (3<sup>o</sup>, 1993, Melbourne). Proceedings. Melbourne, s.e. pp.2072- 2074.
115. SILVEIRA, D. 2005. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la implantación, producción inicial y composición química del Lotus glaber Mill. y Trifolium repens L. sembradas en cobertura. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 180 p.
116. SILVEIRA, L.; MARTINEZ, L.; ALONSO, J. 2003. Efecto de la sustitución de campo natural por plantaciones forestales, sobre los recursos hídricos en el Uruguay. *In*: Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas (1<sup>o</sup>, 2003, Arequipa). Trabajos presentados. Arequipa, Hemisferio Sur. pp. 25-77.
117. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2006. Efecto de las plantaciones forestales sobre los recursos naturales en el Uruguay. *Agrociencia*. 10 (2):64-82.
118. SINCLAIR, F.; EASON B.; HOOKER, J., 2000. Understanding and of interactions. *In*: Hislop, M.; Claridge, J. eds. Agroforestry in the UK. London, Forestry Comisión. pp. 17-30 (Bulletin no. 122).
119. SMETHAN, M. L. 1981. Espacios y variedades de leguminosas forrajeras. *In*: Langer, R.H. ed. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 97-147.

120. SOMARRABA, E.; VEGA, L.E.; DETLEFSEN, G.; PATIÑO, H.; AMPOFO, K. 1986. Pastoreo bajo plantaciones de *Pinus cariavea* en Pavones, Turrialba, Costa Rica. *El Chasqui*. 4(11):5-8.
121. SUN, D.; DICKINSON, G.R.; ROBSON, K.J. 1997. Growth of *Eucalyptus Pellita* and *E. urophylla* and effects on pasture production on the coastal lowlands of tropical northern Australia. *Australian Forestry*. 59 (2): 136-141.
122. SUTHERLAND, B.L.; HOGLUND, J. 1990. Effect of ryegrass Endophyte (*Acremonium lolii*) on associated white clover and subsequent crops. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. 50: 265-269.
123. TORRES, A.; CASELLA, M.; CERES, A.; MUNKA, C.; PASTORINI, J.; POSSE, J. 1995. Diagnóstico de sistemas agroforestales en Uruguay. Facultad de Agronomía. Nota Técnica no. 40. 36 p.
124. TURKINGTON, R.; HARPER, J.L. 1979. The growth distribution and Neighbour relationships of *Trifolium repens* in a permanent pasture. 1. Ordination, patten and contac. *Journal of Ecology*. 67:201-287.
125. URUGUAY. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL. DIRECCION NACIONAL DE METEOROLÓGIA. 2003a. Datos anuales de temperatura. (en línea). Montevideo. Consultado 16 set. 2009. Disponible en <http://www.dnalmeteorologia.gub.uy>
126. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2003b. Datos relevados de la estación meteorológica de Empalme Olmos. (en línea). Montevideo. Consultado 11 jul. 2009. Disponible en <http://www.dnalmeteorologia.gub.uy>
127. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. ESTACIÓN METEOROLÓGICA EMPALME OLMOS. 2007. Precipitaciones, temperaturas máximas, mínimas y medias del período histórico 1977-2007. Empalme Olmos. 2 p.
128. \_\_\_\_\_. MINISTERIO DE GANADERIA AGRICULTURA Y PESCA. LABORATORIO DIVISION SUELOS Y AGUA. LABORATORIO. 2007. Resultados sobre análisis químico de suelos 2007. Montevideo. 1 p.

129. VEIGA, J. B.; SERRAO, E. S. 1990. Sistemas silvopastoris e producao animal nos Trópicos úmidos: a experiencia da amazonia brasileira. In: Sociedade Brasileira de Zootecnia, org. Pastagens. Piracicaba. pp. 38 – 68.
130. WEDDERBURN, M.E.; LOWTWER, W.L. 1985. Factors affecting establishment And spread of grassland maku Lotus in tussock grasslands. Proceedings of the New Zealand Grassland Association. 46: 97-101.
131. WILSON, D.B. 1964. Interactions in forage yield trials. Canadian Journal of Plant Science. 44: 344 – 350.
132. YOUNG, A. 1987. Soli productivity, soil conservation and land evaluation. Agroforestry Systems. 5:277-291.

## 9. ANEXOS

### ANEXO 1:

Cuadro regresión para 1er. pastoreo										
Bl.	Disp.	Rmte.	Disp.	Rmte.	Disp.	Rmte.	Disp.	Rmte.	Disp.	Rmte.
	Inter. (bo)	Inter. (bo)	Var. X1 (b1)	Var. X1 (b1)	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Prob. (bo)	Prob. (bo)	Prob. (b1)	Prob. (b1)
1	339	-104,04	-274,41	163,74	0,866	0,887	0,044	0,075	4,96E-07	1,63E-07
2	-208,89	-119,52	317,87	206,85	0,720	0,828	0,292	0,192	6,32E-05	2,56E-06
3	-151,70	-172,59	278,30	242,67	0,823	0,586	0,223	0,374	3,01E-06	8,81E-04

Cuadro regresión para 2do. pastoreo

BI	Disp.	Rmte.	Disp.	Rmte.	Disp.	Rmte.	Disp.	Rmte.	Disp.	Rmte.
.	Inter. (bo)	Inter. (bo)	Var. X1 (b1)	Var. X1 (b1)	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Prob. (bo)	Prob. (bo)	Prob. (b1)	Prob. (b1)
1	-73,89	-185	258,93	240	0,802	0,877	0,544	0,044	6,48E-06	2,84E-07
2	-39,41	-132,81	231,19	292,74	0,815	0,888	0,703	0,188	4,04E-06	1,48E-07
3	-139,85	-4	296,07	214,89	0,791	0,800	0,336	0,968	9,17E-06	6,86E-06

ANEXO 2:

Análisis de varianza disponible 1er pastoreo				
Bloque		Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	Valor crítico de F
1	Regresión	1	3447630	4,96E-07
	Residuos	13	41136,85	
	Total	14		
2	Regresión	1	2667497,51	6,32E-05
	Residuos	13	79689,53	
	Total	14		
3	Regresión	1	2323464,9	3,01E-06
	Residuos	13	38338	
	Total	14		

Análisis de varianza remanente 1er pastoreo				
Bloque		Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	Valor crítico de F
1	Regresión	1	804330,91	1,63E-07
	Residuos	13	7906,14	
	Total	14		
2	Regresión	1	1283630,66	2,56E-06
	Residuos	13	20558,60	
	Total	14		
3	Regresión	1	1766613,3	0,001
	Residuos	13	96024,97	
	Total	14		

Análisis de varianza disponible 2do. pastoreo				
Bloque		Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	Valor crítico de F
1	Regresión	1	2011279,05	6,48E-06
	Residuos	13	38291,32	
	Total	14		
2	Regresión	1	1603397,7	4,04E-06
	Residuos	13	27942,15	
	Total	14		
3	Regresión	1	2629795,72	9,17E-06
	Residuos	13	53482,55	
	Total	14		

Análisis de varianza remanente 2do. pastoreo				
Bloque		Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	Valor crítico de F
1	Regresión	1	1730667,7	2,84E-07
	Residuos	13	18732,43	
	Total	14		
2	Regresión	1	2570914,24	1,48E-07
	Residuos	13	24863,74	
	Total	14		
3	Regresión	1	1385317,04	6,86E-06
	Residuos	13	26655,35	
	Total	14		

ANEXO 3:

Cuadro volúmenes promedios 1er medición (24/04/07)						
Bloque	Parcela	Especie	Alt (m)	Dap (m)	Vol (m3/parc)	Vol (m3/ha)
1	1	Lot. SG	6,7	0,074	0,0115	0,2396
1	2	T.Blanco	6,8	0,074	0,0116	0,2426
1	3	T.Rojo	6,7	0,075	0,0118	0,2449
1	4	Lot. Maku	6,5	0,070	0,0100	0,2075
2	1	Lot. SG	6,5	0,071	0,0102	0,2120
2	2	Lot. Maku	6,1	0,063	0,0075	0,1571
2	3	T.Blanco	6,4	0,073	0,0108	0,2254
2	4	T.Rojo	6,2	0,067	0,0087	0,1813
3	1	T.Rojo	6,1	0,069	0,0092	0,1924
3	2	Lot. SG	6,0	0,070	0,0092	0,1912
3	3	T.Blanco	6,0	0,068	0,0088	0,1827
3	4	Lot. Maku	6,1	0,068	0,0088	0,1830

Cuadro volúmenes promedios 2da medición (05/01/08)						
Bloque	Parcela	Especie	Alt (m)	Dap (m)	Vol (m3/parc))	Vol (m3/ha)
1	1	Lot. SG	8,1	0,092	0,0218	0,4537
1	2	T.Blanco	8,4	0,094	0,0230	0,4802
1	3	T.Rojo	8,3	0,094	0,0227	0,4728
1	4	Lot. Maku	8,0	0,087	0,0190	0,3958
2	1	Lot. SG	7,9	0,084	0,0173	0,3615
2	2	Lot. Maku	7,9	0,080	0,0160	0,3327
2	3	T.Blanco	8,0	0,092	0,0214	0,4452
2	4	T.Rojo	7,8	0,087	0,0185	0,3853
3	1	T.Rojo	8,0	0,089	0,0198	0,4121
3	2	Lot. SG	9,0	0,089	0,0222	0,4633
3	3	T.Blanco	7,8	0,085	0,0180	0,3747
3	4	Lot. Maku	7,5	0,084	0,0168	0,3494

Cuadro crecimiento durante el ensayo (24/04/07 al 05/01/08)

Bloque	Parcela	Especie	Alt (m)	Dap (m)	Vol (m3/parc))	Vol (m3/ha)
1	1	Lot. SG	1,5	0,018	0,0103	0,2141
1	2	T.Blanco	1,6	0,020	0,0114	0,2375
1	3	T.Rojo	1,6	0,019	0,0109	0,2278
1	4	Lot. Maku	1,5	0,017	0,0090	0,1884
2	1	Lot. SG	1,5	0,013	0,0072	0,1495
2	2	Lot. Maku	1,8	0,018	0,0084	0,1756
2	3	T.Blanco	1,6	0,019	0,0106	0,2198
2	4	T.Rojo	1,7	0,020	0,0098	0,2040
3	1	T.Rojo	1,9	0,019	0,0105	0,2196
3	2	Lot. SG	3,0	0,019	0,0131	0,2721
3	3	T.Blanco	1,8	0,017	0,0092	0,1919
3	4	Lot. Maku	1,4	0,016	0,0080	0,1664