UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE GRAMÍNEAS FORRAJERAS SEMBRADAS BAJO UN MONTE DE *Eucalyptus globulus ssp globulus*

por

Antonio Renato GÓMEZ PEREYRA
Luis Eduardo GUERRINI MONTEMURRO

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2011

Tesis aprobada por:

Director: _____

. Ing. Agr. (M Sc) Luis Gallo

_____

Ing. Agr. (PhD) Pablo Boggiano

_____

Ing. Agr. Rafael Escudero

Fecha: 27 de diciembre de 2011

Autor: _____

Renato Gómez

_____

Luis Guerrini

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada agradecemos a nuestros padres, familiares y amigos por el apoyo brindado a lo largo de toda la carrera.

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

Al Ing. Agr. Pablo Boggiano por el tiempo brindado, las ideas y orientaciones que permitieron la realización de este trabajo.

A los Ing. Agr. Rafael Escudero y David Silveira por el interés y la buena voluntad que presentaron en todo momento en que requerimos su ayuda.

Al Ing. Agr. Luis Petrini por proporcionar el establecimiento y proveer los medios para la realización del experimento y a la Ing. Agr. Victoria Petrini, por su disposición para aportar información.

También al personal de biblioteca de la Facultad de Agronomía y a todas las personas cuya colaboración facilitó la elaboración de la presente tesis.

TABLA DE CONTENIDO

Página

PÁGINA DE APROBACIÓN II

AGRADECIMIENTOS III

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES VIII

1. INTRODUCCIÓN 1

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 2

2.1 SISTEMAS AGROFORESTALES 2

2.1.1 Clasificación de sistemas agroforestales 3

2.1.2 Ventajas y desventajas de un sistema agro-silvi-cultural (S.A.S.C) 5

2.2 SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES 6

2.2.1 Objetivos de los sistemas silvopastoriles 6

2.2.2 Modelo de un sistema silvopastoril 7

2.2.3 Interacciones entre los diferentes componentes de un sistema silvopastoril 9

2.2.3.1 Efectos delos árboles sobre los animales 9

2.2.3.2 Efectos de los animales sobre los árboles 13

2.2.3.3 Efectos de los árboles sobre las pasturas 14

2.2.3.4 Efecto de los árboles sobre la estructura del suelo 21

2.2.3.5 Otros efectos 21

2.2.4 Ejemplos de pastoreo en plantaciones forestales en el Uruguay 22

2.3 GRAMÍNEAS FORRAJERAS 24
2.3.1 *Lolium multiflorum* (raigrás) 24
2.3.1.1 *Lolium multiflorum* cv LE 284 25
2.3.2 *Festuca arundinacea* 27
2.3.2.1 *Festuca arundinacea* cv Tacuabé 28
2.3.3 *Dactylis glomerata* (pasto ovillo o pasto azul) 30
2.3.3.1 *Dactylis glomerata* cv Amba 31
2.3.4 *Bromus catharticus* (cebadilla criolla) 33
2.3.4.1 *Bromus catharticus* cv Martín Fierro 34
2.3.5 Algunos factores que afectan la implantación de gramíneas 35
2.3.5.1 pH del suelo 35
2.3.5.2 Efecto del nitrógeno 35
2.3.5.3 Densidad de siembra 36
2.3.5.4 Preparación de la sementera 36
2.3.5.5 Fecha de siembra 36
2.3.6 Influencia de la temperatura en el crecimiento de las pasturas 37
2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS *Eucalyptus globulus ssp globulus* 37
3. MATERIALES Y MÉTODOS 40
3.1 PERÍODO EXPERIMENTAL Y LOCALIZACIÓN 40
3.2 SUELOS 40
3.2.1 Descripción del grupo CONEAT 40
3.2.2 Clasificación taxonómica de los suelos 41
3.3 PLANTACIÓN FORESTAL 43

3.4 DISEÑO DEL EXPERIMENTO 44
3.5 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO 45
3.5.1 Siembra 46
3.5.2 Porcentaje de implantación 47
3.5.3 Fertilización al macollaje 48
3.5.4 Determinación de la cantidad de forraje 48
3.5.4.1 Doble muestreo 48
3.5.5 Pastoreo 50
3.5.6 Censo de árboles 51
3.6 CONDICIONES AMBIENTALES 51
3.6.1 Caracterización climática de la zona para un período de 30 años 53
3.6.1.1 Caracterización del régimen de precipitaciones 53
3.6.1.2 Caracterización de la evapotranspiración potencial 54
3.6.1.3 Caracterización de la temperatura 55
3.6.2 Caracterización climática de la zona para el año 2007 55
3.6.2.1 Registro de precipitaciones en 2007 56
3.6.2.2 Evapotranspiración potencial para el año 2007 57
3.6.2.3 Caracterización de la temperatura para el año 2007 . 57
3.6.3 Balance hídrico climático (BHC) 58
3.6.4 Balance hídrico meteorológico (BHM) 60
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 62
4.1 SUELOS DEL EXPERIMENTO 62

4.2 CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL EXPERIMENTO 62
4.3 IMPLANTACIÓN 64
4.4 FORRAJE DISPONIBLE 66
4.5 FORRAJE REMANENTE 70
4.6 PRODUCCIÓN DE FORRAJE 72
4.7 FORRAJE DESAPARECIDO 75
4.8 PLANTACIÓN FORESTAL 75
5. CONCLUSIONES 78
5.1 ALCANCES 78
6. RESUMEN 80
7. SUMMARY 81
8. BIBLIOGRAFÍA 82
9. ANEXOS 88

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No. Página

1. Media de variables climáticas registradas al sol o bajo diferentes tipos de sombra (promedio de 12 días entre las 10.00 y 18.00 horas en verano 11

2. Pastos sembrados bajo un rodal de Pinus elliottii 16

3. Tolerancia de algunos pastos al efecto sombra bajo condiciones artificiales 17

4. Rendimientos de raigrás al primer año (MS kg/ha), en siembra normal y tardía 26

5. Primer año de vida de festuca en los ensayos sembrados en los años 2006, 2007 y 2008. 29

6. Primer año de vida de dactilis en los ensayos sembrados en los años 2007 y 2008 32

7. Primer año de vida de bromus en los ensayos sembrados en los años 2006, 2007 y 2008 34

8. Perfil de Brunosol subéutrico típico (Suelo A) 42

9. Perfil de Brunosol háplico o Inceptisol (Suelo B) 43

10. Porcentaje de germinación y pureza física 46

11. Densidad de siembra (kg/ha) y No. de semillas viables por m^2 por especie 47

12. Registros mensuales de precipitaciones, evapotranspiración potencial, temperatura mínima, máxima y promedio para un período climático ... 53

13. Parámetros estadísticos de precipitaciones (1977-2007) 54

14. Registros mensuales de precipitaciones, evapotranspiración potencial, heladas, temperatura mínima, máxima y promedio para el año 2007 55

15. BHC- Brunosol háplico o Inceptisol (1977-2007) 58

16. BHM- Brunosol háplico o Inceptisol (jun 2006-dic 2007) 60

17. Materia seca total disponible en kg/ha por especie y período..... 66

18. Restos secos disponibles en kg/ha por especie y por período..... 68

19. Materia seca disponible de gramíneas en kg/ha por especie y por período..... 69

20. Materia seca disponible de leguminosas y malezas en kg/ha, por especie y por período..... 70

21. Materia seca total remanente en kg/ha por especie y por período 71

22. Porcentaje de restos secos en la materia seca remanente por especie y por período 71

23. Materia seca total acumulada en kg/ha por especie y por período..... 72

24. Comparación con datos del INIA de la materia seca total en kg/ha por especie 73

25. Tasa de crecimiento total acumulada en kg/ha/día por especie y por período..... 74

26. Contribución porcentual de las gramíneas a la producción de forraje.. 74

27. Materia seca total desaparecida en kg/ha por especie y por período 75

28. Volumen total cc (m^3/ha) al 19/05/2007 76

29. Volumen total cc (m^3/ha) al 02/02/2008 76

Figura No.

1. Clasificación de Sistemas Agroforestales 4

2. Modelo de un Sistema Silvopastoril 8

3. Efecto de la sombra en la temperatura de la cobertura vegetal del suelo. Unidad Experimental Palo a Pique. INIA Treinta y Tres 11

4. Daños causados por ganado 14

5. Rendimiento estacional (Kg/ha MS) de raigrás 27

6. Rendimiento estacional (Kg/ha MS) de festuca..... 30

7. Rendimiento estacional (Kg/ha MS) de dactylis..... 33

8. Rendimiento estacional (Kg/ha MS) de Bromus 35

9. Botón floral, frutos, hojas juveniles y adultas..... 38

10. Suelo A..... 42

11. Suelo B..... 42

12. Distribución de bloques y parcelas 45

13. Sembradora 46

14. Siembra y fertilización..... 47

15. Identificación de un punto de muestreo 48

16. Escalas visuales para el período 1..... 49

17. Escalas visuales para el período 3..... 49

18. Fracción verde, restos secos y suelo desnudo 50

19. Pastoreo..... 51

20. Evapotranspiración potencial..... 54

21. Temperaturas máximas, mínimas y promedio (1977-2007) 55

22. Registros de precipitaciones mensuales en el año 2007..... 56

23. Evapotranspiración potencial (ETP) para el año 2007..... 57

24. Temperaturas mensuales máximas, mínimas y promedio (2007)..... 57

25. Excesos y déficits hídricos (1977-2007)..... 59

26. Excesos y déficits hídricos (jun 06-dic 07)..... 61

27. Comparación de excesos y déficits hídricos entre la serie (1977-2007) y el año 2007. 63

28. Temperatura mínima (1977-2007) y 2007. Temperatura promedio 2007..... 63

29. Número de plantas/m^2 por especie a los 70, 113 y 133 días (letras distintas en cada período indican diferencias significativas; $p<0,05$)..... 64

30. Porcentaje de implantación por especie a los 70, 113 y 133 días (letras distintas en cada período indican diferencias significativas; p<0,05) 65

31. Evaluación de las fracciones de materia seca total disponible..... 67

32. Estado de las pasturas al 6 de diciembre..... 68

1. INTRODUCCIÓN

En el Uruguay la regionalización del agro se ha visto modificada en los últimos veinte años. La superficie ocupada por los diferentes rubros productivos ha cambiado notoriamente y en muchos casos existe una superposición de áreas de especialización productiva que evidencian combinación de actividades. Sin embargo, la agricultura y la forestación son los rubros que presentaron mayor expansión.

El incremento de la superficie forestada impulsada por la Ley forestal No. 15939/87 ha sustituido tierras de pastoreo para uso ganadero. Conjuntamente, la actual consolidación del mercado de los bonos de carbono, estimulado por el protocolo de Kyoto generó un aliciente para este rubro.

Con ese panorama cada sector productivo procura optimizar las técnicas de producción y de esa forma hacerse más eficiente en el uso del recurso suelo. Por lo tanto, la integración en el tiempo y en el espacio de los rubros agrícola, ganadero y forestal, mediante el desarrollo de Sistemas Agroforestales viene cobrando una importancia creciente, tanto en el sector productivo como a nivel de la Universidad de la República y del Estado. En forma general estos Sistemas que combinan pasturas sembradas o naturales con animales y árboles en plantaciones forestales se utilizan con el objetivo de incrementar la productividad del recurso suelo y el beneficio neto del sistema en el largo plazo, a la vez de reducir el riesgo a través de la diversificación de salidas del sistema, así como atenuar los efectos detrimentales del estrés climático sobre las plantas y los animales. Otro motivo de la incorporación de ganado en plantaciones forestales es la reducción de materia seca por acción del pastoreo, de modo de disminuir el material combustible y por ende reducir el riesgo de incendios, a la vez que genera ingresos a corto plazo que atenúan el costo financiero de la inmovilización de capital que implica una plantación forestal.

En este contexto, la realización de este trabajo tiene como objetivo evaluar el comportamiento productivo en el año de siembra, de cuatro gramíneas forrajeras sembradas en las entrefilas de un monte de *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*, aportando conocimientos al momento de decidir que especies de gramíneas forrajeras serían las más indicadas para utilizar en un sistema agrosilvopastoril.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMAS AGROFORESTALES

Diversos autores coinciden en señalar que los sistemas agroforestales o agroforestación son un conjunto de técnicas de manejo que implican una asociación o combinación deliberada de árboles con cultivos agrícolas y/o animales o una combinación de ambos. Estas técnicas determinan el ordenamiento de los diferentes componentes del sistema en el tiempo y en el espacio, ya sea en forma simultánea o escalonada.

No obstante, existen diferencias en otros aspectos de la definición como se evidencia en las definiciones de sistemas agroforestales que se presentan a continuación

Asociación deliberada, en una misma unidad de producción, de especies leñosas perennes (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 (Lundgren 1992, Torquebiau 1992).

Combe y Budowski (1979a) lo definen como un conjunto de técnicas de manejo de tierras que implica la combinación de los árboles forestales, ya sea con la ganadería o con los cultivos. La combinación puede ser simultánea o escalonada en el tiempo o espacio. Esta tiene por objetivo optimizar la producción por unidad de superficie respetando el principio del rendimiento sostenido.

El I.C.R.A.F (International Council for Research in Agroforestry), (1985), define a la agroforestación como un concepto colectivo para sistemas de uso de la tierra en que las plantas leñosas (árboles y arbustos) son combinadas a propósito en la misma unidad de manejo de tierra con cultivos herbáceos y/o animales, ya sea en forma de algunos arreglos espaciales o en secuencias en el tiempo. Debe haber una interacción tanto ecológica como económica entre plantas leñosas y los otros componentes del sistema.

Lundgren, citado por Combe y Budowski (1979a) y por Nair (1985), menciona interacciones ecológicas y económicas entre los componentes. Lundgren dice que entre los componentes arbóreos no debe existir tal interacción mientras que Nair asegura que se debe lograr un beneficio de las interacciones ecológicas y económicas.

Como en todo sistema, en la agroforestación interactúan en forma compleja diferentes componentes. Para Reid y Wilson (1989) los principales componentes son: Suelo, ambiente, el componente agrícola, el componente forestal y la estrategia de manejo. El componente arbóreo se define como “múltiple propósito” ya que cumple un

rol productivo (madera, frutos, semillas, aceites esenciales, resinas, taninos, etc.) y un rol de servicio (abrigo, sombra, controlador de erosión, fijando N atmosférico, etc.).

Según Combe (1979b), la necesidad de aplicar las mejores técnicas o manejos de modo de aprovechar al máximo la combinación de los diferentes componentes del sistema determina que la investigación de estas técnicas esté basada en tres hipótesis principales muy complejas e interrelacionadas, las cuales son:

- 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, especialmente 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.

Es importante destacar que las especies forestales plantadas a nivel comercial en el Uruguay (en su totalidad exóticas), conjuntamente con los marcos de plantación utilizados, no representan una simulación de los tipos vegetales que ocurrirían en las sucesiones naturales.

2.1.1 Clasificación de sistemas agroforestales (SAF)

La clasificación de los sistemas agroforestales tiene ciertas diferencias de estructuración según sea el autor, no obstante a continuación se presentan las clasificaciones más comunes encontradas en la bibliografía.

Combe y Budowski (1979), proponen una clasificación de sistemas agroforestales (SAF) basados en:

1) La función principal del componente arbóreo.
2) Los tipos de componentes asociados.

3) La distribución en el tiempo.
4) La repartición en el espacio.

Según la función principal del componente arbóreo pueden ser:

- **Producción**
- **Protección**
- **Servicio**

Según los tipos de componentes asociados se clasifica a los SAF en:

- **Sistemas silvoagrícolas**: Combinación del componente arbóreo con el o los cultivos agrícolas.
- **Sistemas agrosilvopastoriles**: Combinación del componente arbóreo con los cultivos y la ganadería.
- **Sistemas silvopastoriles**: Combinación del componente arbóreo con la ganadería.

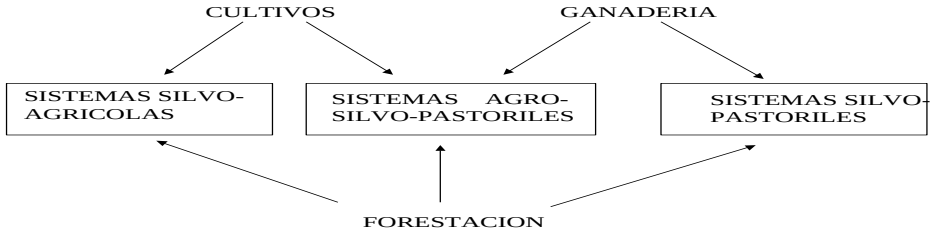
Según la distribución en el tiempo se clasifica a los SAF en:

- **Permanente**: Cuando el sistema se mantiene durante una o más rotaciones del componente forestal.
- **Temporal**: Cuando el sistema tiene una duración menor a una rotación del componente forestal.

Según la distribución en el espacio se clasifican en:

- **Regulares**: Cuando el componente forestal se encuentra entre los otros componentes.
- **Irregulares**: Cuando el componente forestal se sitúa a un lado o alrededor de los otros componentes con los que está asociado.

Figura No. 1: Clasificación de Sistemas Agroforestales (Nair, 1985).



Según Nair (1985), figura No. 1, las diferentes interacciones entre los componentes forestación, ganadería y cultivos, determina que los S.A.F. se clasifiquen de tres formas. Es decir, los sistemas silvo-agrícolas se dan cuando interactúa la forestación con cualquiera de los cultivos agrícolas que no tienen como destino el pastoreo. Los sistemas agro-silvo-pastoriles están presentes con la combinación de la forestación con la ganadería y las pasturas sembradas, mientras que en los sistemas silvo-pastoriles, se da el pastoreo de forraje natural bajo el componente arbóreo.

2.1.2 Ventajas y desventajas de un sistema agro-silvi-cultural (S.A.S.C)

Posibles ventajas y desventajas de un S.A.S.C ante una reforestación pura, Beer et al. (1994).

Ventajas:

- El manejo y/o ganancias agrícolas reducen o pagan los costos de establecimiento de los árboles.
- Hay más disponibilidad de nitrógeno para los árboles, si se combinan con cultivos 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 fuego 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 nutrimentos debido al mal 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.

2.2 SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES

Como se ha visto en la clasificación de sistemas agroforestales presentadas anteriormente, los sistemas agrosilvopastoriles son un tipo de sistemas agroforestales.

Cabe destacar que cuando el componente forrajero es sembrado se denomina sistema agrosilvopastoril y cuando las pasturas son naturales el sistema es conocido como silvopastoril. No obstante, los conceptos sobre sistemas silvopastoriles que se presentan a continuación son perfectamente aplicables al sistema correspondiente al presente trabajo.

Pezo e Ibrahim (1996) dicen que un sistema silvopastoril es una 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.

Combe y Budowski (1979a), describen nueve tipos de sistemas silvopastoriles los cuales se pueden simplificar en los siguientes:

1) Pastoreo en plantaciones forestales o en bosques secundarios.
2) Árboles (maderables, mejoradores de la fertilidad del suelo, forrajeros, frutales y/o de sombra) en pasturas.
3) Cercas vivas, cortinas rompe vientos en pasturas.

Lo anterior representa una de las clasificaciones existentes sobre el tema, sin embargo en la bibliografía nacional se cita la posibilidad de concretar diferentes combinaciones en el tiempo y en el espacio, muchas de las cuales son practicadas en Uruguay.

Los sistemas silvopastoriles en el Uruguay pueden ser encarados en forma básica desde dos puntos de vista: 1) La incorporación del componente forestal al sistema ganadero tradicional siendo el rubro principal la ganadería. 2) La introducción de animales en plantaciones forestales, siendo la ganadería un rubro complementario a la forestación.

2.2.1 Objetivos de los sistemas silvopastoriles

La incorporación de un componente arbóreo en sistemas ganaderos se lleva a cabo para lograr el cumplimiento de diferentes objetivos. En algunos casos puede ser 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 y los animales (Russo 1994, Reynolds 1995). Por otro lado algunos de estos propósitos también se

cumplen cuando se introducen animales en sistemas forestales (Stur y Shelton, 1991). El desarrollo de sistemas silvopastoriles en sistemas tradicionales de producción pecuaria constituye un mecanismo para diversificar dichas empresas generando nuevos productos e ingresos, intensificando así el uso del suelo sin menoscabo de su potencial productivo a largo plazo.

A su vez, el costo de mantener una plantación forestal implica necesariamente una importante inversión económica con un capital que quedará inmovilizado hasta los primeros raleos comerciales y luego hasta el momento de la tala rasa en el caso de madera aserrable, mientras que en otros casos dicho capital quedará inmovilizado hasta el turno final como en el caso de las plantaciones cuyo destino es la producción de pulpa de celulosa. Por lo tanto con el objetivo de disminuir esos costos y tener un retorno financiero más rápido, se empiezan a idear sistemas silvopastoriles que combinen la forestación con la ganadería bovina, ovina o equina. Una correcta integración entre los rubros permite obtener beneficios adicionales para ambos.

Un sistema agro/silvopastoril permite la transformación del forraje sembrado o natural en carne y/o lana, la cual ocurre al abrigo de vientos, con una menor oscilación térmica que en los sistemas ganaderos tradicionales y con un gran aporte de sombra en verano; factores éstos que determinan un menor gasto metabólico para el animal y en consecuencia una mayor eficiencia nutritiva y una mayor conversión a carne y/o lana. De esa manera el silvopastoreo brinda condiciones ideales para el bienestar animal, lo que no es un detalle menor debido a la importancia que le dan a éste tema los principales mercados compradores de productos primarios (Experiencias de Silvopastoreo, 2008).

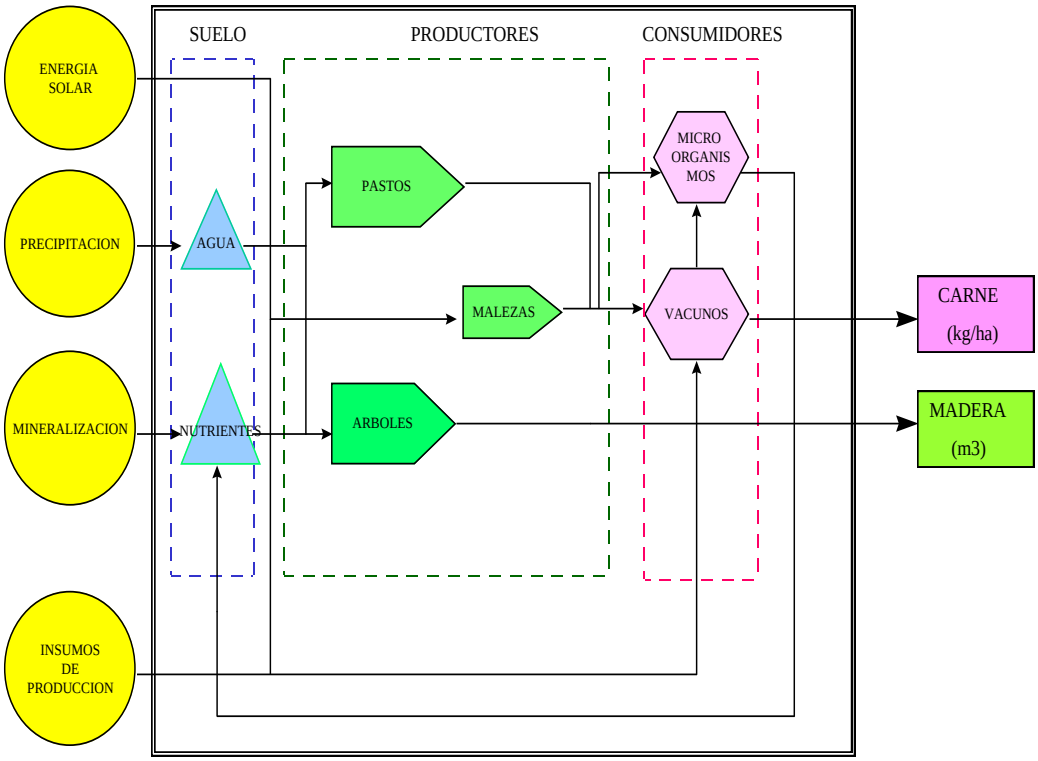
Conjuntamente, el pastoreo en plantaciones contribuye a reducir la biomasa combustible, y por lo tanto la intensidad de los incendios (Borel, 1987), del mismo modo hace innecesarias las tareas mecánicas de limpieza de pastos y malezas en el bosque, caminos y cortafuegos, reduciendo así los costos.

2.2.2 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 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 UDELAR (URUGUAY). FA (s.f.).

Figura No. 2: Modelo de un sistema silvopastoril



Fuente: adaptado y simplificado de 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 (Fassbender, 1993).

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 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 (Fassbender, 1993).

2.2.3 Interacciones entre los diferentes componentes de un sistema silvopastoril

Se entiende como componentes del sistema a los árboles, los animales, las pasturas y el suelo.

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).

2.2.3.1 Efectos de los árboles sobre los animales

Efectos directos: Son los causados por cambios micro climáticos. Estos cambios están dados por una menor oscilación térmica, por efecto de la sombra en verano y por el abrigo de vientos, lo que determina un menor gasto metabólico para el animal. El estrés 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, 1989). 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). Éste último efecto no ocurre en plantaciones forestales.

Reynolds (1995) menciona que la presencia de leñosas determina una regulación en el estrés climático ya que se han observado temperaturas bajo la copa de los árboles, en promedio 2-3 ºC por debajo a las registradas en áreas abiertas, llegando hasta 9,5 ºC en casos extremos. Además, los árboles interfieren parcialmente el paso de la radiación solar hacia la superficie del animal, aliviando su contribución potencial al incremento en la carga calórica del animal (Weston, 1982). La reducción de temperatura provista por la sombra de los árboles, aunque sea de 2 a 3 ºC, es extremadamente importante cuando la temperatura sobrepasa el límite superior del "área de confort" o "zona de termoneutralidad". 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 UDELAR (URUGUAY). FA (s.f.).

Como se ha dicho, la sombra provista por los árboles contribuye a reducir la temperatura ambiental, lo que tiene implicaciones directas sobre el comportamiento animal, su productividad, comportamiento reproductivo y sobrevivencia. En términos generales, la contribución de los árboles en la prevención o reducción del estrés de calor, es mayor a medida que se eleva la temperatura ambiental y cuando se trabaja con

animales de razas europeas, cuya zona de neutralidad está entre 5 y 20 ºC (Pezo e Ibrahim, 1998).

Según Pezo e Ibrahim (1998), 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:

- 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 la ganancia de peso, en la producción de leche y en los rendimientos de lana (independientemente de la cantidad y calidad del alimento disponible).
- 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 reproductiva útil, reducción en las pérdidas embrionarias y mejora en la libido.
- Reducción en 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 al nacimiento.

En Uruguay también se realizaron investigaciones sobre el tema, tal es el caso del experimento realizado en la Unidad Experimental Palo a Pique de INIA Treinta y Tres por Rovira y Velazco (2008), en el cual se analizó la tasa respiratoria y la temperatura externa del cuero de vacunos, como indicadores del estrés calórico y como la sombra puede ayudar a prevenir y/o mitigar el estrés calórico. Se menciona que en el rango de 70 a 90 respiraciones por minuto el animal está comenzando a poner en práctica mecanismos para reducir el incremento de calor corporal, como son las pérdidas de calor por evapotranspiración. La relación entre tasa respiratoria y temperatura del aire generalmente no es lineal de acuerdo a la literatura internacional, existe un umbral, a partir de los 26-27 ºC, en donde el incremento de la tasa respiratoria se vuelve más pronunciado.

Si bien no se tiene información suficiente como para establecer un umbral de temperatura externa del animal por encima del cuál habría estrés calórico, se sabe que hay una asociación positiva entre la temperatura del cuero y la tasa respiratoria. El color del pelaje tiene una marcada influencia, dado que a igual temperatura ambiente, animales de pelaje negro tienen una mayor tasa respiratoria y temperatura externa que aquellos de pelaje colorado (Rovira y Velazco, 2008).

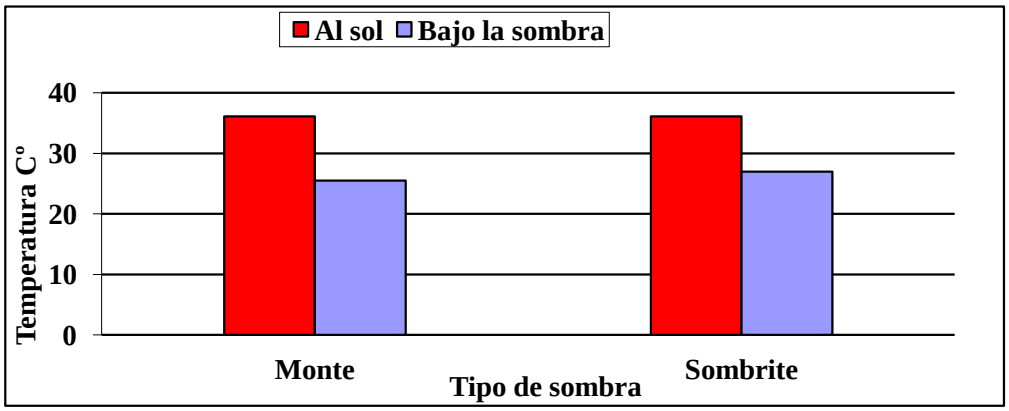
En dicho experimento, se evaluaron las condiciones ambientales generadas bajo un sombrite (80 % de intersección de la radiación solar), bajo un monte natural y al sol. Utilizando sensores que registran automáticamente la temperatura y humedad del aire y un termómetro de globo negro (mide la contribución de la radiación o temperatura radiante a 1,5 m desde el suelo). Se obtuvieron los siguientes resultados.

Cuadro No. 1: Media de variables climáticas registradas al sol o bajo diferentes tipos de sombra (promedio de 12 días entre las 10.00 y 18.00 horas en verano).

	Sol	Sombrite	Monte
Temperatura del aire, º C	25,7	25,7	**25,4**
Humedad relativa, %	73	70	**67**
Temperatura globo negro, º C	**35,3**	**30,3**	**28,0**

Se observa que no hubo diferencias en la temperatura del aire debajo de la sombra o al sol, sin embargo se registraron marcadas diferencias en el termómetro de globo negro, el cuál detecta diferencias en la temperatura asociadas a la radiación. Estos resultados muestran que el suministro de sombra mejora el balance calórico de vacunos en pastoreo durante el verano a través de la reducción de la radiación.

Figura No. 3: Efecto de la sombra en la temperatura de la cobertura vegetal del suelo (Rovira y Velazco, 2008).



El suministro de sombra también tuvo un efecto significativo en la temperatura de la cobertura vegetal a nivel de la superficie del suelo, la cual fue 10,6ºC y 9,1ºC menor en el monte y sombrite, respectivamente, comparado con la cobertura vegetal expuesta al sol (36,1ºC). Considerando que la temperatura de la cobertura vegetal expuesta al sol puede ser mayor que la temperatura del cuero del animal (34,9ºC), el animal puede ganar calor por mecanismo de radiación desde el suelo, siendo mayor la

ganancia en caso de suelos superficiales, con afloramientos rocosos y/o alta proporción de suelo desnudo (Rovira y Velazco, 2008).

Los árboles también le brindan al animal protección contra el viento, hecho muy importante visto que cuando la temperatura ambiental se encuentra por debajo de la zona de termoneutralidad, el animal tiene que sacrificar parte de la energía que podría ser utilizada en procesos productivos para utilizarla en contrarrestar el frío y mantener su temperatura corporal. El efecto protector de las cortinas rompe vientos no solo se manifiesta en mejoras en la productividad, sino también la sobrevivencia de los animales -especialmente los jóvenes- al disminuir la incidencia de neumonías (Pezo e Ibrahim, 1998).

En las etapas críticas de la cría ovina (parición, nacimiento, esquila) en las que el riesgo de mortandad puede ser severo, el silvopastoreo puede disminuirlo. Los índices de procreo, de señalada y eficiencia reproductiva, generalmente mejoran (Polla, s.f.).

Hay algunas limitantes a tener en cuenta, para encarar silvopastoreo con ovinos, en especial en la cría. La presencia del jabalí en los montes, atenta con la posibilidad de emprender la cría ovina en los silvopastoreos. Algunos productores pueden mantener alejados al jabalí de las majadas, con alambre eléctrico. Otras limitantes lo constituyen los zorros, el abigeato, las semillas que se prenden en la lana y el manejo de las majadas dentro de los montes (Polla, s.f.).

Se ha observado un mejor comportamiento productivo de animales que pastorean en un monte, sobre todo vacunos, por dos efectos. El efecto sombra, esto se explica porque los vacunos tienen dificultad para la liberación de su temperatura corporal en el verano, sobre todo cuando la temperatura ambiente supera los 25 ºC. Esto repercute negativamente sobre las ganancias de peso, producción de leche y fertilidad de los rodeos. El efecto abrigo, debido a que las condiciones de temperatura, vientos y humedad ambiente en el invierno, provocan aumentos muy importantes en los requerimientos energéticos de mantenimiento en los animales a pastoreo, quedando un remanente muy bajo o nulo de la energía consumida para aspectos productivos. El abrigo que genera el monte, provoca la disminución de los requerimientos de energía para mantenimiento, posibilitando un mayor remanente para la producción (Foglino, 1992).

Sin embargo, a pesar de un adecuado manejo silvicultural y pastoril del sistema, habrá una menor productividad pecuaria frente a la situación pastoril sin árboles. Dicho descenso será de menor magnitud que el de la baja producción de pasturas dada por un mejor balance invernal de la pastura y un mejor rendimiento animal, para un mismo consumo energético (Foglino, 1992).

No obstante, se menciona que las patologías causadas por la presencia de ectoparásitos en especial en la época estival es la principal causa de atención de los animales ya que su presencia puede ser continua en el microclima generado en las plantaciones forestales. De igual forma se recomienda el monitoreo permanente de los bosques para evitar otra patología ocasionada por la intoxicación por un hongo del género Clavaria denominado bocopa (síntomas en la boca, cola y patas) que nace en torno a los eucaliptos bajo ciertas condiciones de temperatura y humedad (Experiencias de Silvopastoreo, 2008).

Respecto a la sanidad ovina, no se presentan mayores riesgos si se cumplen con los protocolos corrientes, sin embargo también hay que tener presente la posible incidencia del Foot-rot y quizás otras enfermedades (Polla, s.f.).

Efectos indirectos: Son los causados por modificaciones de la capacidad de carga del pasto asociado. Además de la edad y composición del rodal, hay información experimental que indica que la carga animal bajo pastoreo es afectada por otros factores. La sombra determina una disminución en la producción de forraje por lo que la capacidad de carga animal disminuye en comparación con una misma situación pero sin los árboles.

A su vez, las áreas de drenaje o las adyacentes a caminos vecinales u otras infraestructuras mantienen una densidad de árboles más baja que el promedio general del rodal por lo que producen grandes cantidades de pasto y podrían soportar una carga más alta (Somarriba, 1986).

2.2.3.2 Efectos de los animales sobre los árboles

Efectos directos: Estos se dan especialmente en los estadios juveniles de los árboles, cuando los animales pueden causar daños mecánicos (incluyendo la destrucción de plantines). 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 UDELAR (URUGUAY). FA (s.f.).

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 meristemos 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 el pastoreo se realice con ovinos y luego se ingresen bovinos al sistema. Enrich (1992), en ensayos sobre silvopastoreo, al ingresar lanares a los 14 meses de edad del monte no

determinó daños a los plantines. Adicionalmente, el mantener un balance adecuado entre la disponibilidad de forraje y la carga animal ayudará a prevenir mayores daños por defoliación. En la figura No. 4 se puede observar daño causado por bovinos adultos en una plantación de *Eucalyptus grandis* de un año de edad.

Figura No. 4: Daños causados por ganado

Efectos indirectos: Los animales actúan 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. Esto depende de la frecuencia e intensidad de pastoreo. Conjuntamente los animales también intervienen en la provisión de nutrientes a través de las excretas UDELAR (URUGUAY). FA (s.f.).

2.2.3.3 Efectos de los árboles sobre las pasturas

Éstos se traducen principalmente por modificaciones en el microambiente, competencia por factores de crecimiento (luz, nutrientes, agua) y cambios en la estructura y erodabilidad de los suelos (Bronstein, 1983), lo que determina una disminución en la cantidad de forraje producido.

Sin embargo, cuando las leñosas perennes y las especies herbáceas comparten el mismo terreno, pueden presentarse entre ellas relaciones de interferencia y de facilitación. La competencia por radiación lumínica, por agua y por nutrientes, así como las posibles relaciones alelopáticas entre componentes, son manifestaciones de interferencia. En cambio, la fijación y transferencia de nutrientes y la acción protectora al atenuar el frío en invierno y el desecamiento en verano que pueden ejercer las leñosas, son ejemplos de relaciones de facilitación. La magnitud de las interacciones entre leñosas perennes y pasturas, así como entre individuos dentro de cada una de estas categorías, es función de la disponibilidad de factores de crecimiento en el medio, los

requerimientos específicos y las características morfológicas de los componentes, la población de plantas y su arreglo espacial y el manejo al que están sometidos. Así, la producción de forraje, su evolución y su composición botánica estará fuertemente afectada por la densidad del monte y su manejo silvicultural (Pezo e Ibrahim, 1998).

Plantaciones de pino y eucalipto para obtener madera aserrada y con espaciamientos uniformes reciben un manejo silvícola combinado de podas y raleos que "abre" el monte a temprana edad favoreciendo la producción de forraje para el sistema. En el caso de plantaciones densas de *Eucalyptus globulus* para producir madera rolliza fina para pulpa lo indicado es la plantación en fajas con y sin árboles, alternadas, para tener áreas de pastoreo (Polla, s.f.).

Efectos por sombreado: Una de las desventajas frecuentemente asociadas a la combinación de árboles con pasturas es que la copa de las primeras interfieren en el paso de la radiación lumínica hacia el estrato herbáceo, lo cual redunda en un menor potencial de crecimiento de este último; sin embargo, la naturaleza y magnitud de la interferencia es dinámica, tanto a lo largo del día como en función de la edad de la plantación (Pezo e Ibrahim, 1998).

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

En los SSP que involucran plantaciones de árboles maderables o frutales con pasturas, la cantidad y calidad de la luz que pasa a través de la copa de los árboles y llega al estrato herbáceo tiende a cambiar rápidamente con la maduración de las leñosas. En la mayoría de las plantaciones, con las densidades normalmente utilizadas, las copas tienden a cerrar de tal manera, que al cabo de 5 a 8 años la transmisión de luz puede caer hasta por debajo del 30%, pero además va a ocurrir una disminución importante en la proporción de luz fotosintéticamente activa con relación a la infrarroja (Pezo e Ibrahim, 1998).

La disminución en la calidad y cantidad de luz que llega al estrato herbáceo, la cual se hace más marcada a medida que avanza en edad la plantación, no solo resulta en una reducción en la tasa de crecimiento y potencial de producción de fitomasa de la pastura, sino en cambios importantes en la composición botánica y en la morfología de las pasturas. Estos cambios se manifiestan en la dominancia de gramíneas poco productivas y otras especies poco palatables para el ganado. Esto redunda en una fuerte reducción en la capacidad de carga de las pasturas, la cual puede llegar incluso hasta

menos de 1/5 de la observada en las etapas iniciales. Sin embargo, aún con estas variaciones, es factible conseguir una estabilidad en la producción animal y forestal a nivel de empresa, siempre y cuando se establezcan rotaciones en el tiempo en cuanto a los ciclos de plantación, raleos y corta, para diferentes lotes (Pezo e Ibrahim, 1998).

Foglino (1992), no menciona una disminución en la calidad de las pasturas por efecto de la sombra, por el contrario dice que es posible que se evolucione a tapices con un mejor balance de gramíneas invernales. Dado que los tapices herbáceos naturales en el Uruguay presentan una marcada dominancia de especies de gramíneas estivales (C_4) que en general presentan una menor calidad que las invernales, el efecto protector de los árboles produciría un aumento en la frecuencia de algunas especies invernales (C_3), lo que estaría explicado por varios aspectos tales como la acción protectora de los árboles, ya que debido al efecto de la sombra en verano aumentaría la probabilidad de sobrevivencia de macollos de especies perennes de ciclo invernal al estar sometidos a un ambiente menos desecante. A su vez, el bosque también ejerce un efecto protector contra las heladas, debido a que las temperaturas mínimas dentro del monte son superiores, siendo escasa la ocurrencia de heladas dentro de él, propiciando mayor crecimiento de las pasturas. Conjuntamente se produce una mayor acumulación de nitrógeno en la superficie del suelo, lo que potenciaría el crecimiento vegetal. No obstante, aclara que los tapices acompañantes no son más productivos ya que al aumentar la intersección de luz por el estrato arbóreo se deprime la producción forrajera.

Otros trabajos determinaron una importante reducción en los rendimientos de algunos forrajes bajo la influencia severa de la sombra como se muestra en el cuadro No. 2. El rodal de la evaluación tenía un espaciamiento de 3 x 3 y poda a los 2,4 m de altura.

Cuadro No. 2: Pastos sembrados bajo un rodal de *Pinus elliottii*.

Pastos	Disminución en el rendimiento con 16% de luz bajo los árboles
Paspalum notatum	**79 %**
Cynodon dactilon	**71 %**
Paspalum dilatatum	**56 %**

Fuente: Hart et al., citados por Polla (1992).

No obstante, 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.

Cuadro No. 3. Tolerancia de algunos pastos al efecto sombra bajo condiciones artificiales.

% de luz natural	Trifolium subterraneum var. nangeela	Lolium multiflorum
50 %	92 %	51 %
25 %	49 %	28 %

Fuente: Watson et al., citados por Polla (1992).

El Trifolium presenta una disminución de 8% y 51% con respecto a su producción con 100% de luz natural, mientras que el Lolium se muestra menos tolerante a la sombra ya que tiene una disminución de 49% y 72% según el porcentaje de luz natural, en comparación con su producción sin efecto de la sombra.

Otra opción para regular la magnitud de la interferencia de luz en los sistemas de plantaciones es 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* (Shelton, 1993), la disminución en la densidad de árboles favoreció la producción de forraje y la productividad animal del sistema, pero provocó 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.

Efectos por competencia y aporte de nutrientes: 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 las pasturas (Nair 1982, 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.

En los sistemas de plantación con estrato herbáceo como cobertura, los árboles y las pasturas (también malezas) pueden competir o complementarse con respecto a su nutrición mineral. La competencia por nutrientes toma importancia cuando los sistemas radiculares de ambos componentes comparten el mismo sector del perfil del suelo (1 o 2 años en eucaliptos y pinos respectivamente); cuando el suelo presenta limitaciones en cuanto a su fertilidad, cuando las especies son muy extractivas de nutrientes y las densidades de plantación son altas. Quizás, en la mayoría de sistemas de plantación son más evidentes los efectos de complementariedad que los de competencia entre los árboles, la vegetación herbácea y los animales en pastoreo, con respecto a la nutrición mineral (Pezo e Ibrahim, 1998).

Los incrementos en la acumulación de biomasa vegetal en pie, por lo general, van de la mano de un mayor secuestro de nutrientes que de lo contrario se alojarían en el suelo. Especialmente relevante en este sentido es el calcio, elemento escaso en los tejidos de la plantas herbáceas, particularmente pastos, pero abundante en los tejidos de especies leñosas angiospermas (Jobbágy y Jackson, 2004).

La transferencia de calcio como de otros cationes desde el suelo a la biomasa vegetal es acompañada por la liberación de acidez de la vegetación al suelo, como necesario balance de cargas (Marschner, citado por Jobbágy et al., 2006).

Datos extraídos de Jackson et al. (2005) arrojan una generalizada caída del pH de los suelos tras la forestación. En promedio las plantaciones tuvieron 0,3 unidades de pH menos que las pasturas en la superficie del suelo mineral y los eucaliptos generaron caídas de pH significativamente más fuertes que los pinos. En forma conjunta, las forestaciones redujeron la saturación del complejo de intercambio con bases, a partir de la caída en la fracción intercambiable de magnesio, potasio y calcio. Contrariamente, la cantidad de sodio intercambiable aumentó en el 80% de los casos.

Las leñosas pueden aportar nutrientes a las pasturas, esto se da cuando los árboles son capaces de establecer relaciones simbióticas con rizobios y otras especies fijadoras de nitrógeno atmosférico, de este modo van a transferir parte del nitrógeno fijado a las especies acompañantes. Adicionalmente, si las leñosas poseen sistemas radiculares más profundos que los de la vegetación herbácea, pueden ejercer un efecto de "bombeo de nutrientes" hacia el estrato herbáceo, pues a través de la mineralización de sus hojas y ramas senescentes hacen disponibles para las pasturas nutrientes que se encontraban inicialmente en sectores del perfil del suelo no alcanzables por la profundidad del sistema radicular. La magnitud del reciclaje de nutrimentos puede ser tal que llega a sobre compensar el efecto detrimental ejercido por la sombra (Pezo e Ibrahim, 1998).

Las pasturas también pueden aportar nutrientes a las leñosas y contribuir al mejoramiento de su productividad. Quizás el ejemplo más relevante sea el uso de

leguminosas forrajeras como cultivos de cobertura en sistemas de plantación, pues en este caso la vegetación herbácea aporta nitrógeno atmosférico al sistema y mejora la eficiencia del reciclaje de nutrimentos al enriquecer el suelo con una materia orgánica de mejor calidad, así como a través de su acción en el mejoramiento de las características físicas del suelo. En sistemas de plantación cuyo estrato herbáceo es manejado bajo pastoreo, el aporte de nutrimentos vía la deposición de excretas es otro mecanismo importante de reciclaje de nutrientes, además de contribuir al mejorar la eficiencia del proceso de mineralización de la biomasa reciclada por las leñosas, dado el alto contenido de nitrógeno presente inicialmente en la orina. Algunos trabajos evidencian una mayor productividad del componente arbóreo cuando las plantaciones están sometidas a pastoreo que en ausencia de animales (Pezo e Ibrahim, 1998).

Cuando las pasturas crecen asociadas con árboles, se ha dicho que las ramas y hojas caídas constituyen 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 en 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 producto de podas o de raleos interfieren el crecimiento del estrato herbáceo. Estos efectos son menos marcados cuando las hojas caídas son de fácil descomposición o son palatables para el ganado. Por otra parte, las ramas pueden provocar daños por cortes. También los problemas de mastitis por cortes o golpes con ramas pueden ser marcados en el caso de animales lactantes que pastorean bajo estas condiciones. Sin embargo, el problema puede controlarse bastante con el movimiento cuidadoso de los animales en la plantación, o picando las ramas (Pezo e Ibrahim, 1998).

Efectos sobre la disponibilidad de agua: La competencia por agua tal vez sea uno de los aspectos más controvertidos a nivel mundial. En Uruguay es imprescindible generar información sobre la consecuencia de la forestación sobre el contenido de agua, dado que es un rubro relativamente nuevo, con un desarrollo a nivel comercial de poco más de 20 años. La información obtenida en la bibliografía consultada todavía no es concluyente sobre la magnitud de los cambios que ocurren en el contenido de humedad del suelo en áreas forestadas, por los contrario, muchas veces es contrastante.

Estudios realizados por Silveira et al. (2006), determinan que el suelo bajo *Eucalyptus* presenta menor contenido de agua que el suelo bajo pastura natural, excepto en los períodos en que ocurren abundantes precipitaciones y baja ETP. Este comportamiento se da en todo el perfil del suelo. Para ese período, en ambas coberturas el suelo estuvo muy cercano a capacidad de campo, superando ese valor ampliamente en

el caso de los suelos bajo pasturas. Considerando períodos invernales muy lluviosos y que en esa época la ETc 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 a "capacidad de campo" 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, a grietas y canales de raíces que constituyen caminos de escurrimientos preferenciales, conjuntamente con un efecto de hidrofobicidad provocado por las propiedades de la materia orgánica producida por los *Eucalyptus* lo que produce mayor infiltración. 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*.

Considerando que bajo forestación infiltra más agua al suelo en períodos de exceso (menor escurrimiento), y que el agua es menos retenida por el suelo, es de esperar una mayor magnitud del drenaje profundo al final del período invernal. Por lo tanto, al menos en dicho período existiría mayor recarga de acuíferos subsuperficiales bajo monte. Evidentemente, dicho efecto debe ser cuantificado y comparado con la mayor evapotranspiración anual y menor escurrimiento superficial bajo montes. El trabajo de Silveira et al. (2006), constituye el aporte disponible más avanzado para las condiciones de nuestro país, acerca de los efectos de la forestación sobre el escurrimiento superficial en cuencas de diferentes escalas. Aún no se poseen datos nacionales de evapotranspiración de las plantaciones forestales, los cuales se tornan imprescindibles a los efectos de dilucidar el posible efecto sobre la recarga de acuíferos. Si la magnitud de la disminución de escurrimiento medida y estimada por Silveira et al. (2006), fuese comparable con el incremento de la evapotranspiración, no deberían verse afectados los otros términos del balance hídrico, entre los que, a escala temporal anual, predomina ampliamente el drenaje profundo que recarga los acuíferos. El menor contenido de agua bajo eucaliptos en verano es lo esperable, debido a su mayor requerimiento hídrico y aun sistema radicular capaz de explorar un mayor volumen de suelo (Delgado et al., 2006).

Paralelamente, Jobbágy et al. (2006), mencionan que la mayor tasa de crecimiento de los árboles va acompañada por un mayor uso del agua, aumentando la cantidad de agua evapotranspirada y disminuyendo el rendimiento hidrológico al reducir el caudal de escorrentía.

Los impactos de la forestación sobre los caudales, son más fuertes, en términos de merma relativa, bajo climas más secos. Esto se debe a que en estas zonas la fracción de la lluvia que alcanza los arroyos es de por sí baja y por lo tanto pequeños aumentos en la evapotranspiración pueden causar fuertes cambios en el rendimiento hidrológico (Zhang et al., Farley et al., citados por Jobbágy et al., 2006). Es importante notar que la

reducción de caudal fue 20% mayor en plantaciones de eucaliptos que en plantaciones de pinos.

En 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 sombreamiento. Además, bajo la sombra de los árboles se incrementa la disponibilidad de humedad en el suelo en los primeros centímetros, 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. Las modificaciones en la economía de agua del sistema provocadas por el pastoreo son más importantes en aquellos ecosistemas que presentan sequía estacional y cuando se trabaja con especies forrajeras o leñosas sensibles al estrés de 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* (Pezo e Ibrahim, 1998).

2.2.3.4 Efectos de los árboles sobre la estructura del suelo

El sistema radicular de los árboles produce un aumento en la proporción de macro y mesoporos (Musto, citado por Silveira et al., 2006).

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).

A su vez, muchos suelos erodables actualmente son considerados de prioridad forestal, debido al efecto positivo que presentan las raíces de los árboles sobre la erosión.

2.2.3.5 Otros efectos

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, 1981).

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.

2.2.4. Ejemplos de pastoreo en plantaciones forestales en el Uruguay

En el Uruguay se pueden distinguir dos tipos de pastoreos asociados a la forestación ya que existen plantaciones hechas con un diseño silvopastoril y plantaciones forestales convencionales donde se hace un manejo silvopastoril. Sin embargo, es importante destacar que en su mayoría las plantaciones forestales en el Uruguay han sido implantadas sin un criterio silvopastoril, es decir, sin la elaboración de un sistema en el cual se planifica con anticipación las especies (leñosas y herbáceas) conjuntamente con un manejo silvicultural y pecuario que contemple la presencia simultánea en el tiempo y en el espacio de árboles y animales de modo de obtener beneficios adicionales para ambos rubros.

Es sumamente común el pastoreo en plantaciones forestales, siendo la ganadería un rubro netamente secundario, obteniendo con esta práctica la limpieza de caminos y cortafuegos, lo que contribuye a reducir la biomasa combustible y así prevenir incendios. Como beneficio adicional el ganado ofrece un retorno económico en un menor lapso de tiempo. En contrapartida las plantaciones brindan principalmente servicio a los animales, al protegerlos de las inclemencias del tiempo.

Noble (1992), señala un ejemplo de lo mencionado anteriormente, que es el realizado por la empresa F.Y.M.N.S.A. en el departamento de Rivera. Dicha empresa luego de forestar un potrero con pinos, lo cierra al pastoreo por tres años como forma de evitar los daños a los árboles. De todas formas, se menciona la conveniencia de empezar antes el pastoreo para recuperar el tapiz original ya que al pasar tanto tiempo cerrado al pastoreo, los potreros se "ensucian", formándose una masa de pastos (principalmente maciegas), conjuntamente con una fuerte invasión de malezas (chirca, carqueja, cola de zorro, etc.), bajando en forma considerable la calidad de las pasturas al estar constituida casi en su totalidad de pasto seco. A su vez, dichas pasturas alcanzan una altura de aproximadamente 0,8 a 1 m y con una gran densidad, lo que dificulta el desplazamiento de los animales.

El pastoreo se inicia con terneros, por su menor estatura, con lo que se evita que se dañe el meristema apical de los árboles. Sin embargo, esa es una categoría de animales que necesita una pastura de alta calidad y se la obliga a comer una pastura de mala calidad. Para romper lo antes posible el enmacegamiento del campo y promover la presencia de pastos de buena calidad, se utilizan altas cargas instantáneas por poco tiempo.

La utilización principalmente de pinos como componente forestal permite un aprovechamiento pastoril hasta los siete u ocho años de edad de la plantación debido a que la acumulación de pinocha en el estrato bajo y a la casi nula incidencia de luz en el tapiz, prácticamente se elimina la presencia de pastos.

El microambiente formado debajo de los árboles (temperatura y humedad) y el tipo de pasturas que se desarrolla condiciona la utilización de ovinos a algunos años y a determinadas épocas del año, dadas las dificultades que se presentan para su manejo en éstas condiciones.

Por su parte Enrich (1992), describe dos ensayos silvopastoriles. Dichos ensayos fueron realizados en suelos 2.12 y 2.11b del departamento de Lavalleja. En uno de los ensayos se planta *Eucalyptus globulus* con un marco de plantación de 2 x 2 x 8 lo que determina una densidad de 1000 eucaliptos/ha. En el mismo predio se planta *Pinus elliottii* con un marco de 2 x 5 lo que determina una densidad de también 1000 árboles/ha. El pastoreo se inicia al tercer año en la plantación de pino y en la plantación de eucaliptos se ingresaron 180 caballos al octavo mes de plantación con los plantines de 80 cm de altura. Consiguientemente en el mes 14 se ingresaron 500 lanares y en ambos casos no se registraron daños a los plantines por los animales.

A su vez Polla (s.f.), menciona que en general el componente ovino es introducido al sistema luego que las plantas leñosas se arraigaron al sitio y tomaron cierto desarrollo aproximado de 1,5 m de altura, lo que se hace posible entre los 6, 8 y 12 meses luego de implantado el monte; según la plantación. Los equinos son los que generalmente se introducen primero y luego lo hacen los ovinos, mientras que los vacunos lo hacen en tercer lugar.

Todos los ejemplos mencionados a continuación son de Polla (s.f.).

En Paysandú (1989) se usaron 13 ha de *Eucalyptus grandis* a 5 x 2 m, siembra asociada con *Avena sativa* y *Lolium multiflorum.* Ingreso de animales a los 3 años: ovejas, borregas y categorías muy jóvenes de bovinos. Pastoreo con alambrado eléctrica, de mayo a setiembre. Buena sanidad animal.

También en Paysandú en 1990 bajo 99 ha de *Populus deltoides* híbrido 63/51 a 6 x 6 con campo natural y en un segunda etapa con mejora por siembra en cobertura de *Trifolium repens* y *Lolium multiflorum.* Ingreso de animales a los dos años: en el 1er año de pastoreo, capones, vacunos, caballos, con una carga de 0,875 U.G/ha; en el segundo año, 200 vacunos de cría. Seis pastoreos rotativos por año, en potreros de 25 ha y con días de descanso según la estación.

En Río Negro 520 ha de *Eucalyptus grandis*, *E. globulus* ssp *globulus*, *E. globulus* ssp *maidenii* y *E. viminalis* (1980 y 1990) a 4 x 2,5 m, 3 x 3m, 2,5 x 2 m, campo natural con *Lolium multiflorum.* Ingreso de borregos y ovejas falladas, terneros, ganado de cría y equinos. Pastoreos con cargas altas de 4 UG/ha por lapsos cortos. El manejo animal se dificultó por la alta densidad del monte y la ramificación de los árboles.

En Río Negro 50 ha de *Pinus taeda* (1989) a 1 x 2 x 8 con campo natural. Con ovinos Corriedale de todas las categorías.

En Río Negro 500 ha de *Populus* híbridos (1978 – 1992), a 6 x 6 m, 8 x 8 m, 8 x 10 m y campo nativo. Ingreso de ovinos a los 4 – 5 años del monte: ovinos Corriedale y vacunos Holando.

Maldonado, 910 ha de *Eucalyptus globulus* (1991 – 1995) a 2 x 2 x 8 con campo natural. Ingreso de animales a los 8 meses de edad de la plantación: capones, novillos y equinos. Pastoreo continuo con dotaciones altas. El componente forestal aportó a la unidad productiva, casi el doble de valor bruto de producción. Se cosecho con 6 años de edad, en el año 1997 y presento un incremento medio anual (IMA) de 13,5 m^3 ssc/ha.

En Cerro Largo 219 ha de *Eucalyptus grandis* y *E. viminalis* (1992) a 4 x 2 con campo natural mejorado y cultivo de maíz entre la fila de los árboles. Componente animal: ovinos y equinos.

En la Estación experimental de la Facultad de Agronomía en Bañado Medina se usaron 6 ha del huerto semillero de *Pinus taeda* de 6 años de edad, con una densidad de 106 árboles/ha y tapiz dominado por *Cynodon dactylon* (gramilla). Se ingresaron 30 borregos Corriedale de 22 meses de edad. El área se subdividió en 5 potreros iguales de 0,8 ha. Se hizo un pastoreo rotativo de una semana en cada potrero, durante un período de 16 meses. La carga fue de 1,5 UG/ha, con cargas instantáneas de 7,5 UG/ha. Se obtuvo de este modo una producción de lana total igual a 39 kg/ha; lana total/cabeza = a 3,2 kg (peso vellón sucio) y de carne igual a 37 kg/ha. En este caso no existieron interacciones negativas entre los componentes animal y forestal; ni se detectaron daños en los árboles, los que presentaron un incremento medio anual de 4 cm en DAP y 1,24 m en altura total (Martínez et al., 1990).

2.3 GRAMÍNEAS FORRAJERAS

2.3.1 *Lolium multiflorum* (raigrás)

En general se acepta que el raigrás anual es la gramínea más productiva en los suelos más fértiles. Esta especie es una de las mejores gramíneas de invierno siendo su mayor producción en primavera y debido a sus excelentes atributos es imposible de ser superada por la mayoría de las especies forrajeras. Para pastoreo directo los raigrases anuales se ofrecen como plantas rústicas agresivas y muy macolladoras, soportando perfectamente el pisoteo y el diente, al ofrecer buen piso (mejor que los cereales, dada su amplia cabellera de raíces superficiales) y rebrotando rápidamente (dado su muy activo proceso de macollaje). Por sus numerosas cualidades, los raigrases anuales son las gramíneas por excelencia para constituir praderas tanto de corta duración (bianuales) como de larga duración (perennes) para darles precocidad en el año de siembra.

También pueden ser destinados a reservas forrajeras, ensilaje, henolaje y heneficación. Los mejores resultados en el pastoreo directo se logran pastoreando en forma intermitente. En la mayoría de las oportunidades los raigrases no se siembran en forma de cultivos puros sino que se instalan formando asociaciones con otras especie forrajeras, a los efectos de complementar entregas importantes de forraje tanto en volumen como en calidad en determinadas épocas y períodos del año. A pesar de las grandes ventajas que presenta el raigrás y los diferentes y numerosos roles que pueden cumplir, las plantas de esta especie carecen de longevidad, por lo que su permanencia en las pasturas se debe lograr por una forzosa autosiembra anual (Carámbula, 2006a).

En los últimos años, el raigrás anual *(Lolium multiflorum)* se ha convertido en una alternativa válida como verdeo invernal en los planteos forrajeros, especialmente en la zona húmeda. Esto se debe en parte al aporte genético de los nuevos materiales. (Amigone y Tomaso, 2004).

Con respecto a la época de siembra de otoño, se recomienda las siembras tempranas con el objetivo de disponer de forraje para el pastoreo lo más temprano posible. A su vez, la siembra tardía implica que a fines de invierno y principio de primavera se puede inhibir el crecimiento de las raíces de plantas adultas por estar el suelo saturado de agua y poco oxigenado lo que disminuye la producción de forraje (Carámbula, 2006a).

Lo ideal es sembrarlo en los primeros días de marzo; las siembras tempranas de febrero tienen mayor riesgo por la susceptibilidad de las plántulas al déficit hídrico (García, 2003).

El sistema radicular superficial que presenta el raigrás la hace vulnerable a condiciones severas de sequía (INTA, 2006).

2.3.1.1 *Lolium multiflorum* cv. LE 284

Este es un cultivar diploide de tipo westerwoldicum sin requerimientos de vernalización, floreciendo con los días largos. Se presenta como muy macollador, puede llegar a comportarse en forma agresiva. Tiene muy buena respuesta al nitrógeno siendo su adaptación muy buena en muchos tipos de suelos, variando su producción según los niveles de fertilidad. Es apto para uso en mezclas de rotación corta o como verdeo invernal. Se considera que tiene una muy buena capacidad de implantación. En el estado de plántula es bastante sensible al déficit hídrico. Debido a su probada adaptación a la región se destaca por su producción invernal teniendo su pico de máxima a fines de setiembre, decreciendo luego rápidamente su producción y calidad como resultado de la encañazón. Tiene un alto valor nutritivo durante casi todo el ciclo, su digestibilidad en el invierno alcanza valores de 80% para luego decrecer rápidamente a partir de fines de setiembre (CALPROSE, 2008).

Puede ser sembrado temprano en el otoño tanto en siembras convencionales como en siembras directas luego de cultivos de verano, o en cobertura sobre rastrojos de arroz. De esta forma se obtienen ofertas tempranas de forraje. La densidad normal de siembra es de 20 a 30 kg/ha en siembras puras. Como todos los cultivares de raigrás anual, LE 284 presenta una excelente respuesta a la fertilización nitrogenada, siempre que la disponibilidad de fósforo sea la adecuada. LE 284 puede ser usado sólo como verdeo, o en mezclas para pasturas de corta duración, con trébol rojo y cebadilla criolla (SOFOVAL, 2008).

El rendimiento total de raigrás LE 284 se ve afectado por la fecha de siembra, presentando una disminución de 10% con una siembra tardía como se observa en el cuadro No. 4. Sin embargo, en invierno, la siembra tardía tuvo una producción 75% menor a la siembra en fecha, en contrapartida produjo 68% más en primavera (Formoso, 2007).

Cuadro No. 4: Rendimientos de raigrás al primer año (MS Kg/ha), en siembra normal y tardía.

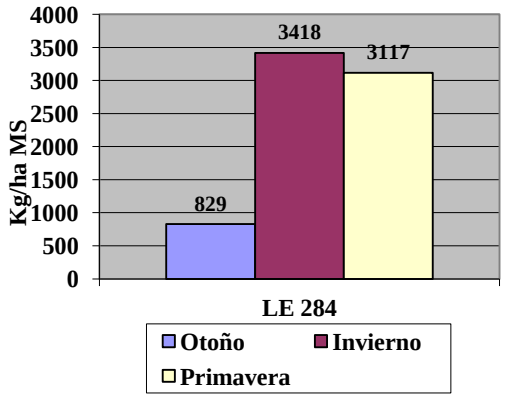
	Invierno	Primavera	Total	Variación (%)
LE 284 **	3950	1170	5120	
LE 284 ***	990	3630	4620	**-10 ***
Min-Máx	**690 – 3335**			

Fuente: INIA (2007)

* Disminución por siembra tardía.
** Siembra normal
*** Siembra tardía
Min – Máx. Rendimientos mínimos y máximos en invierno, siembra tardía.

En la Figura No. 5 se observa el promedio del rendimiento estacional (período abril-diciembre) de *Lolium multiflorum* cv. LE 284. El rendimiento total promedio fue de 7364 kg/ha de MS. Ese cultivar fue evaluado durante 7 años (1995-2001), en 14 ensayos sembrados en otoño (marzo-abril) en siembra pura y previo laboreo convencional. La mayoría de los ensayos fueron instalados sobre un suelo Brunosol sub-éutrico, profundo, de textura franco-limosa en el horizonte superficial, con un contenido de materia orgánica de 3,3% y pH en agua de 5,8. La fertilización fosfatada se ajustó para lograr niveles de 10-15 ppm Bray I. Los ensayos se fertilizaron con un promedio de 120 kg N/ha/año, variando según los años y realizando aplicaciones principalmente entre principios de otoño y mediados de primavera (García, 2003).

Figura No. 5: Rendimiento estacional (Kg/ha MS) de raigrás.



Fuente: García (2003)

2.3.2 *Festuca arundinacea*

La festuca es indudablemente una de las gramíneas perennes con producción otoño invernal, más importantes utilizadas en la región y componente esencial en la mayoría de las pasturas sembradas. Sin embargo, existen algunos caracteres negativos que, en general, no han podido ser totalmente resueltos. Así, la implantación es lenta dado que sus plántulas son muy poco vigorosas. Como consecuencia son fácilmente dominadas por especies anuales de crecimiento rápido (Cowan, citado por Carámbula, 2006a). Por esta razón, ésta al estado de plántula debe manejarse con mucho criterio, si no se quiere correr el riesgo de perderla por competencia, ya sea de malezas o de especies forrajeras de buen vigor inicial, siendo una de las especies que sufre más en siembras consociadas con cereales. Al respecto, se ha sugerido que el establecimiento pobre se debería a la baja movilización de las reservas de la semilla y en consecuencia el crecimiento lento de la raíz. La falta de apetecibilidad en etapas avanzadas del crecimiento es otro de los principales inconvenientes que presenta esta gramínea.

La edad de la hojas, la fertilidad del suelo en la cual se desarrolla, la época del año, la variación genética y quizá la clase de pasturas que el animal recibió previamente, pueden incluirse entre los factores que afectan dicho carácter (Maddaloni, citado por Carámbula, 2006a). Un aspecto fundamental que se debe cubrir sin excepciones y que determina el éxito o el fracaso de esta especie como componente de las pasturas sembradas, es aplicar el manejo acertado tanto de fertilización como de defoliación. Debido a su alta producción y a su rebrote rápido, esta especie necesita disponer de muy buena fertilidad, si se quieren aprovechar sus características más sobresalientes. Cuando

la festuca no posee una adecuada disponibilidad de nitrógeno, cambia radicalmente su comportamiento, se torna amarillenta, rebrota lentamente y su forraje es poco apetecido o rechazado por los animales; en estado reproductivo también presenta baja palatabilidad.

En cuanto al manejo de defoliación, la festuca admite defoliaciones intensas y relativamente frecuentes no solo porque las sustancias de reserva se encuentran en las raíces y rizomas cortos que forman la corona de las plantas, sino también porque por lo general, las plantas presentan áreas foliares remanentes altas luego de los pastoreos (MacKee, citado por Carámbula, 2006a).

La falta de latencia estival y la carencia de órganos apropiados para acumular grandes volúmenes de reserva, pueden hacer peligrar la productividad y la persistencia de esta especie bajo regímenes de manejo relativamente intensivos. Por esta razón, al igual que en la mayoría de las gramíneas, ciertos períodos de descanso favorecen su buen comportamiento (López et al., citados por Carámbula, 2006a).

La festuca se mantiene verde todo el año siempre que disponga de suficiente humedad, ya que en verano la falta de agua limita su crecimiento más que las temperaturas elevadas. No obstante, se debe destacar que su sistema radicular fibroso, profundo y muy extendido le permite obtener agua de los horizontes más profundos, debido a esto tiene buena resistencia a la sequía. La persistencia de la festuca depende fundamentalmente del desarrollo de un buen sistema radicular desde fines de invierno y primavera ya que no se resiembra naturalmente (Carámbula, 2006a).

En siembras puras, así como asociadas, la siembra de Festuca en línea es uno de los factores que mayor incidencia tienen en la implantación. Cuando se compara la siembra de Festuca en línea frente a la siembra al voleo, con frecuencia se obtienen incrementos del 15 al 30% en la producción de gramíneas de la pastura, especialmente cuando las condiciones para el desarrollo de las pasturas no son muy favorables (Rebuffo et al., citados por Brito del Pino et al., 2008).

2.3.2.1 *Festuca arundinacea* cv Tacuabé

Esta es una variedad sintética compuesta de 7 clones padres de diversos orígenes seleccionados por su producción otoño-invernal, persistencia y agresividad frente a trébol blanco (CALPROSE, 2008).

Está especialmente indicada para praderas de rotación larga, requiriendo suelos de fertilidad media a alta para desarrollar su potencial. No se adapta a suelos superficiales y arenosos. Como todas las festucas, es de lenta implantación y bajo vigor inicial, beneficiándose notoriamente con las siembras en líneas (CALVASE, 2008).

Se destaca netamente de la mayoría de los cultivares actuales por su mayor producción y persistencia. Produce 40% más de forraje que Kentucky 31 en otoño-invierno y su pico de máxima producción es en octubre. Si bien su producción de verano es pequeña, se mantiene verde y contribuye a reducir el avance de especies estivales agresivas. Si su implantación es buena y no se sobrepastorea en verano, tiende a dominar las praderas a partir del tercer año. Produce bien en pastoreos rotativos y continuos y el principal requisito para su productividad y persistencia es no pastorearla intensamente durante el verano. En cuanto a su calidad, sus niveles de digestibilidad en invierno oscilan en 77% y decrecen a partir de fin de setiembre (CALPROSE, 2008).

Al igual que todas las gramíneas, tiene baja palatabilidad en estado reproductivo. La densidad de siembra recomendada es de 10 a 15 Kg/ha en forma pura (CALVASE, 2008).

En el cuadro No. 5, se evidencia que el rendimiento de festuca en su primer año, se ve disminuido por la siembra tardía. El año 2007 que se presentó muy lluvioso en otoño, no permitió la siembra en fecha, la que se pudo realizar el 12 de mayo. Su rendimiento al primer año fue 48% inferior al del año anterior (2006) y 37% inferior al del año posterior (2008), Vilaró (2009).

Cuadro No. 5: Primer año de vida de festuca en los ensayos sembrados en los años 2006, 2007 y 2008.

F. TACUABÉ	Cortes (3)	Cortes (2)	Cortes (3)	Conjunto
Año	2006	2007	2008	
Materia seca kg/ha	7294	3824	6037	5718
Fecha siembra	24/04	12/05	22/04	
Fecha emergencia	12/05	04/06	07/05	

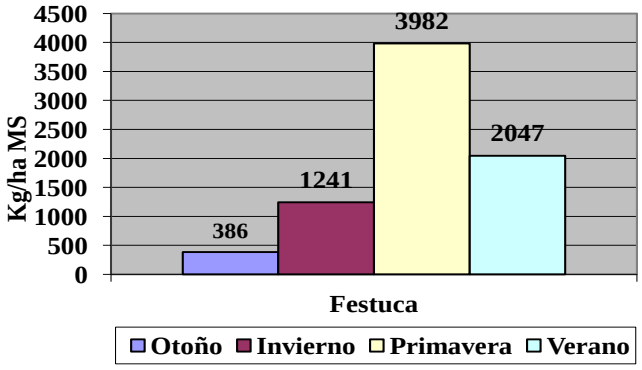
Fuente: INIA (2009)

El ensayo 2008 se regó inmediatamente con 20 mm para favorecer su emergencia pues el otoño ya tenía registros de sequía. Se realizó un segundo riego de 20 mm el 6 de mayo para favorecer la implantación. El primer corte se logró el 15 de agosto (INIA, 2009).

En la Figura No. se observa el promedio del rendimiento estacional de *Festuca arundinacea* cv. Amba. El rendimiento total promedio en el primer año de producción fue de 7656 kg/ha de MS. El cultivar fue evaluado en un período comprendido entre 1989 y 2001, en 13 ensayos sembrados en otoño (marzo-abril), siendo evaluados hasta diciembre inclusive. Se sembró en forma pura y previo laboreo convencional. La mayoría de los ensayos fueron instalados sobre un suelo Brunosol sub-éutrico, profundo, de textura franco-limosa en el horizonte superficial, con un contenido de

materia orgánica de 3,3% y pH en agua de 5,8. La fertilización fosfatada se ajustó para lograr niveles de 10-15 ppm Bray I. Los ensayos se fertilizaron con un promedio de 120 kg N/ha/año, variando según los años y realizando aplicaciones principalmente entre principios de otoño y mediados de primavera (García, 2003).

Figura No. 6: Rendimiento estacional (Kg/ha MS) de festuca.



Fuente: García (2003)

2.3.3 *Dactylis glomerata* (pasto ovillo o pasto azul).

Este "pasto", conocido también como "pasto ovillo" y "pasto azul", es una especie perenne invernal que se caracteriza por formar matas individuales ya que no produce rizomas ni estolones y forma un tapiz abierto con matas definidas. En consecuencia, presenta bajo poder de colonización. Se trata de una especie moderadamente resistente a los fríos, y que produce aún con temperaturas elevadas, siempre que disponga de humedad suficiente. Crece bien en suelos livianos de fertilidad mediana, pero se desarrolla mejor en suelos francos de buena fertilidad. Resiste bastante bien a la acidez y se destaca por su tolerancia a la sombra, lo cual le permite desarrollarse bien en siembras asociadas con cereales (Carámbula, 2006a).

El crecimiento inicial es más vigoroso que el de festuca, produciendo un aumento rápido en el número de macollas, lo que favorece una buena implantación y generalmente un mayor rendimiento que festuca en el año de siembra. Sin embargo, en los años siguientes es aventajado por dicha gramínea (Bautes y Zarza, citados por Carámbula, 2006a).

Produce un sistema radicular muy superficial, por lo que antes y durante el verano deberá manejarse de tal forma que se promueva una buena producción de raíces y el mantenimiento de áreas foliares adecuadas. De esta forma se favorecerá la persistencia de la especie en verano, ya que al igual que festuca, no posee mecanismos de latencia y sus sistemas radiculares permanecen activos a lo largo de casi todo el año. Las sustancias de reserva se encuentran ubicadas en la base de las macollas y en la vaina de las hojas. Este carácter distingue al dactilis netamente de festuca ya que en esta especie dichas sustancias se encuentran en órganos fuera del alcance del animal. Por consiguiente, esta forrajera acepta defoliaciones frecuentes pero no intensas, ya que de lo contrario los animales afectarán a las plantas al consumir directamente las sustancias de reserva. A pesar de que luego de pastoreos racionales las plantas pueden presentar áreas foliares remanentes aceptables, una utilización exagerada puede resultar fatal para las mismas. Si bien la utilización principal del pasto ovillo es bajo pastoreo en mezclas con leguminosas también puede hacerse heno, henolaje o ensilaje. Es apetecible para lanares y vacunos, pero no debe dejarse endurecer ni florecer pues se vuelve fibroso siendo rechazado por los animales. Por consiguiente, es necesario controlar el pastoreo y mantener las plantas en estado vegetativo especialmente en primavera (Carámbula, 2006a).

Es aconsejable su siembra en otoño temprano para que pueda establecerse antes de las primeras heladas que afectan el desarrollo de las plántulas si estas son muy pequeñas (Muslera y Ratera, citados por Brito del Pino et al., 2008).

2.3.3.1 *Dactylis glomerata* cv Amba

Amba es un cultivar tetraploide de origen europeo. Desde el punto de vista sanitario es un cultivar de buena tolerancia a los hongos que afectan esta especie y a la vez presenta una tolerancia muy alta a las heladas tardías de la primavera. Se adapta a una gran variedad de suelos, incluso aquellos de baja fertilidad donde la Festuca no produce bien. Como todas las gramíneas responde mucho a la fertilización nitrogenada. No se debe usar en suelos que se aneguen fácilmente, ya que no tiene buena tolerancia a los excesos de agua (SOFOVAL, 2008).

La densidad de siembra recomendada es de 10 a 15 Kg/ha si se siembra en forma pura.

Como se observa en el cuadro No. 6, la siembra del dactylis en el año 2007 se realizó aproximadamente un mes más tarde de lo recomendado por factores ambientales que no permitieron la siembra en la fecha recomendada. Este hecho, al igual que en raigrás y festuca, produjo una disminución de la producción de materia seca.

Cuadro No. 6: Primer año de vida del dactilis de los ensayos sembrados en los años 2007 y 2008.

***Dactylis glomerata* cv Amba**	**Cortes (2)**	**Cortes (3)**	**Conjunto**
Año	2007	2008	
Materia seca kg/ha	3188	3964	4830
Fecha siembra	12/05/07	22/04	
Fecha emergencia	12/06/07	02/05	

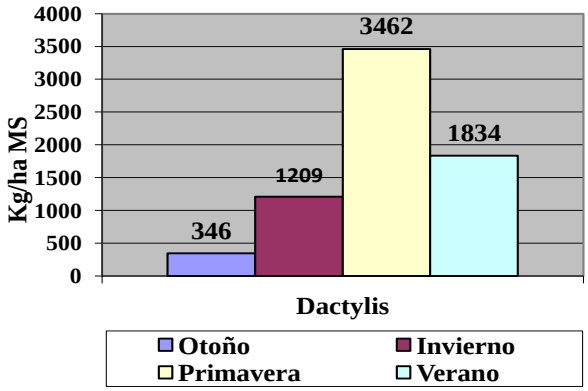
Fuente: INIA (2008)

La producción del año 2007 estuvo afectada por la sequía, especialmente en su distribución: se lograron sólo 2 cortes en la primavera. El otoño 2007 había sido lluvioso en marzo y luego muy frío el otoño-invierno (INIA, 2008).

El ensayo de 2008 tuvo un riego de 20 mm el 7 de mayo para favorecer su implantación, dadas las condiciones de sequía del otoño 2008. Debido a su implantación despareja se realizó un corte de limpieza el 23 de julio lográndose el primer corte el 2 de setiembre (INIA, 2008).

En la Figura No. 7 se observa el promedio del rendimiento estacional de *Dactylis glomerata*. El rendimiento total promedio en el primer año de producción fue de 6851 kg/ha de MS. Cabe destacar que el cultivar usado fue Oberón, en un período comprendido entre 1989 y 2001, en 16 ensayos sembrados en otoño (marzo-abril), siendo evaluados hasta diciembre inclusive. Se sembró en forma pura y previo laboreo convencional. La mayoría de los ensayos fueron instalados sobre un suelo Brunosol sub-éutrico, profundo, de textura franco-limosa en el horizonte superficial, con un contenido de materia orgánica de 3,3% y pH en agua de 5,8. La fertilización fosfatada se ajustó para lograr niveles de 10-15 ppm Bray I. Los ensayos se fertilizaron con un promedio de 120 kg N/ha/año, variando según los años y realizando aplicaciones principalmente entre principios de otoño y mediados de primavera (García, 2003).

Figura No. 7: Rendimiento estacional (Kg/ha MS) de dactylis.



Fuente: García (2003)

2.3.4 *Bromus catharticus* (cebadilla criolla)

Esta gramínea invernal, definida como bianual o perenne de vida corta, se adapta a muchos tipos de suelos pero en todos requiere alta fertilidad y buen drenaje. En los suelos más ricos produce volúmenes elevados de forraje de gran calidad y apetecibilidad. Su siembra de forma muy fácil debido a su semilla grande, lo que permite el uso de cualquier equipo. Presenta crecimiento inicial muy vigoroso pero con pocas macollas, por lo que requiere siembras tempranas y buenas densidades de siembra. Es utilizado generalmente para pastoreo en mezclas con leguminosas, particularmente en rotaciones cortas con trébol rojo o alfalfa. No tolera pastoreos continuos y severos, prefiere pastoreos de tipo rotativo. Presenta algunas debilidades, puesto que en ambientes desfavorables se comporta como anual. Requiere un manejo de defoliación muy cauteloso. La baja capacidad macolladora y la alta apetecibilidad exigen que las plántulas sean consideradas con particular atención. Presenta susceptibilidad al hongo *Ustilago bullata*, conocido como carbón de la cebadilla. La densidad de siembra recomendada para esta especie es de 25 a 30 kg/ha en forma pura (Carámbula, 2006a).

2.3.4.1. *Bromus catharticus* cv Martín fierro

Cuadro No. 7: Primer año de vida de bromus en los ensayos sembrados en los años 2006, 2007 y 2008.

***Bromus catharticus* cv Martín Fierro**	**Cortes (6)**	**Cortes (2)**	**Cortes (5)**	**Conjunto**
Año	2006	2007	2008	
Materia seca kg/ha	9361	2715	6840	6305
Fecha siembra	-	12/05	09/04	
Fecha emergencia	-	03/06	09/05	

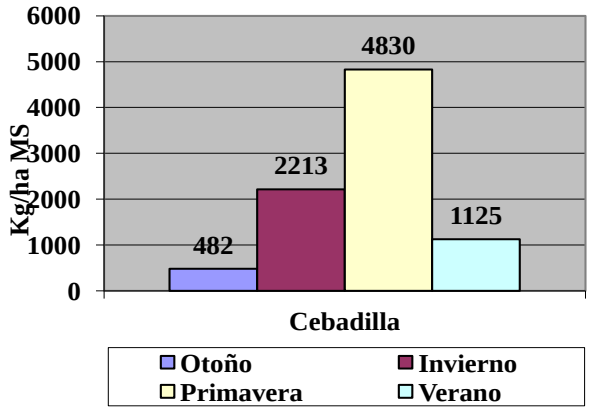
Fuente: INIA (2008)

La producción del año 2007 estuvo afectada por la sequía, especialmente en su distribución: se lograron sólo 2 cortes en la primavera. El otoño 2007 había sido lluvioso en marzo y luego muy frío el otoño-invierno (INIA, 2008).

El ensayo de 2008 se sembró el 9 de abril en condiciones de sequía y tuvo un riego de 20 mm el 17 de abril para favorecer su emergencia. El primer corte se logró el 10 de julio y con una baja producción. Se obtuvieron 5 cortes en total con una muy buena producción total considerando la falta de agua durante todo el período de crecimiento otoño-invierno-primavera (INIA, 2008).

En la Figura No. 8 se observa el promedio del rendimiento estacional de *Bromus catharticus.* El rendimiento total promedio en el primer año de producción fue de 8650 kg/ha de MS. Cabe destacar que el cultivar usado fue Tijereta, en un período comprendido entre 1990 y 2001, en 14 ensayos sembrados en otoño (marzo-abril), siendo evaluados hasta diciembre inclusive. Se sembró en forma pura y previo laboreo convencional. La mayoría de los ensayos fueron instalados sobre un suelo Brunosol sub-éutrico, profundo, de textura franco-limosa en el horizonte superficial, con un contenido de materia orgánica de 3,3% y pH en agua de 5,8. La fertilización fosfatada se ajustó para lograr niveles de 10-15 ppm Bray I. Los ensayos se fertilizaron con un promedio de 120 kg N/ha/año, variando según los años y realizando aplicaciones principalmente entre principios de otoño y mediados de primavera (García, 2003).

Figura No. 8: Rendimiento estacional (Kg/ha MS) de Bromus.



Fuente: García (2003)

2.3.5 Algunos factores que afectan la implantación de gramíneas

Las etapas en el crecimiento inicial de una plántula forrajera son las de germinación, emergencia e implantación y constituyen muy probablemente los procesos más difíciles en la vida de una forrajera, debido al pequeño tamaño de semilla, escasas reservas, lento vigor inicial, alta susceptibilidad a enfermedades y baja capacidad de competencia con las malezas (Carámbula, citado por Brito del Pino et al., 2008).

La implantación se refiere al número de plántulas que se establecen en la pastura y se expresa como porcentaje del número de semillas viables sembradas.

2.3.5.1 pH del suelo

Las gramíneas son generalmente consideradas tolerantes a la acidez del suelo. En tal sentido las gramíneas utilizadas en este experimento presentan los siguientes rangos de tolerancia al pH del suelo: *Dactylis glomerata* entre 5 y 5,4; *Bromus catharticus*, *Festuca arundinacea* y *Lolium multiflorum* entre 5,4 y 6,5 (Carámbula, 2006b).

2.3.5.2 Efecto del nitrógeno

La presencia de nitrógeno en el suelo resulta un estímulo importante para el crecimiento de las gramíneas y un apoyo invalorable en suelos fríos donde la mineralización es lenta (Ignatieff y Page, citados por Carámbula, 2006b). No obstante, un exceso del mismo inhibe el desarrollo de sistemas radiculares en profundidad y por

consiguiente, las plántulas quedan menos capacitadas para enfrentar sequías ocasionales y/o estacionales.

2.3.5.3 Densidad de siembra

Si se siembran solo especies perennes de lento crecimiento (festuca) a bajas densidades, es muy probable que sean dominadas por las malezas y finalmente se fracasará en obtener praderas con buena población de plantas. Por ello, el número de semillas viables que determinará el número de plántulas por metros cuadrados debería aumentarse a medida que el grado de perennidad de una especie se incrementa, dado que estas presentan un crecimiento lento y por lo tanto con más riesgos que el que muestra las especies anuales (Carámbula, 2006b)

2.3.5.4 Preparación de la sementera

En primera instancia se debe lograr una buena preparación de la sementera para alcanzar condiciones físicas, químicas y biológicas satisfactorias para la germinación, emergencia y establecimiento de las especies sembradas. Para cumplir con dicho objetivo entre otras cosas se debe eliminar o controlar la competencia por partes de las especies establecidas o en vía de regeneración ya sean adventicias (malezas) o pratenses y proveer una disponibilidad apropiada de nutrientes para promover el desarrollo de las plantas. Conjuntamente se debe disponer de condiciones adecuadas de humedad (Carámbula, 2006b).

Brito del Pino et al. (2008), observaron diferencias significativas al 5 %, entre la siembra de gramíneas en línea y al voleo, con valores de implantación a los 90 días de 34,7 % y 18,4 % respectivamente.

2.3.5.5 Fecha de siembra

La fecha de siembra también tiene mucha influencia sobre la implantación de las gramíneas. Es conveniente que se realice la siembra temprano en el otoño, ya que retrasar las fechas de siembra no incrementa los porcentajes de implantación y predisponen a las plántulas a crecer durante períodos de baja temperatura, retrasando el momento de entrada al pastoreo y disminuyendo la producción otoño-invernal (Zanoniani et al., citados por Brito del Pino et al., 2008).

En la época de implantación se dan ataques de enfermedades y plagas, por lo que es importante utilizar semilla de buena calidad, curadas y intentando eliminar la presencia de inóculo en el suelo (Brito del Pino et al., 2008).

2.3.6. Influencia de la temperatura en el crecimiento de las pasturas

La temperatura del aire es determinante para el desarrollo de las plantas, puesto que la tasa de aparición foliar (TAF), definido como el número de hojas aparecidas en cada macollo por unidad de tiempo, responde en forma lineal a la temperatura. Dichas plantas presentan un umbral mínimo comprendido entre 3 y 5ºC; por debajo de esos valores, no se produce crecimiento (Cooper y Tainton, 1968).

La fotosíntesis neta en forrajeras templadas también se ve influenciada por la temperatura, presentando óptimos en torno de los 20 ºC y reduciendo marcadamente las tasas de fotosíntesis neta a temperaturas menores de 5 a 10 ºC (Cooper y Tainton, 1968).

2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*

Según la descripción de Brussa (1994), es un árbol de gran tamaño, con hojas péndulas y follaje de textura media a gruesa. Corteza caduca en largas fajas; ritidoma crema, grisáceo y castaño.

Primeras hojas y juveniles opuestas, sésiles, sobre tallos de sección cuadrangular, pruinosos; elípticas u oval-elípticas (7-15 x 4-10 cm), ápice obtuso o abruptamente mucronado, base cordada, amplexicaules, glaucas discoloras. Las intermedias alternas, pecioladas (3-4 cm), lanceoladas (20-30 x 3-6 cm), ápice agudo, acuminado, base redondeada, verdes concoloras. Adultas alternas, pecioladas (2-3 cm), falcadas (10-25 x 2-3,5 cm), ápice agudo acuminado, base amplia, cuneada, verdes concoloras; nervaduras secundarias oblicuas.

Flores solitarias sésiles o en muy corto pedúnculo (0,2 cm), excepcionalmente se ven agrupaciones de 2-3 flores; botones florales obovoides (1,5-2,5 x 1,5-1,8 cm), pruinosos, con cuatro costillas muy marcadas, opérculo umbonado, verrugoso, de menos largo que el hipantio, a veces igual; florece principalmente a fines de otoño y en invierno.

Frutos sésiles, obcónicos a subglobosos (1-2 x 1,5-2,3 cm), con cuatro costillas notorias; disco plano o convexo, a nivel o algo exserto, definiendo lobos que cubren parcialmente las valvas (4-5) situadas más o menos a nivel.

Figura No. 9: Botón floral, frutos, hojas juveniles y adultas.

Fuente: Brussa (1994)

Natural de la región sur de Australia, incluida Tasmania (37ª-43ª30' S) en localidades costeras y continentales, con altitudes desde el nivel del mar a 450 m; clima templado-frío uniforme, con un promedio de temperaturas máximas de 20-23º C y mínimas de 0-8º C con hasta 40 heladas al año; subhúmedo o húmedo con precipitaciones del orden de los 600 a 1400 mm anuales mayoritariamente invernales (Hall et al., Boland et al., citados por Brussa, 1994).

Crece en suelos limosos a arcillosos (Kelly et al., citados por Brussa, 1994) Se adapta a gran variedad de suelos con buen drenaje, desde arenas costeras a pedregosos de serranías, donde presenta muy buen desarrollo.

Se asocia naturalmente a *E. viminalis, E. ovala, E. obliqua, E. amygda/ina, E. pulche-lla* y *E. delegatensis* entre otros. Desde un punto de vista filogénico, sumamente afín al resto de los eucaliptos blancos, algunos de los cuales actualmente son considerados subespecies de éste.

Su introducción al Uruguay se remonta a 1853, difundiéndose su cultivo en forma masiva, al igual que en otros países. La mala calidad de los primeros árboles y la elevada consanguinidad llevaron a cierto desprestigio de la especie, retomándose activamente en la actualidad el cultivo con lotes de semillas adecuadas para las condiciones ecológicas del Río de La Plata. El excesivo calor estival constituyó un obstáculo para el mejor desarrollo vegetativo de los primeros ejemplares, los que fueron

fuente de semilla de casi todos los montes del país, evidenciándose abundantes ramas secas en aquellos sitios poco propicios.

Duramen pardo amarillento, densidad seco al aire de 780 kg/m^3 (Celulosa Argentina, 1977) a 900 kg/m^3 (Boland et al., citados por Brussa, 1994), fuerte y moderadamente durable, apto para construcciones en general, carpintería de obra, pisos, laminado, durmientes, pulpa y combustible.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 PERÍODO EXPERIMENTAL Y LOCALIZACIÓN

El experimento se llevó a cabo entre mayo y diciembre de 2007 en el establecimiento "San Luis" perteneciente a la empresa "Los Eucaliptos S.A.", ubicado en el paraje Piedras de Afilar, 8ª sección judicial del departamento de Canelones, con coordenadas latitud 34º41´16,5" S longitud 055º33´36,5" W. La altura mínima y máxima sobre el nivel del mar es de 74 y 78 m respectivamente, ubicándose a 10 km del mar y a 75 km del puerto de Montevideo. Se accede a la zona en el km 68.900 de la Ruta No. 9.

3.2 SUELOS

El experimento se desarrolló en el padrón No. 6047 sobre suelos pertenecientes al Grupo CONEAT 4.2 el cual posee un índice promedio de 61.

3.2.1 Descripción del Grupo CONEAT

Comprende las colinas localizadas al sur de los departamentos 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 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 Ócricos Típicos/Abrúpticos, 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. Como suelos asociados se encuentran Brunosoles subéutricos típicos. 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 (CONEAT).

En junio de 2006, los suelos del Grupo CONEAT 4.2 del departamento de Maldonado y de la 8ª, 23ª y 24ª Secciones Policiales de Canelones se incluyen en los suelos de prioridad forestal, agregándose al artículo 2º del decreto 452/988 de la Ley Forestal No. 15939.

3.2.2 Clasificación taxonómica de los suelos

El experimento se realizó sobre dos suelos diferentes. Uno de ellos es profundo, con un horizonte superficial de textura franco y con horizonte subsuperficial argilúvico (suelo A). El otro tiene menor profundidad, presenta un horizonte superficial de textura franco arenosa con algo de gravilla y no tiene horizonte diagnóstico subsuperficial (suelo B).

Para el suelo B no fue posible lograr una clasificación taxonómica exacta, debido a que los datos del análisis resultaron insuficientes. Sin embargo se determinó que el suelo en cuestión es un Inceptisol Fr Ar gv o un Brunosol Háplico Fr Ar gv mientras que el otro suelo fue clasificado como Brunosol subéutrico típico.

Suelo A:		Suelo B:
Orden: Suelo Melánico	Orden: Suelo Melánico	Orden: Poco Desarrollado
Gran Grupo: Brunosoles	Gran Grupo: Brunosoles	Gran Grupo: Inceptisoles
Clase: Subéutrico	Tipo: Háplico	
Tipo: Típico		

Fig. No. 10: Suelo A

Fig. No. 11: Suelo B

Cuadro No. 8: Perfil del Brunosol subéutrico típico (Suelo A)

Hor.	Prof. (cm.)	Trans.	Color	Ar (%)	Li (%)	Ac (%)	M.O (%)	pH (H_2O)	B.T. meq/ 100g	C. text.
A	0 – 20	G	10YR 2,5/2	31	42	27	4.1	5,3	10,7	Fr
Bt	20 – 74	C	7,5Y 2,5/2	21	29	50	3,4	6,5	15,4	Ac
C **	74 – 105	C	7,5YR 5/4	16,7	40,7	42,6	0,4	8,3	27,4	-

Nota: ** Todos los datos del horizonte C tomados del compendio de suelos. Los otros datos provienen del análisis de suelos realizados en el MGAP y la Facultad de Agronomía (Método de análisis Bouyoucus).

Hor.= Horizonte
Prof. = Profundidad
Trans. = Transición
Ar. = Arena
Li. = Limo
Ac. = Arcilla
B.T. = Bases totales
C. Text. = Clase textural

Cuadro No. 9: Perfil del Brunosol Háplico o Inceptisol (Suelo B).

Hor.	Prof. (cm.)	Trans.	Color *	Ar (%)	Li (%)	Ac (%)	M.O (%)	pH (H2O)	B.T. meq/ 100g	C. text
A	0-18	G	5 YR 3/3	56,5	25,5	18	2,1	5,37	7.5	Fr Ar
C	18-43	G	2,5 YR 3/5	63,1	12,6	24,2	1,5	5,5	12	Fr Ac Ar

Nota: * Tomado del compendio de suelos.
Los restantes datos corresponden a análisis de Laboratorio (método de análisis Bouyoucus).

Hor.= Horizonte
Prof. = Profundidad
Trans. = Transición
Ar. = Arena
Li. = Limo
Ac. = Arcilla
B.T. = Bases totales
C. text. = Clase textural

3.3 PLANTACIÓN FORESTAL

La plantación se llevó a cabo en octubre de 2005 sobre suelos del Grupo CONEAT 4,2. Se forestó con *Eucalyptus globulus ssp. globulus* utilizando semilla procedente de la cosecha de montes del Parque SALUS en el departamento de Lavalleja y la técnica utilizada para estas plantaciones fue la siguiente según proyecto:

1) Subsolado con Bulldozer D.8., a una profundidad de entre 0,70 a 0,90 m, durante el verano en surcos a 4 m de distancia, siguiendo curvas de nivel.

2) Control de hormigas con Mirex-S.

3) Dos laboreos con excéntrica aradora en fajas de aproximadamente 1 m de ancho, sobre los surcos subsolados.

3) Aplicación de herbicida preemergente, Oxifluorfen, en la línea de plantación, sobre el surco subsolado, a razón de 3 litros por hectárea.

4) Plantación, con una densidad de 1389 árboles por ha. (4 m entre filas x 1,8 m entre árboles), fertilizados con 100 a 150 gramos de 20 – 40 – 0 por árbol.

5) Continuación del control de hormigas durante 6 meses.

Desde el principio del experimento hasta el final del mismo se observó que el monte presentó en forma creciente manchas foliares causadas por *Mycosphaerella* sp. Este hongo constituye un problema importante al provocar la disminución de la superficie fotosintetizadora en el período juvenil del árbol, cuando el crecimiento es más activo. También puede provocar la muerte prematura de la rama sin que ocurra normal proceso de abscisión, facilitando el acceso de organismos tales como hongos degradadores de madera al interior del tronco (URUGUAY. MGAP. DGF, 2006).

Esta afección también representa un problema para las pasturas ya que produce defoliación en los árboles, interfiriendo en el crecimiento del forraje.

3.4 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

El diseño experimental elegido para emplazar los tratamientos es el de bloques completos al azar (Figura No. 9), constituido por:

- 3 Bloques de 1920 m^2 c/u (30 x 64). Total: 5760 m^2
- 4 Tratamientos por bloque en parcelas de 480 m^2 (30 x 16).

Los tratamientos corresponden a las especies de gramíneas:

1. *Lolium multiflorum* cv. LE 284 (anual)
2. *Festuca arundinacea* cv. Tacuabé (perenne)
3. *Dactylis glomerata* cv. Amba (perenne)
4. *Bromus catharticus* cv. Martín Fierro (bianual)

El modelo propuesto para este diseño es el siguiente:

$$Yijk = \mu + \beta i + Tj + yk + eijk$$

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

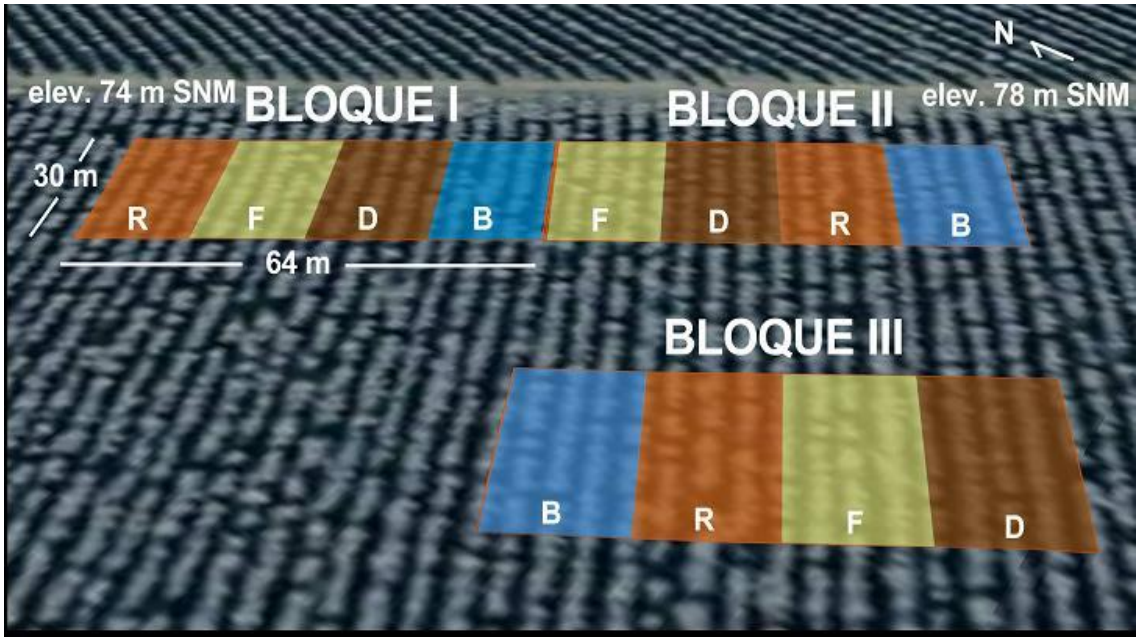
Siendo

Y = variable aleatoria observable
μ = media de la población conceptual

βi = efecto de i bloque
Tj = efecto del tratamiento
y = efecto del período de evaluación
e = error experimental

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

Figura No. 12: Distribución de bloques y parcelas.



R = Raigrás
F = Festuca
D = Dactylis
B = Bromus

3.5 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

A continuación se describe en forma detallada todas las actividades desempeñadas en el experimento. Por más detalles sobre el momento de ejecución de cada una de ellas se anexa cronograma (anexo 1).

3.5.1 Siembra

El 19 de mayo de 2007 se sembraron las cuatro gramíneas forrajeras en las entrefilas de la plantación forestal. Previamente se eliminó la vegetación existente en los bloques mediante la aplicación de herbicida total (Glifosato). La siembra se realizó en líneas utilizando la metodología de laboreo cero o siembra directa, el ancho operativo de la sembradora es 1,5 m por lo que en cada entrefila quedaron sembradas 10 líneas.

Figura No. 13: Sembradora

Cuadro No. 10: Porcentaje de germinación y de pureza física.

Especie	* 5días	* 11 días	* 20 días	*25 días	** Pureza física (%)
Lolium multiflorum	56	66,5	68	68	97
Dactylis glomerata	45,5	76	82	82	95
Festuca arundinacea	0	17,5	47,5	62	95
Bromus catharticus	54,5	89,5	92	92	96

* Laboratorio de la Facultad de Agronomía (EEMAC).
** Porcentaje teórico (INASE).

En el siguiente cuadro se presentan las densidades de siembra utilizadas en el experimento, expresadas como kg/ha y número de semillas viables por m^2. Para el

cálculo de este último se tuvo en cuenta el No. de semillas totales por kg, el porcentaje de germinación y de pureza física de cada especie.

Cuadro No. 11: Densidad de siembra (Kg/ha) y No. de simillas viables por m^2 por especie.

Especie	Densidad (kg/ha)	No. semillas viables/m^2
Lolium multiflorum cv. LE 284	15	391
Dactylis glomerata cv. Amba	15	1105
Festuca arundinacea cv. Tacuabé	20	589
Bromus catharticus cv. Martín Fierro	25	230

Figura No. 14: Siembra y fertilización

Simultáneamente a la siembra se fertilizó con superfosfato triple (0-46-46-0) en línea a razón de 100 kg/ha.

3.5.2 Porcentaje de implantación

En cada parcela o se realizaron 12 puntos de muestreo de un metro lineal cada uno uniformemente distribuidos en todas las entrefilas (Figura No. 12). En cada uno de

los puntos se contaron las plantas vivas correspondientes a la especie sembrada en esa parcela. Este procedimiento se realizó en tres ocasiones en el mismo punto de muestreo, a los 70, 113 y 133 días luego de la siembra para determinar el número de plántulas por m^2.

Figura No. 15: Identificación de un punto de muestreo.

3.5.3 Fertilización al macollaje

Se fertilizó con urea al voleo a razón de 30 unidades/ha lo que equivale a 65 kg/ha de urea, es decir, 3,12 kg/parcela. Esta actividad se realizó el día 31/07/07, a los 73 días luego de la siembra.

3.5.4 Determinación de la cantidad de forraje

3.5.4.1 Doble muestreo

Se estableció una escala visual de disponibilidad de forraje con 5 niveles, siendo 1 el nivel menor y 5 el mayor (Figura No. 13 y 14). En cada bloque se buscó en forma deliberada los 5 valores de escala visual, cortando al ras la pastura existente en cada cuadro de 0,30 x 0,30 m. Para cada escala se cortaron tres repeticiones totalizando 15 cortes por bloque. Esta metodología se utilizó en el forraje disponible y el remanente existente antes y después de cada pastoreo respectivamente. Posteriormente en el laboratorio se pesó cada una de las muestras frescas que luego se colocaron en una

estufa con circulación forzada de aire a 60 º C durante 48 horas y se volvieron a pesar. Se calculó porcentaje de materia seca del forraje y los kg/ha de materia seca de cada muestra.

Figura No. 16: Escalas visuales para el período 1

Figura No. 17: Escalas visuales para el período 3

A la vez se realizó un muestreo sistemático en cuadros de 0,30 x 0,30 m con 15 repeticiones por parcela. En cada cuadro se contabilizó el valor de escala visual de la pastura y la altura en cm. Además en forma visual, dentro del 100 % correspondiente a la fracción verde se estimó el porcentaje de gramíneas sembradas, leguminosas y malezas. También se cuantificó el porcentaje de suelo desnudo y de restos secos presentes en cada cuadro de modo que la fracción verde, los restos secos y el suelo desnudo comprenden el 100 % de la superficie del cuadro (0,09 m^2), (Figura No. 15).

Figura No. 18: Fracción verde, restos secos y suelo desnudo.

3.5.5 Pastoreo

El momento de pastoreo se decidió en cada una de las tres oportunidades por la altura promedio de las pasturas, considerando 20 cm como la altura mínima para iniciar esta actividad, siendo el 18 de octubre, 13 de noviembre y 12 de diciembre los días de cada pastoreo. Para ello se ingresaron 20 novillos por bloque (equivalente a 104 novillos/ha) con un peso aproximado de 300 kg. Se retiraron del ensayo cuando la altura promedio de las pasturas era de 5 cm.

Figura No. 19: Pastoreo

3.5.6 Censo de árboles

A cada uno de los 790 árboles existentes en los tres bloques se le midió la altura total con sus correspondientes diámetros a la altura del pecho (d.a.p.).

Esta actividad se efectuó en dos ocasiones; la primera de ellas en el momento de la siembra de las gramíneas y la segunda luego de terminada todas las actividades de evaluación de las pasturas.

3.6 CONDICIONES AMBIENTALES

Es evidente que la siembra, el establecimiento y la producción de la pastura está fuertemente condicionada por factores ambientales, en especial, las precipitaciones, la Evapotranspiración Potencial (E.T.P.), la temperatura (máxima, mínima, promedio) y las heladas. Por lo tanto se observó cada uno de los factores mencionados en el año 2007 y en una serie de 30 años para lograr caracterizar las condiciones ambientales en el año del experimento, de modo de analizarla en forma comparativa con los registros históricos para la zona.

Se realizó un balance hídrico climático (serie de 30 años) para los dos suelos presentes en el experimento. El mismo consiste en la cuantificación de pérdidas y

ganancias de agua que se producen en el sistema. A partir del mismo se estudia cómo afecta a la cobertura vegetal según las exigencias de cada especie.

Dicho balance se basa en la metodología de Thornthwaite y Mather (1955), que posee los siguientes supuestos.

- Toda la precipitación es igualmente efectiva, es decir que toda la precipitación va a infiltrar, no existiendo ni escurrimiento superficial ni drenaje profundo mientras no se halla colmado la capacidad de almacenaje de agua disponible.
- La precipitación está disponible, en primera instancia para ser evapotranspirada.
- Los excesos (drenaje profundo y escurrimiento superficial) no se acumulan hacia el siguiente período ya que se considera que estos se disipan.

También se realizó un balance hídrico meteorológico para los dos suelos desde junio de 2006 hasta diciembre de 2007 de modo de cuantificar los períodos con déficit y con excesos de agua en el suelo durante el año del experimento, así como para analizarlo en forma conjunta con el balance hídrico climático. Se utilizó la metodología de Thonthwaite y Mather (1955).

La lámina o capacidad de almacenamiento de agua disponible (C.A.A.D) se calculó para el horizonte A de cada uno de los dos suelos del experimento (20 y 18 cm de profundidad), por tratarse de una pastura en su primer año de crecimiento las raíces exploran solo la primera parte del perfil del suelo. Se utilizaron las ecuaciones de Fernández (1979), lo que dio como resultado que el agua disponible para las plantas en el horizonte de **20 cm** perteneciente al suelo más profundo (Brunosol subéutrico típico) fue de **41,2 mm**, mientras que para el horizonte de **18 cm** perteneciente al suelo menos profundo (Brunosol háplico o Inceptisol) fue de **29 mm**.

3.6.1 Caracterización climática de la zona para un período de 30 años

Cuadro No. 12: Registros mensuales de precipitaciones, evapotranspiración potencial, temperatura mínima, máxima y promedio para un período climático.

Mes	PP (mm) *	ETP (mm)	Temperatura (ºC)		
			Min **	Máx **	Promedio **
Enero	74	185	17,8	27,9	22,7
Febrero	81	143	17,8	27	22,3
Marzo	102	120	16,1	25	20,5
Abril	107	66	12,6	21,7	17,2
Mayo	91	42	9,6	18,5	13,9
Junio	91	27	7	15	11
Julio	82	30	6,8	15	10,7
Agosto	80	49	7,3	16	11,5
Setiembre	81	66	8,7	17,6	13,2
Octubre	100	101	11,2	20,3	15,7
Noviembre	95	140	13,5	22,8	18,3
Diciembre	67	180	16,5	26,1	21,1

PP = Precipitaciones
ETP = Evapotranspiración potencial
Min = Temperatura mínima
Máx = Temperatura máxima

* Estación Pluviométrica de Soca (1977-2007)[1]
** Estación Meteorológica de Carrasco (1961-1990)[2]

3.6.1.1 Caracterización del régimen de precipitaciones

La precipitación en el Uruguay presenta una gran variabilidad interanual. Por lo tanto, para la caracterización de este componente en el período 1977-2007, fue necesaria la utilización de algunos parámetros estadísticos que demuestren la existencia de la mencionada variabilidad entre años. Dichos parámetros son: media, desvío estándar y coeficiente de variación.

1 URUGUAY. MDN. DNM. Estación pluviométrica de Soca. 2008. Registros de precipitaciones (sin publicar).
2 URUGUAY. MDN. DNM. Estación meteorológica de Carrasco. 2008. Registros de temperaturas (sin publicar).

Como se observa en el siguiente cuadro, las precipitaciones presentan un alto valor de desvío estándar (promedio de los valores respecto a la media) y un elevado coeficiente de variación lo que demuestra la gran variabilidad interanual de la precipitación en el Uruguay.

Cuadro No. 13: Parámetros estadísticos de precipitaciones (1977-2007).

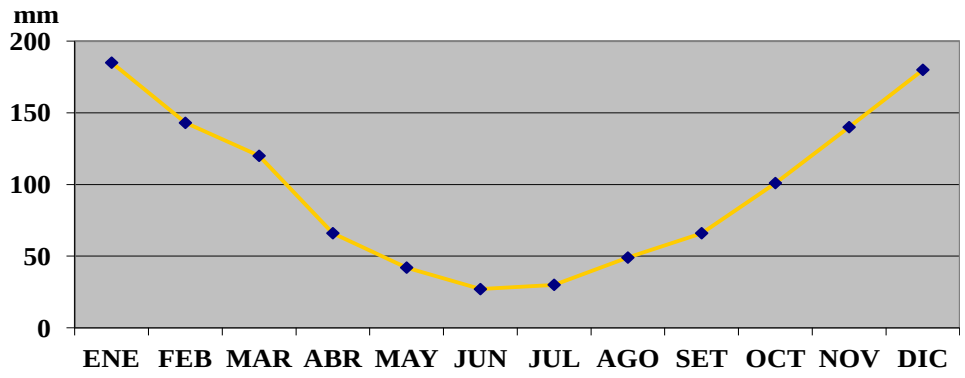
Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Media	74	81	102	107	91	91	82	80	81	100	95	67
Des.E.	52	60	93	88	70	63	43	64	41	71	58	58
C.V%	70	74	91	82	78	70	52	81	51	71	61	87

3.6.1.2 Caracterización de la Evapotranspiración Potencial (ETP)

Este parámetro nos permite tener una idea cuantificada de la importancia de la demanda de agua presente en el sistema suelo-planta, por parte de la atmósfera.

Los valores de Evapotranspiración Potencial de la zona fueron obtenidos de la Regionalización Agro climática del Uruguay (Penman).

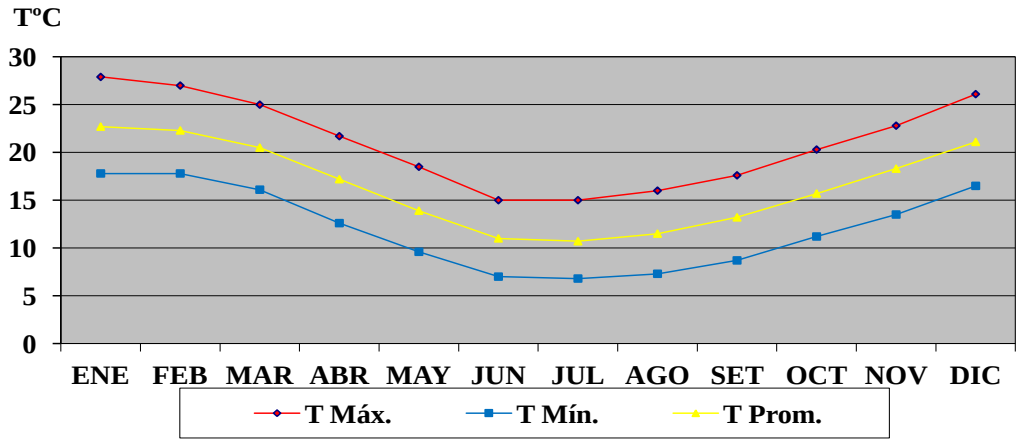
Figura No. 20: Evapotranspiración Potencial



Como se observa en la figura No. 20, los máximos valores de ETP corresponden a los meses de diciembre y enero; esto se debe al incremento en los valores de radiación solar y temperatura que en ellos ocurre provocando un aumento en el metabolismo biológico de las plantas y mayor evaporación del agua del suelo.

3.6.1.3 Caracterización de la temperatura

Figura No. 21: Temperaturas máximas, mínimas y promedio (1977-2007)



Fuente: Estación Meteorológica de Carrasco[2]

3.6.2 Caracterización climática de la zona para el año 2007

Cuadro No. 14: Registros mensuales de precipitaciones, evapotranspiración potencial, heladas, temperatura mínima, máxima y promedio para el año 2007.

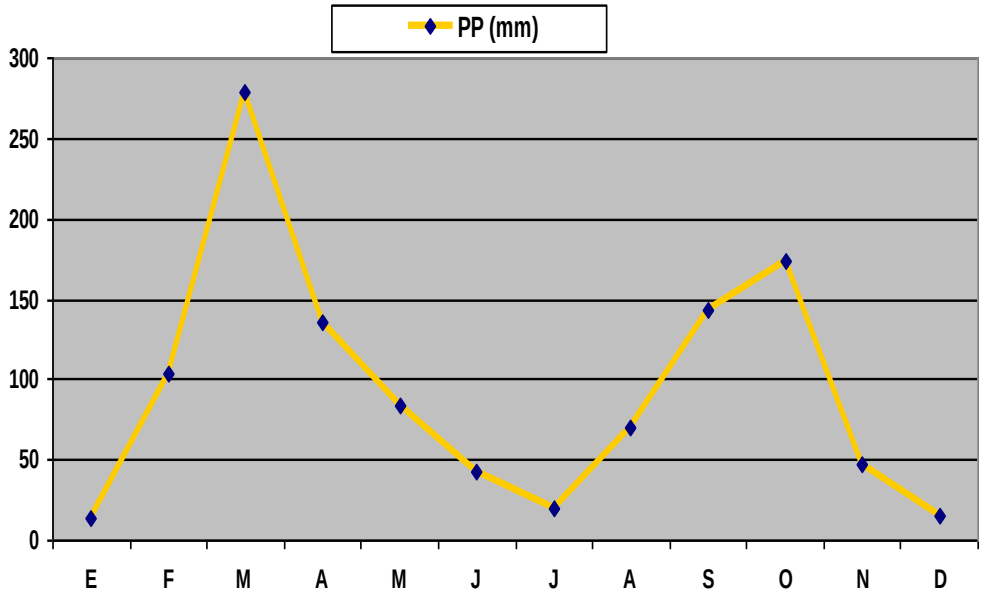
Mes	PP (mm) *	ETP (mm) **	Heladas **	Temperatura (ºC) **		
				Min	Máx	Promedio
Enero	14	170		16,9	28,7	23
Febrero	104	135		18,4	30,0	24
Marzo	278	90		17,2	25,8	22
Abril	135	74		14,1	23,5	19
Mayo	84	55		7,0	16,9	12
Junio	42	44	2	5,6	15,6	11
Julio	20	49	8	2,3	13,5	8
Agosto	70	61		5,9	14,8	10
Setiembre	143	76		12,7	21,6	17
Octubre	173	113		13,4	23,9	19
Noviembre	47	151		11,3	23,5	17
Diciembre	15	175		15,5	28,2	22

* Los datos de precipitación se obtuvieron de la Estación Pluviométrica de Soca la cual se encuentra a 10 km del sitio del experimento (Latitud y Longitud). [1]

** Los registros de temperatura, el No. de heladas y la E.T.P. fueron obtenidos de una Estación Meteorológica privada de tipo Davis ubicada en Empalme Olmos, a una distancia de 30 km del sitio del experimento, siendo esta la ubicación más cercana en la que se pudo obtener dichos registros.

3.6.2.1 Registros de precipitaciones en 2007

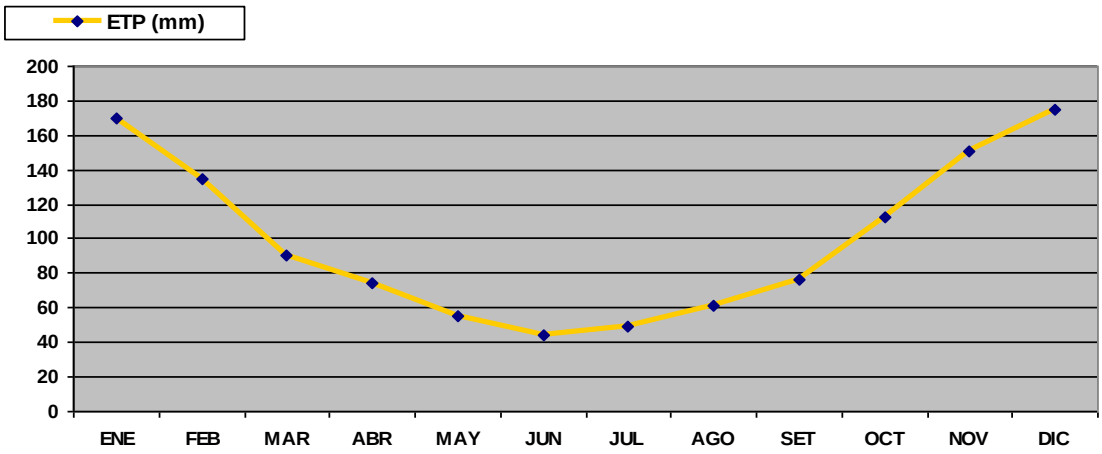
Figura No. 22: Registros de precipitaciones mensuales en el año 2007.



Fuente: Estación Pluviométrica de Soca[1]

3.6.2.2 Evapotranspiración Potencial (ETP) para el año 2007.

Figura No. 23: Evapotranspiración Potencial

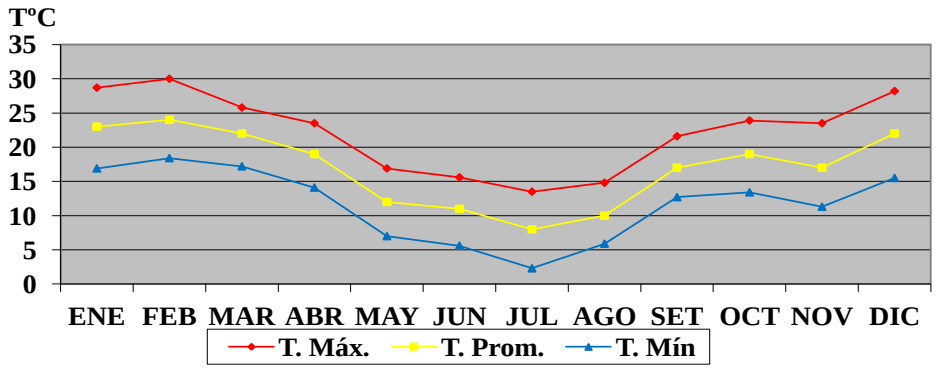


Fuente: Estación Meteorológica privada (Empalme Olmos)[3]

Al comparar la Figura No. 23 con la Figura No. 20 se observa que la ETP del año 2007 fue muy similar a la ETP para la serie histórica de 30 años (1977-2007).

3.6.2.3 Caracterización de la temperatura para el 2007.

Figura No. 24: Temperaturas mensuales máximas, mínimas y promedio (2007)



Fuente: Estación Meteorológica privada (Empalme Olmos)[3]

3 Estación Meteorológica Empalme Olmos (privada). 2008. Temperaturas máximas, mínimas y promedios (sin publicar).

3.6.3. Balance Hídrico Climático (BHC)

Cuadro No. 15: BHC – Brunosol háplico o Inceptisol (1977 – 2007)

Meses	P *	ETP	P-ETP	ALM	VAR. ALM	ETR	DEF	EXC
JUL	82,0	30,0	52,0	29,0	0,0	30,0	0,0	52,0
AGO	80,0	49,0	31,0	29,0	0,0	49,0	0,0	31,0
SET	81,0	66,0	15,0	29,0	0,0	66,0	0,0	1,0
OCT	100,0	101,0	-1,0	28,0	-1,0	101,0	0,0	0.0
NOV	95,0	140,0	-45,0	5,9	-22,1	117,1	22,9	0,0
DIC	67,0	180,0	-113,0	0,1	-5,8	72,8	107,2	0,0
ENE	74,0	185,0	-111,0	0,0	-0,1	74,1	110,9	0,0
FEB	81,0	143,0	-62,0	0,0	0,0	81,0	62,0	0,0
MAR	102,0	120,0	-18,0	0,0	0,0	102,0	18,0	0,0
ABR	107,0	66,0	41,0	29,0	29,0	66,0	0,0	12,0
MAY	91,0	42,0	49,0	29,0	0,0	42,0	0,0	49,0
JUN	91,0	27,0	64,0	29,0	0,0	27,0	0,0	64,0

Fuente: Estación Pluviométrica de Soca[1]

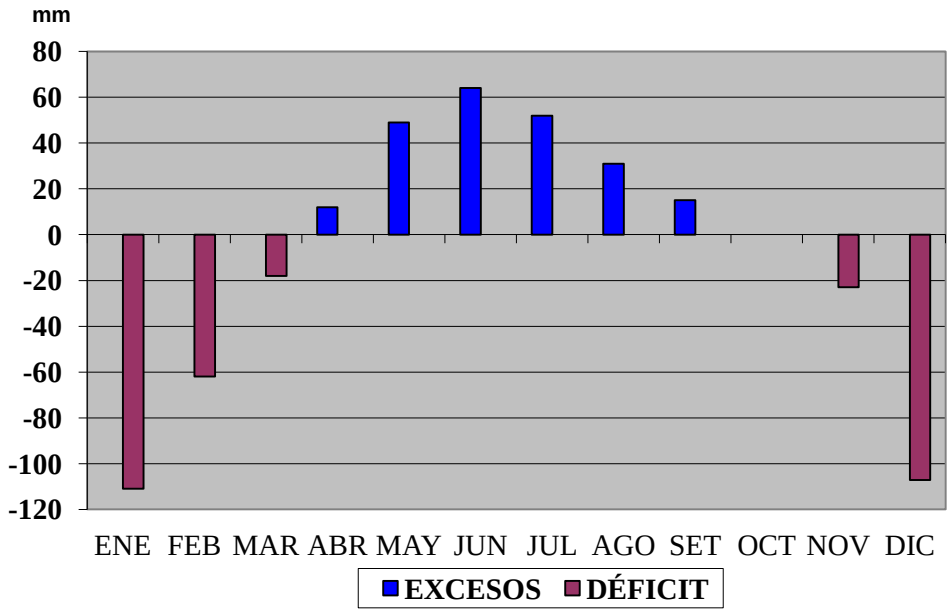
Los datos de ETP fueron obtenidos de los mapas de Regionalización Agro climática de Penman.

Observando los datos del almacenaje del suelo, se aprecia que la lámina se completa en el mes de abril y continúa así hasta el mes de octubre, pasando prácticamente vacía en gran parte de primavera y durante todo el verano. Nótese que de octubre a marzo la ETP es mayor a la P, y es aquí en donde ocurren deficiencias hídricas.

Se presentó solamente el balance para el Brunosol háplico porque no muestra diferencias significativas con el balance realizado para el Brunosol subéutrico típico (Anexo 2).

Con el anterior balance hídrico climático (cuadro No. 15) se confeccionó la siguiente figura.

Figura No. 25: Excesos y Déficits hídricos (1977 – 2007).



Fuente: Estación Pluviométrica de Soca.[1]

Los datos de ETP fueron obtenidos de los mapas de Regionalización Agro climática de Penman.

En la figura realizada en base a los déficits y excesos hídricos del suelo para una serie de 30 años se aprecia una marcada estacionalidad, produciéndose excesos en los meses donde la precipitación supera a la evapotranspiración (abril a setiembre) y déficit desde noviembre a marzo donde la ETP supera a la P.

3.6.4 Balance Hídrico Meteorológico (BHM)

Cuadro No. 16: BHM - Brunosol háplico o Inceptisol (jun 2006-dic 2007)

Meses	P *	ETP **	P-ETP	Alm	Var. Alm	ETR	Def	Exc
				29				
Jun-06	262	41	221	29,0	0,0	41,3	0,0	220,7
Jul-06	89	37,7	51	29,0	0,0	37,7	0,0	51,3
Ago-6	54	49	5	29,0	0,0	49,0	0,0	5,0
Sep-06	32	66	-34	9,0	-20,0	52,0	14,0	0,0
Oct-06	84	122,5	-39	2,4	-6,6	90,6	31,9	0,0
Nov-6	71	151,4	-80	0,1	-2,2	73,2	78,2	0,0
Dic-06	38	159	-121	0,0	-0,1	38,1	120,9	0,0
Ene-07	14	170	-156	0,0	0,0	14,0	156,3	0,0
Feb-07	104	135	-31	0,0	0,0	104,0	30,8	0,0
Mar-07	278	90	188	29,0	29,0	89,7	0,0	159,4
Abr-07	135	74	61	29,0	0,0	74,4	0,0	60,6
May-07	84	55	29	29,0	0,0	54,8	0,0	29,2
Jun-07	42	44	-2	26,9	-2,1	44,1	0,1	0,0
Jul-07	20	49	-29	9,9	-17,0	37,0	11,9	0,0
Ago-7	70	61	9	19,0	9,1	60,9	0,0	0,0
Sep-07	143	76	67	29,0	10,0	75,6	0,0	57,5
Oct-07	173	113	60	29,0	0,0	112,7	0,0	60,4
Nov-7	47	151	-104	0,8	-28,2	75,2	76,2	0,0
Dic-07	15	175	-160	0,0	-0,8	15,8	159,5	0,0

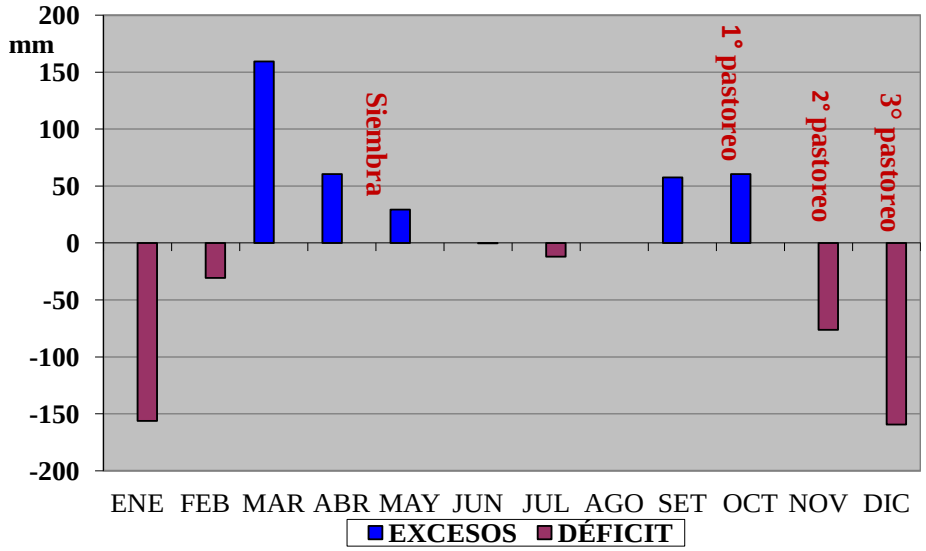
Fuente: Estación Pluviométrica de Soca.[1]
Estación Meteorológica Empalme Olmos (privada).[3]

A partir del almacenaje del suelo, se aprecia que la lámina se completa en el mes de marzo de 2007 y permanece así hasta noviembre, siendo cero cuando finaliza el experimento en diciembre.

Se presenta solamente el balance para el Brunosol háplico porque no presenta diferencias significativas con el balance realizado para el Brunosol subéutrico típico (Anexo 3).

Con el anterior balance también se puede cuantificar el déficits y excesos hídricos, entendiéndose como tal a la diferencia entre lo que llueve (P) y lo que se evapotranspira (ETP) más el almacenaje. Cuándo la lámina está llena esta diferencia P – ETP pasa a ser excesos y representa el escurrimiento.

Figura No. 26: Excesos y Déficits hídricos (jun 06-dic 07)



El gráfico arroja que marzo es el mes en el que empieza a registrarse los excesos hídricos, pasando por dos meses donde se registra un pequeño déficit (junio y julio), donde la ETP supera a las P. En setiembre y octubre vuelven a producirse excesos hídricos en el suelo, mientras que en los dos últimos meses del experimento se verifica un déficit acentuado.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. SUELOS DEL EXPERIMENTO

El experimento se instaló buscando homogeneidad de condiciones dentro de los bloques y heterogeneidad entre ellos. El bloque I se ubicó en una ladera media sobre un Brunosol subéutrico típico, suelo profundo, fértil y con horizonte A de clase textural franco. Los bloques II y III fueron instalados en la parte alta de la ladera, sobre un suelo menos profundo, menos fértil (con la mitad de materia orgánica y menos bases totales) y con un horizonte A de textura franco arenoso y que si bien no se logró clasificar con exactitud, se determinó que es Inceptisol o Brunosol háplico (suelos muy similares). Por lo tanto, los bloques quedaron instalados en dos suelos distintos.

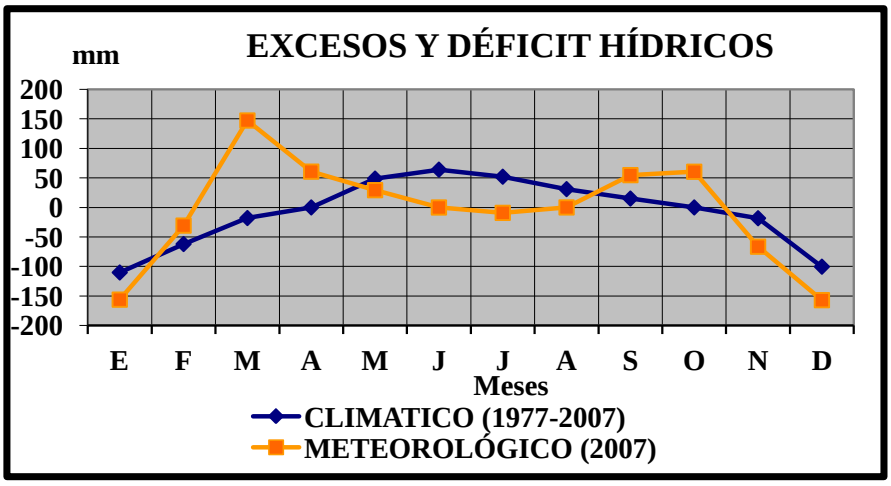
La diferencia entre los suelos tuvo una marcada influencia en el crecimiento de las pasturas. Esto se vio reflejado en la producción de materia seca; mientras que el bloque I produjo 2144 kg de materia seca acumulada, el bloque II y III acumularon 1240 y 1197 kg de materia seca respectivamente.

4.2. CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL EXPERIMENTO

Como quedó evidenciado en el punto 3.6 las condiciones ambientales en el año 2007 no fueron las mejores para el desarrollo de las pasturas. La siembra se realizó un mes más tarde de lo recomendado (19 de mayo) debido a las precipitaciones ocurridas en los meses de marzo y abril, las cuales hicieron imposible la siembra en la fecha recomendada (primera quincena de abril). Como se observa en la figura No. 24, los suelos tuvieron en el mes de abril, un exceso hídrico de 60 mm, valor más alto que el del promedio 1977-2007 para ese mes.

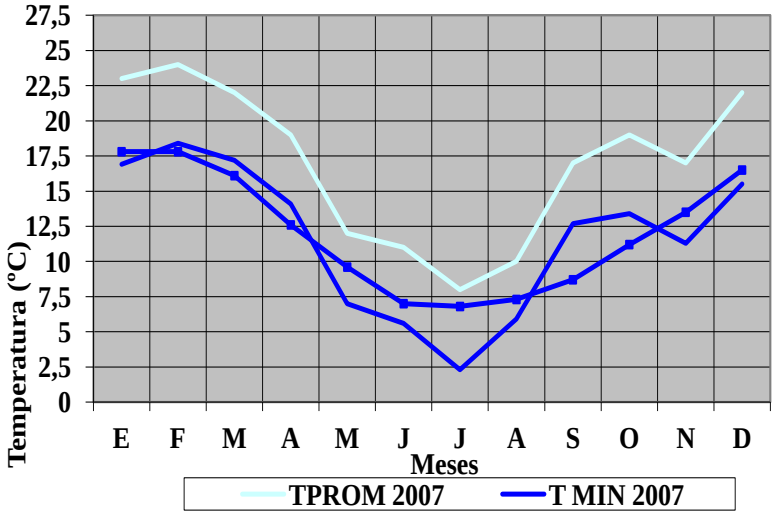
A su vez, el déficit hídrico ocurrido en julio, noviembre y diciembre contribuyó a que las pasturas no alcanzaran su potencial primaveral. En dicho período, en el que no se registraron excesos hídricos se puede ver claramente que los valores del año 2007 se encuentran por debajo del promedio de la serie de 30 años.

Figura No. 27: Comparación de excesos y déficits hídricos entre la serie (1977-2007) y el año 2007.



La temperatura también tuvo un rol de mucha importancia en el bajo desarrollo de las pasturas. Las temperaturas mínimas promedio registradas desde la siembra en mayo, hasta agosto, se ubicaron por debajo de la temperatura mínima promedio registrada en la serie histórica considerada, como se aprecia en el siguiente gráfico.

Figura No. 28: Temperatura mínima (1977-2007) y 2007. Temp. Prom. 2007.



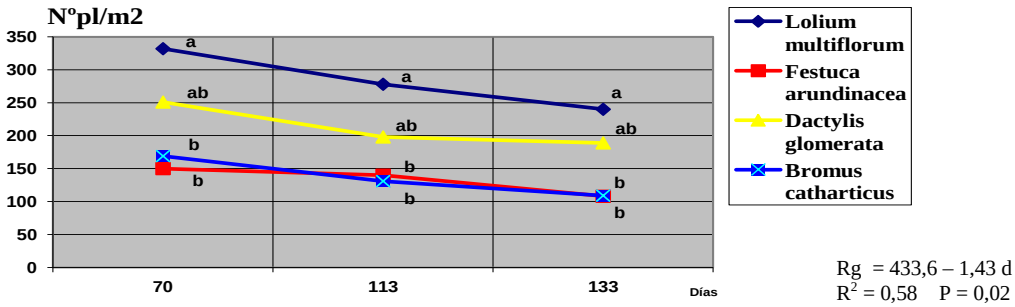
La temperatura del aire es determinante para el desarrollo de las plantas, puesto que la tasa de aparición foliar (TAF), definido como el número de hojas aparecidas en cada macollo por unidad de tiempo, responde en forma lineal a la temperatura. Dichas plantas presentan un umbral mínimo proximo a los 5ºC; por debajo de esos valores, no se produce crecimiento (Cooper y Tainton, 1968). Por lo tanto, la temperatura mínima desde mediados de junio hasta mitad de agosto de 2007, influyó de forma negativa en el desarrollo de las pasturas.

Si se considera que la fotosíntesis neta de las forrajeras templadas alcanza valores óptimos ente 15 y 25°C, se puede decir analizando la temperatura promedio para el año 2007 en el anterior gráfico, que la temperatura fue favorable para el desarrollo de las pasturas desde principio de setiembre hasta la finalización del experimento en diciembre. A su vez, al analizar lo antes mencionado en forma conjunta con la condición hídrica del suelo (figura No. 24), veremos que setiembre y octubre fueron los meses que se dieron las mejores condiciones para el crecimiento de las gramíneas, período que coincide con el auge de desarrollo que presentan dichas gramíneas dada su condición de gramíneas invernales con un ciclo de crecimiento que es máximo en primavera. En noviembre y diciembre estaban dadas las condiciones de temperatura para un normal desarrollo de las pasturas, pero debido a su ciclo de crecimiento y el déficit hídrico que presentó el suelo en ese momento, las pasturas comienzan a disminuir en forma acentuada su producción.

4.3. IMPLANTACIÓN

En los tres períodos de conteo de plántulas, Lolium fue la gramínea con mayor No. de pl/m^2, mientras que Bromus y Festuca fueron las de menor implantación (Figura No. 26). El Dactylis presentó valores intermedios, sin detectarse diferencias significativas con las otras especies.

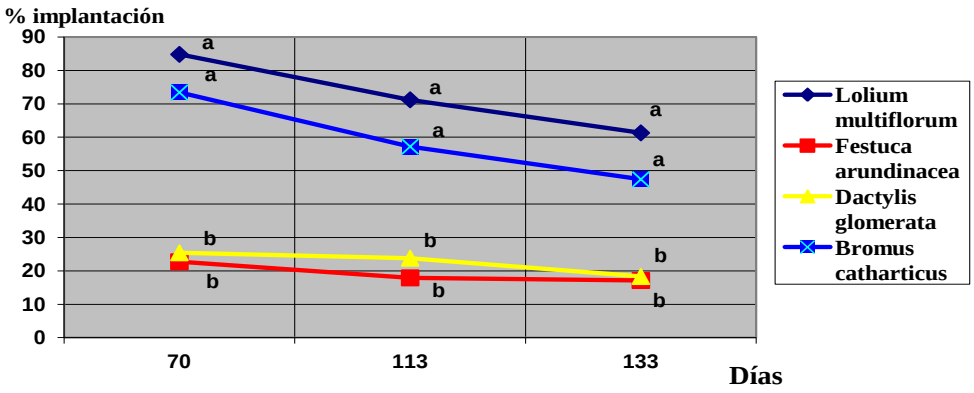
Figura No. 29: Número de plantas/m^2 por especie a los 70, 113 y 133 días (letras distintas en cada período indican diferencias significativas; p <0,05).



Rg = 433,6 – 1,43 d
R^2 = 0,58 P = 0,02

B = 235,1– 0,94 d
R^2 = 0,4 P = 0,04

Figura No. 30: Porcentaje de implantación por especie a los 70, 113 y 133 días (letras distintas en cada período indican diferencias significativas; p <0,05).



Raigrás y bromus no presentan diferencias significativas en el porcentaje de implantación, al igual que dactylis y festuca, siendo las dos primeras superiores a las últimas.

Los resultados de implantación de festuca (23%) y dactylis (25%) a los 70 días, son levemente inferiores a los obtenidos por Brito del Pino et al. (2008), durante el año 2007, sobre suelos pertenecientes al grupo CONEAT 10.3 con predominio de Brunosol éutrico lúvico. En ese relevamiento se observó un promedio general de implantación de 29,5 % a los 90 días.

Estas diferencias se deben analizar en forma conjunta con los valores de No. de plantas/m^2 (figura No. 29) y No. de semillas viables/m^2 (cuadro No. 11). Dactylis con una siembra de más de 1100 semillas viables/m2 terminó a los 133 días con menos de 200 plantas/m^2, lo que determinó un porcentaje de implantación inferior a 20 % para ese período, tal vez ocasionado por el exceso hídrico producido en el mes de siembra, es reconocida por diversos autores como una especie de baja tolerancia al exceso de humedad.

Por lo contrario, el bromus que fue la especie con menor número de semillas viables sembradas/m^2 y con el valor de plantas/m2 más bajo de las cuatro especies, presentó un elevado porcentaje de implantación, no detectándose diferencias significativas con raigrás que fue la especie con mayor porcentaje de implantación. El bromus tiene semillas grandes, por lo que tienen mayor vigor inicial, lo que podría

explicar su buena implantación ya que casi el 50 % de las semillas viables sembradas se implantaron a los 133 días de la siembra.

Raigrás presentó una excelente implantación. Fue la especie con mayor No. de plantas/m2 en los 3 períodos de evaluación, alcanzando 61 % de implantación a los 133 días. Por su parte, festuca fue la especie con menor No. de plantas/m^2 y con el porcentaje de implantación más bajo, con un valor inferior a 20 en el último período de evaluación.

4.4 FORRAJE DISPONIBLE

A continuación se presentan los resultados y discusiones para los tres períodos de crecimiento de *Lolium multiflorum*, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Bromus catharticus.* El primer período comienza en la siembra el 19 de mayo y se extiende por 152 días, el segundo tiene una duración de 23 días y el tercero de 23 días terminando el 06 de diciembre.

Cuadro No. 17: Materia seca total disponible en kg/ha por especie y por período.

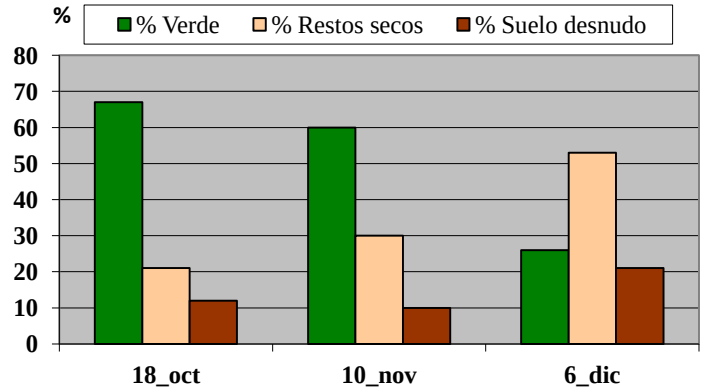
SP\Período	1 (19/5 al 18/10) 152 días	2 (19/10 al 10/11) 23 días	3 (14/11 al 06/12) 23 días
Raigrás	984 a	1023 a	451 a
Dactilis	867 a	912 a	593 a
Festuca	758 a	891 a	650 a
Bromus	750 a	706 a	436 a
Promedio	839	883,1	532,4

En el análisis estadístico realizado para la variable MS total disponible, se determinó que no existen diferencias significativas entre las cuatro especies en ninguno de los tres períodos de tiempo evaluados. A pesar de que no se detectaron diferencias estadísticamente significativas, en los dos primeros períodos se evidencia una variación de entre 230 y 300 Kg/ha entre raigrás, presentando valores cercanos a los 1000 kg/ha y cebadilla con aproximadamente 730 kg/ha, esto puede estar explicado por una gran variabilidad en los datos de dicho período lo que no permite detectar diferencias.

Es importante destacar que el alargamiento de los entrenudos, previo al proceso de floración, conjuntamente con el favorecimiento del macollaje producto del pastoreo (realizado el 18 de octubre), produce un aumento de peso de la MS total disponible en el segundo período, alcanzando 883 kg/ha acumulados en 23 días. A su vez se aprecia que en el tercer período el promedio de MS total disponible de las cuatro especies tuvo una disminución con respecto al período dos. Esta disminución se explica por una menor

población de macollas por floración y por condiciones de temperatura y disponibilidad hídrica desfavorables.

Figura No. 31: Evolución de las fracciones de la materia seca total disponible



En la Figura No. 31 se observa como la fracción verde compuesta por gramíneas sembradas, malezas y leguminosas, disminuye en forma sostenida desde la primavera temprana (período de máxima producción), hasta el 6 de diciembre. Para esta última fecha el porcentaje del suelo, cubierto por la fracción verde era de solamente 26%, como consecuencia del ciclo de producción invernal de estas pasturas conjuntamente con el déficit hídrico existente en el momento. En forma paralela, el porcentaje de suelo desnudo, pasó de 12 % en la primera fecha a 21 % en la tercera, producto de la muerte de plantas, determinando que el suelo pasa a estar cubierto principalmente por los restos secos, que aumentan hasta cubrir el 53% del área.

Figura No. 32: Estado de las pasturas al 6 de diciembre

Una de las causas posibles de que no se hayan registrado diferencias significativas en la cantidad de materia seca disponible entre las especies es la distorsión provocada por el "raigrás guacho" y la maleza.

En la variable kg/ha de restos secos disponibles tampoco se hallaron diferencias significativas entre las cuatro especies en cada uno de los períodos. Se observa una tendencia similar en todas las especies a aumentar la cantidad de restos secos a medida que pasa el tiempo debido a la senescencia de las pasturas así como por la muerte de plantas causada por el pisoteo de los animales y por la consecuencia del déficit hídrico en el tercer período.

Cuadro No. 18: Restos secos disponibles en kg/ha por especie y por período

SP\Período	1 (19/5 al 18/10) 152 días	2 (19/10 al 10/11) 23 días	3 (14/11 al 06/12) 23 días
Raigrás	155,5 a	259,5 a	263,4 a
Dactilis	233,7 a	275,9 a	308,7 a
Festuca	195,6 a	295,2 a	352,3 a
Bromus	232,3 a	234,8 a	264,9 a
Promedio	204	266	297

Cuadro No. 19: Materia seca disponible de gramíneas en kg/ha por especie y por período.

SP\Período	1 (19/5 al 18/10) 152 días	2 (19/10 al 10/11) 23 días	3 (14/11 al 06/12) 23 días
Raigrás	686 a	656 a	142 a
Dactilis	532 ab	558 a	235 a
Festuca	396 b	469 a	211 a
Bromus	321 b	329 a	107 a
Promedio	483,8	503,1	174,0

Para la variable MS disponible de gramíneas, en el primer período el raigrás presenta diferencias significativas con respecto a festuca y cebadilla a la vez que no tiene diferencias significativas con Dactylis. A su vez, Dactylis presenta comportamiento intermedio, sin diferencias significativas con Festuca y Bromus. Raigrás es la especie que presenta mayor cantidad de kg/ha de gramíneas disponibles siendo éste valor cercano a los 680 kg/ha, mientras que cebadilla con 320 kg/ha es la que tuvo menor cantidad. El valor promedio de las cuatro especies para el primer período es de aproximadamente 480 kg/ha.

En cambio en el segundo y tercer período no existen diferencias significativas entre las cuatro especies, sin embargo en el segundo período se aprecia una gran variación en los kg/ha aportadas por las especies siendo esta diferencia de más de 300 kg entre raigrás y cebadilla. Lo mismo ocurre en el tercer período con una variación aproximada de 128 kg/ha entre dactilis (235,23 kg/ha) y cebadilla (107,3 Kg/ha).

Se observa que al igual que con la variable MS total, los valores promedios para el primer y segundo período no difieren en forma sustancial, no obstante se destaca que el primer período es de 152 días y el segundo de 23 días. La máxima producción que presentan dichas gramíneas invernales durante el segundo período, como se mencionó anteriormente, se debe al alargamiento de los entrenudos, previo al proceso de floración, conjuntamente con el favorecimiento del macollaje producto del pastoreo. En cambio, en el tercer período hay una marcada disminución en la cantidad de kg/ha de gramíneas disponibles, producto del ciclo de producción de las gramíneas invernales en combinación con el déficit hídrico que se produce en ese período.

En la variable que se presenta en el cuadro No. 20, se contabilizó en forma conjunta las leguminosas y las malezas comprendidas dentro de la fracción MS total, no detectándose diferencias significativas entre especies en ninguno de los tres períodos. Este componente representó en promedio el 19%, 15% y 11% de la MS total disponible para el primer, segundo y tercer período respectivamente.

Cuadro No. 20: Materia seca disponible de leguminosas y malezas en Kg/ha por especie y por período.

SP\Período	1 (19/5 al 18/10) 152 días	2 (19/10 al 10/11) 23 días	3 (14/11 al 06/12) 23 días
Raigrás	142 a	107 a	45 a
Dactilis	101 a	77 a	49 a
Festuca	167 a	127 a	86 a
Bromus	196 a	143 a	64 a
Promedio	151,5	113,7	61,0

Las malezas predominantes fueron *Eupatorium buniifolium* (chirca) y *Conyza bonariensis* (yerba carnicera), ambas especies no superaban los 20 cm. de altura, siendo escasa su presencia.

4.5 FORRAJE REMANENTE

La MS total remanente por hectárea no presenta diferencias significativas entre las distintas gramíneas para ninguno de los tres períodos. En promedio, en el segundo período se produce un aumento de aproximadamente 174 kg/ha con respecto al primer período. Este hecho esta explicado teóricamente ya que según Carámbula (2006b), cuando esas especies invernales están por empezar el proceso de floración comienzan a tener un hábito erecto producto de la elongación de los entrenudos de las macollas, lo que determina un aumento de peso resultante de la mayor proporción de vainas y tallos. El mismo autor también menciona que el proceso de macollaje se ve favorecido con el pastoreo. Esto produciría un aumento en el número de macollas por plantas en el segundo período, favorecidas por el pastoreo realizado al finalizar el primer período (18 de octubre), por lo que se produciría un aumento de peso de la MS remanente.

Cuadro No. 21: Materia seca total remanente en Kg/ha por especie y por período.

SP\Período	1 (19/5 al 18/10) 152 días	2 (19/10 al 10/11) 23 días	3 (14/11 al 06/12) 23 días
Raigrás	273 a	466 a	90 a
Dactilis	300 a	530 a	114 a
Festuca	301 a	461 a	212 a
Bromus	273 a	385 a	89 a
Promedio	286,8	460,6	126,3

La explicación teórica se corrobora en la práctica, puesto que si se tiene en cuenta que la altura de la pastura remanente es igual a 6 cm en los dos primeros períodos y que el porcentaje de cobertura del suelo fue similar (anexo 4), la diferencia en kg/ha de MS total remanente entre el primer y segundo período está explicada por una mayor densidad de forraje debido al aumento del macollaje y mayor peso por planta.

En el tercer período hay una marcada reducción en los kg/ha de MS total remanente debido al decrecimiento normal que tienen estas gramíneas invernales en ese período a la vez del perjuicio causado por el déficit hídrico lo que en combinación conllevan a una elevada muerte de plantas.

Cuadro No. 22: Porcentaje de restos secos en la materia seca remanente, por especie y por período.

SP\Período	1 (19/5 al 18/10) 152 días	2 (19/10 al 10/11) 23 días	3 (14/11 al 06/12) 23 días
Raigrás	32 a	37 a	75 a
Dactilis	30 a	38 a	74 a
Festuca	29 a	37 a	60 a
Bromus	29 a	41 a	71 a
Promedio	30,1	38,1	70,1

Se puede observar que en cada período de tiempo analizado se produce un aumento en el porcentaje de restos secos en relación a la MS total remanente de cada período. En el primer y segundo no difieren en forma sustancial mientras que en el tercer período prácticamente no hay pasturas verdes ya que en promedio el 70 % de la MS total remanente está constituido por restos secos. Tampoco hay diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de restos secos remanentes presentes en cada tratamiento.

4.6 PRODUCCIÓN DE FORRAJE

Cuadro No. 23: Materia seca total acumulada en kg/ha por especie y por período.

SP\Período	1 (19/5 al 18/10) 152 días	2 (19/10 al 10/11) 23 días	3 (14/11 al 06/12) 23 días	Producción total MS Kg/ha
Raigrás	957 a	730 a	108 a	**1795**
Dactilis	852 a	597 a	103 a	**1552**
Festuca	747 a	574 a	202 a	**1523**
Bromus	737 a	415 a	86 a	**1238**
Promedio	823.4	579.0	124.4	

No fueron detectadas diferencias significativas entre las especies con respecto a la cantidad de kg/ha de MS acumulada que presentan en cada uno de los períodos. No obstante se aprecia que en todos los casos raigrás se mantiene como la especie con más kg/ha de MS acumulada y cebadilla criolla como la especie con menos kg/ha, siendo esta diferencia de aproximadamente 230 kg/ha y 315 kg/ha en el primer y segundo período respectivamente.

A su vez se observa una disminución progresiva y acentuada en el promedio de las especies. Si bien en el segundo período se acumuló aproximadamente 240 kg/ha de MS menos que en el primero, existe entre ellos una diferencia muy importante en los días de acumulación de materia seca. Sin embargo si comparamos el segundo y tercer período vemos que la disminución en la cantidad de MS acumulada es de aproximadamente 455 Kg/ha siendo que la cantidad de días en que se produjo esta acumulación es igual.

Sin hablar de diferencias estadísticas y observando la tendencia de las especies a producir más o menos forraje para hacer una comparación entre lo que se obtendría teóricamente y lo que resultó del experimento, se puede decir que aparecen en un orden esperable determinado por las características propias de cada especie, esto es: era esperable que raigrás obtuviera el primer lugar por ser anual. Entre las perennes también se esperaba una producción mayor de dactilis frente a festuca por la tolerancia a la sombra, buen establecimiento en suelos ácidos y porque se implanta más rápido que festuca. Sabiendo que la cebadilla requiere siembras tempranas por ser poco macolladora y que no se adapta bien a suelos con baja fertilidad era de esperarse una baja producción de materia seca.

En el siguiente cuadro se presentan los kg/ha totales de MS obtenidos por INIA para las mismas especies y el mismo año junto a los kg/ha totales de MS resultantes del

experimento. Es bueno resaltar que el experimento de INIA fue realizado en condiciones climáticas similares a las del experimento, sin embargo, en suelos distintos y con manejos diferentes. Por esta razón lo tomamos como referencia para realizar una comparación interesante en cuanto a la tendencias, sin considerar los valores de MS en kg/ha.

Cuadro No. 24: Comparación con datos del INIA de la materia seca total en kg/ha por especie

SP\Período	Producción total MS Kg/ha	Producción total MS Kg/ha (INIA, 2007)	Producción total MS Kg/ha (INIA, 2008)
Raigrás	1795	4620	-
Dactilis	**1552**	**3188**	**3964**
Festuca	**1523**	**3824**	**6037**
Bromus	1238	2715	6840

De los resultados obtenidos en el experimento se destaca el buen comportamiento que presentó dactilis en comparación con festuca (iguala su producción). En cambio, en los resultados obtenidos por INIA se aprecia como festuca tuvo una mayor producción que dactilis en los dos años evaluados. El comportamiento que presentó dactilis en el experimento de este trabajo podría estar explicado a su mayor tolerancia a la sombra con respecto a la otra gramínea perenne.

Puede verse claramente el efecto año en el estudio realizado por INIA, en el 2008 las distintas especies estuvieron por encima en la producción total de MS que en el año 2007, por lo que es de esperarse que en un año más propicio para el crecimiento de las plantas los rendimientos en el sitio del experimento serían mayores.

Sin hacer una comparación directa entre los experimentos, debido a la diferencia de suelos y manejo, se puede ver de todas formas, la baja producción presentada por las gramíneas del presente trabajo. Esto podría estar dado por factores tales como, la siembra tardía (se sembró un mes tarde) o errores en el manejo de la fertilización; al macollaje se fertilizó con aproximadamente treinta unidades de nitrógeno siendo que muchas veces en praderas se utiliza cuatro veces dicho valor. A la vez, se debe considerar la influencia del suelo, el clima y la influencia del monte.

Cuadro No. 25: Tasa de crecimiento total acumulada en Kg/ha/día por especie y por período.

SP\Período	1 (19/5 al 18/10) 152 días	2 (19/10 al 10/11) 23 días	3 (14/11 al 06/12) 23 días
Raigrás	6 a	32 a	5 a
Dactilis	6 a	26 a	4 a
Festuca	5 a	25 a	9 a
Bromus	5 a	18 a	4 a
Promedio	5,4	25,2	5,4

En cuanto a la T.C. el análisis estadístico arroja que las distintas especies no presentan diferencias significativas entre sí. Las T.C entre el primer y segundo pastoreo tienen un valor promedio de 25,2 kg/ha/día la cual es ampliamente superior a las T.C. previas al primer pastoreo y posteriores al segundo. Es importante destacar que el primer período, de 152 días está comprendido desde el momento de la siembra hasta el primer pastoreo, incluyendo la fase de preemergencia y establecimiento de plántulas por lo que es lógico suponer que tenga una tasa de crecimiento inferior al segundo período de 23 días que incluye la fase de crecimiento vegetativo exponencial y comienzo de la etapa reproductiva con el consiguiente alargamiento de los entrenudos y aumento de peso. En esta etapa se dan las condiciones ambientales más favorables para estas gramíneas invernales en cuanto a temperatura, radiación solar y disponibilidad de agua. En el tercer período a pesar de tener 23 días de crecimiento, presenta valores cinco veces más bajos que el anterior período debido a la muerte de plantas y senescencia de hojas ocasionada por el déficit hídrico y por el ciclo de producción invernal de estas gramíneas.

Cuadro No. 26: Contribución porcentual de las gramíneas a la producción de forraje.

SP\Período	1 (19/5 al 18/10) 152 días	2 (19/10 al 10/11) 23 días	3 (14/11 al 06/12) 23 días
Raigrás	70 a	68 a	4 a
Dactilis	62 ab	65 a	10 a
Festuca	50 ab	45 a	12 a
Bromus	43 b	48 a	3 a
Promedio	56,4	56,5	7,4

En la contribución porcentual de las gramíneas a la producción de MST, se detectan diferencias significativas entre las especies solamente en el primer período. Del total de materia seca que se acumuló en el lapso de 152 días, el 70 % correspondió al

raigrás, en el promedio de las tres parcelas sembradas con esta especie, por su parte el Bromus representó el 43% de lo acumulado. El raigrás fue estadísticamente superior a Bromus en este período. Paralelamente, dactilis y festuca no difieren estadísticamente entre sí, tampoco con raigrás y Bromus.

El otro hecho de destacarse es el bajo porcentaje de gramíneas acumuladas en el tercer período, representando solamente el 7 % de los kg/ha de materia seca total acumulada, lo restante corresponde a restos secos, leguminosas no sembradas y malezas. Como ya se mencionó anteriormente este se debería al déficit hídrico ocurrido en esa época del año conjuntamente con el decrecimiento de la producción de dichas especies producto de su ciclo invernal.

4.7 FORRAJE DESAPARECIDO

En el siguiente cuadro se puede observar que en el primer período, raigrás presenta diferencias significativas en materia seca total desaparecida frente a festuca y cebadilla. El valor de desaparecido de raigrás es más alto debido a una mayor disponibilidad de materia seca y no a la cantidad de MS remanente que fue similar para las distintas especies. Si bien cabe recordar que no hubo diferencias significativas entre especies en cuanto a disponibilidad, raigrás presentó unos 200 kg/ha por encima de festuca y bromus. Dactilis no presenta diferencias significativas con raigrás en el total de MS desaparecida, tampoco hay diferencias con festuca y bromus. En los siguientes períodos no se detectaron diferencias estadísticas entre las especies.

Cuadro No. 27: Materia seca total desaparecida en Kg/ha por especie y por período

SP\Período	1 (19/5 al 18/10) 152 días	2 (19/10 al 10/11) 23 días	3 (14/11 al 06/12) 23 días
Raigrás	710 a	556 a	361 a
Dactilis	567 ab	382 a	479 a
Festuca	457 b	431 a	437 a
Bromus	477 b	321 a	348 a
Promedio	553	423	406

4.8 PLANTACIÓN FORESTAL

La plantación se efectúo en el año 2005, a una densidad de 1389 árboles/ha (4 x 1,8 m) sobre suelos pertenecientes al Grupo CONEAT 4.2 que para ese momento no estaba incluido por parte de la Dirección Forestal del M.G.A.P dentro de los suelos de prioridad forestal. Sin embargo, debido al bajo potencial de producción de otros rubros en el lugar, con índice CONEAT promedio de 61 y a la presencia de cárcavas de

erosión, se logró la aprobación correspondiente para iniciar una actividad forestal, argumentando bajo proyecto la buena producción de los montes comerciales en zonas cercanas y los efectos benéficos de este rubro para detener la evolución de las cárcavas.

Cabe destacar que en junio de 2006, dichos suelos pasaron a estar incluidos en los suelos de prioridad forestal comprendidos en la Ley No. 15939.

Producto de los censos de árboles realizados el 19 de mayo de 2007 y el 2 de febrero de 2008 se obtuvo los siguientes datos.

Cuadro No. 28: Volumen total cc (m^3/ha) al 19/05/2007.

Parcela	Dap (cm)	Altura (m)	No. de árboles/ha	Área Basal (m)	Volumen total cc (m^3/ha.)
Raigrás	7,3	6,4	1372	0,0042	14,7
Dactilis	7,2	6,4	1372	0,0041	14,3
Festuca	7,2	6,4	1372	0,0041	14,3
Bromus	7,2	6,4	1372	0,0041	14,3

cc = con corteza

Nota: Se usó un factor de forma de 0,4.

Cuadro No. 29: Volumen total cc (m^3/ha) al 02/02/2008.

Parcela	Dap (cm)	Altura (m)	No. de árboles/ha	Área Basal (m)	Volumen total cc (m^3/ha)
Raigrás	8,7	8,52	1356	0,0059	27,5
Dactilis	8,6	8,42	1356	0,0058	26,5
Festuca	8,7	8,47	1356	0,0059	27,3
Bromus	8,6	8,56	1356	0,0058	27,7

cc = con corteza

Nota: Se usó un factor de forma de 0,4.

Como se aprecia en ambos cuadros, no existen diferencias sustanciales entre los árboles de cada parcela para las variables analizadas, por lo contrario, se destaca la semejanza de los valores en ambas oportunidades.

Las cuatro especies de gramíneas sembradas no provocaron un crecimiento diferencial en los árboles, con un 95% de confianza según ANAVA, es decir, el crecimiento del monte fue similar en los 4 tratamientos.

El aumento en volumen promedio de los 4 tratamientos fue de 12,85 m3/ha en 8 meses, presentando un incremento medio anual (I.M.A.) a los 2,25 años (27 meses) de 12,1 m3/ha, considerando un factor de forma de 0,4. Según (Balmelli y Bennadji, 2007). Los valores de IMA a los 3 años que presentaron cinco procedencias de Eucalyptus globulus en Soriano, se encuentran entre 10 y 14,2 m^3/ha, valor mínimo y máximo respectivamente, por lo que el I.M.A. que presentó el monte del experimento se encuentra dentro de parámetros normales para su especie y edad.

En el monte se constató la presencia del gorgojo de los eucaliptos "*Gonipterus giberus*", especie que en su estadio adulto y larvario se alimentan de las hojas del año causando un daño limitado.

A su vez, los árboles presentaban manchas foliares causadas por el hongo *Micosphaerella* spp, el cual provoca daños graves en *Eucalyptus* jóvenes de 1 a 3 años, produciendo defoliaciones severas con manchas necróticas en gran parte del área foliar. El *Eucalyptus globulus* es especialmente susceptible en especial en áreas con precipitaciones abundantes en primavera verano.

Los daños causados por este hongo tienen marcada incidencia en la producción de forraje debido a las defoliaciones de los árboles, ocupando un espacio físico que podría ser utilizado por las pasturas.

5. CONCLUSIONES

- Este trabajo presenta los avances en los estudios del crecimiento de pasturas sembradas bajo monte. Representan un año, una localidad, un tipo de suelo y un arreglo espacial de los árboles, por lo que se requiere aumentar el alcance en futuros estudios que evalúen la incidencia de otras variables.

- La producción de materia seca de las gramíneas estuvo afectada por el tipo de suelo.

- La producción de materia seca total acumulada (kg/ha) no difirió entre las especies.

- Las gramíneas sembradas lograron implantarse bajo el monte registrando valores de implantación similares a condiciones sin monte.

- Raigrás y Bromus no presentan diferencias significativas en el porcentaje de implantación, al igual que Dactylis y Festuca, siendo las dos primeras superiores a las últimas.

- El crecimiento de la plantación forestal no presentó diferencias significativas en ninguno de los tratamientos.

5.1 ALCANCES

- En el sitio del experimento instalar parcelas testigo sin el componente forestal para evaluar el efecto del monte sobre el crecimiento y la producción de las pasturas sembradas.

    - En el presente trabajo, las condiciones ambientales del año y la falta de parcelas "testigo" sin el componente forestal no permitieron determinar con precisión el efecto del monte sobre el crecimiento de las gramíneas sembradas.

- Modificar el arreglo espacial de los árboles para determinar marcos de plantación que favorezcan el desarrollo forrajero.

    - Marcos de plantación como el del ensayo (4 m entre filas) permiten una reducida superficie de siembra (≤ a 3 m) entre filas, a la vez que la copa de los árboles interfieren en el paso de la radiación lumínica sobre el estrato herbáceo.

- Evaluación de distintas densidades de plantación, manejos silviculturales, especies forestales y forrajeras.

    - Densidades como la del experimento (1389 árboles/ha) puede resultar desfavorables para el óptimo desarrollo de las pasturas.

    - En bibliografía consultada se cita que manejos silviculturales diseñados para realizar raleos favorecen el desarrollo forrajero al abrir el dosel de copas y bajar la densidad de árboles. Sin embargo en sistemas de plantación que incluyen pinos, las acículas que caen naturalmente y las ramas producto de poda o de raleos interfieren en el crecimiento del estrato herbáceo.

    - Las especies de copa angosta y con escaso desrame natural como por ejemplo el *Eucalyptus globulus* spp favorecen la incidencia de radiación solar en el tapiz herbáceo y la cosecha de forraje por los animales en pastoreo. Otra opción son las especies caducifolias como álamos y sauces ya que están activas solamente de 6 a 8 meses por año, lo que reduce el consumo de agua y nutrientes favoreciendo el forraje.

- Evaluación del efecto de los árboles sobre los animales.

    - Este es un campo muy amplio en el cual se puede estudiar entre muchos otros ítems, la influencia de la menor oscilación térmica (abrigo y sombra) en el gasto metabólico, tiempo de pastoreo y rumia, consumo, requerimientos, eficiencia en la conversión alimenticia, comportamiento, productividad, comportamiento reproductivo, sobrevivencia, manejo del ganado, sanidad, etc.

- Evaluación del efecto de los árboles sobre la disponibilidad de agua.

    - La información obtenida en la bibliografía consultada no es concluyente sobre la magnitud y el tipo de cambios que ocurren en el contenido de humedad del suelo de áreas forestadas en el Uruguay, por lo contrario, muchas veces es contrastante.

6. RESUMEN

El experimento se realizó con el fin de evaluar el crecimiento de cuatro gramíneas forrajeras sembradas en un monte de *Eucalyptus globulus* spp *globulus* de un año y medio de edad, buscando determinar cuáles serían las más adecuadas para ser utilizadas en un sistema agrosilvopastoril. Se ubicó en la zona sur del país sobre suelos 4,2 (CONEAT). Las especies sembradas con la metodología de siembra directa fueron: *Lolium multiflorum* var. LE284 que produjo 1795 kg/ha de MS totales, *Dactylis glomerata* var. Amba 1552 kg/ha de MS, *Festuca arundinacea* var. Tacuabé 1523 kg/ha de MS y *Bromus catharticus* var. Martín Fierro con una producción final de 1238 kg/ha de MS. Los análisis estadísticos realizados no permitieron detectar diferencias significativas entre la producción total de las especies en el primer año de crecimiento, lo que a su vez estuvo fuertemente condicionado en forma negativa por las condiciones climáticas del año 2007. Sin embargo, raigrás produjo un 31 % más de materia seca acumulada que Bromus (560 kg/ha). Del mismo modo se destaca el buen comportamiento que tuvo dactilis en comparación con festuca ya que iguala su producción, en contraposición a registros históricos en los que festuca produce más materia seca al primer año de desarrollo. Al no haber instalado parcelas testigo sin el componente forestal no es posible determinar en qué magnitud influyó el monte y las condiciones climáticas adversas en la baja producción de las gramíneas.

Palabras clave: Silvopastoreo; Gramíneas; *Eucalyptus globulus* spp *globulus*.

7. SUMMARY

The experiment was conducted to evaluate the growth of four forage grasses planted in an Eucalyptus globulus spp globulus forest which was a year and a half old. Trying to determine what would be most appropriate for use in agroforestry systems. It was located in the southern region of the country on 4,2 (CONEAT) soils. The species planted with the methodology of direct seeding were: Lolium multiflorum var. LE284 which produced 1795 kg DM / ha total, Dactylis glomerata var. Amba 1552 kg DM / ha, Festuca arundinacea var. Tacuabé 1523 kg DM / ha and Bromus catharticus var. Martín Fierro with a final production of 1238 kg DM / ha. The statistical analysis did not show significant differences between the total production of the species in the first year of growth, which in turn was strongly affected negatively by the climatic conditions of 2007. By not installing control without the forestry component is not possible to determine how these factors affected the amount and adverse weather conditions in the low production of grasses.

Keywords: Silvopastoral systems; Grasses; *Eucalyptus globulus* ssp *globulus.*

8. BIBLIOGRAFÍA

1. AMIGONE, M.; TOMASO, J. 2004. Principales características de especies y cultivares de verdeos invernales. (en línea). Buenos Aires, INTA. 6 p. Consultado 16 ago. 2010. Disponible en http://www.inta.gov.ar/mjuarez/info/documentos/verdeos/verdeos_carac08.pdf

2. BALMELLI, G.; BENNADJI, Z. 2007. Comportamiento de la semilla de *Eucalyptus globulus* producida por INIA. In: Día de Campo Forestal (2007, Soriano, Uruguay). Mejoramiento genético y manejo de especies de *Eucalyptus globulus*. Tacuarembó, INIA. pp. 1-4.

3. BEER, J.; LUCAS, C.; KAPP, G. 1994. Reforestación con sistemas agrosilviculturales permanentes vs. plantaciones puras. Agroforestería en las Américas. 1 (3):21-25

4. BOREL, R. 1987. Interacciones en sistemas agroforestales hombre-árbol-cultivo-animal. In: Seminario Avances en la Investigación Agroforestal (2°., 1985, Turrialba, Costa Rica). Trabajos presentados. Turrialba, CATIE. pp. 77-89.

5. BRITO DEL PINO, G.; COLELLA, A.; CROSTA, D.; MORALES, C. 2008. Relevamiento de implantación de pasturas con gramíneas perennes en basamento cristalino. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 124 p.

6. BRONSTEIN, G., 1983. Los árboles en la producción de pastos. In: Curso Intensivo sobre Técnicas Agroforestales (1983, Turrialba, Costa Rica). Resúmenes. Turrialba, CATIE. p. 5.

7. BRUSSA, C. 1994. Eucalyptus; especies de cultivos más frecuentes en Uruguay y regiones de clima templado. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 206-207.

8. BUDOWSKI, G. 1981. Aplicabilidad de los sistemas agroforestales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 8 p.

9. CARÁMBULA, M. 2006a. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 1, pp. 109-113.

10. _____. 2006b. Pasturas y forrajes; insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 2, pp. 116 p.

11. CASELLA, M.; CEDRÉS, A.; MUNKA, C.; PASTORINI, V.; POSSE, J. 1993. Diagnóstico de sistemas agroforestales del Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 124 p.

12. CASTRO, M.; VILARÓ, D. 2008. Evaluación de cultivares. Gramíneas bianuales. (en línea). Montevideo, INIA. Consultado 16 ago. 2010. Disponible en http:// www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/gramíneasb08.htm

13. COMBE, J.; BUDOWSKI, G. 1979a. Clasificación de las técnicas agroforestales; una revisión de la literatura. In: Taller de Sistemas Agroforestales en América Latina (1°., 1979, Turrialba, Costa Rica). Trabajos presentados. Turrialba, Costa Rica. pp. 17-48.

14. _____. 1979b. Conceptos sobre la investigación de técnicas agroforestales en el CATIE. In: Taller de Sistemas Agroforestales en América Latina (1°., 1979, Turrialba, Costa Rica). Trabajos presentados. Turrialba, Costa Rica. pp. 17-48.

15. COOPER, J.P.; TAINTON N.M., 1968. Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperate grasses. Herbage Abstracts. 38 (3): 167 – 176.

16. DELGADO, S.; ALLIAUME, F.; GARCÍA PRÉCHAC, F.; HERNÁNDEZ, J. 2006. Efecto de las plantaciones de *Eucalyptus* sp. sobre el recurso suelo en Uruguay. Agrociencia (Montevideo). 10(2): 95-107

17. ENRICH, C. 1992. Sistemas agroforestales. In: Reunión Técnica Sobre Sistemas Agroforestales (1992, Tacuarembó, Uruguay). Proyecto de silvoganadería. Tacuarembó, s.e. p. 20.

18. EUROPA TECHNOLOGY. 2009. Imágenes satelitales (en línea). Madrid. Consultado 20 nov. 2009. Disponible en http://earth.google.es/

19. EXPERIENCIAS DE SILVOPASTOREO (2008, Paysandú, Uruguay). 2008. El sistema silvopastoril. s.n.t. p. 2.

20. FAO. 1984. Sistemas agroforestales en América Latina y El Caribe. Santiago, Chile. 120 p.

21. FASSBENDER, H.W. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2ª ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 489 p.

22. FOGLINO, D. 1992. Sistemas agroforestales. In: Reunión Técnica Sobre Sistemas Agroforestales (1992, Tacuarembó, Uruguay). Observaciones sobre silvopastoreo. Tacuarembó, s.e. p. 14.

23. FORMOSO, F. 2007. Producción de pasturas en períodos climáticamente complicados por excesos de humedad. Revista INIA. 1 (11): 12-16.

24. GALLO, L. 2004. Sistemas agroforestales. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 1-4.

25. _____. 2006. Sistemas silvopastoriles. Revista Plan Agropecuario no. 119: 30-35.

26. GARCIA, J. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. INIA. Serie técnica no. 133. 20 p.

27. HART, R.D. 1979. Agroecosistemas; conceptos básicos. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 211 p.

28. IBRAHIM, M. 1998. Sistemas silvopastoriles. Turrialba, Costa Rica, CATIE/GTZ. 258 p.

29. ICRAF. 1985. El enfoque agroforestal de los sistemas de finca del ICRAF. In: Seminario Avances en la Investigación Agroforestal (1985, Turrialba, Costa Rica). Trabajos presentados. Turrialba, CATIE. pp. 60-95.

30. JACKSON, R.; MOONEY, H.; AVISSAR, R.; ROY, S.; BARRET, D.; COOK, C.; FARLEY, K.; LEMAITRE, D.; MCCARL, B.; MURRAY, B. 2005. Trading water for carbon with biological carbon sequestration. Science. 310: 1944-1947.

31. JOBBÁGY, E.; JACKSON, R. 2004. The uplift of nutrients by plants: Consequences across scales. Ecology. 85: 2380-2389

32. _____.; VASALLO, M.; FARLEY, K.; PIÑEIRO, G.; GARBULSKY, M.; NOSSETO, M.; JACKSON, R.; PARUELO, J. 2006. Forestación en pastizales: Hacia una visión integral de sus oportunidades y costos ecológicos. Agrociencia (Montevideo). 10(2): 109-122.

33. LUNDGREN, 1992. Sistemas agroforestales. In: Reunión Técnica sobre Sistemas Agroforestales (1992, Tacuarembó, Uruguay). Agroforestación y sistemas agroforestales en el Uruguay. Tacuarembó, s.e. p. 6.

34. MARTINEZ, F., BOGGIANO, P., ALZUGARAY, A. 1990. Sistemas agroforestales. In: Seminario de Campo Natural (1°., 1990, Tacuarembó, Uruguay). Silvopastoreo con lanares. Tacuarembó, s.e. p.15.

35. MARZOCCA, A. 1976. Manual de malezas. 3ª. ed. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. pp. 460-467.

36. NAIR, P.K.R. 1982. Some considerations on soil productivity under agroforestry land use systems. In: International Congress of Soil Science (1982, New Delhi, India). Proceedings. New Delhi, India, s.e. p.15.

37. _____. 1985. Clasification of agroforestry systems. Agroforestry Systems. 3: 97-128.

38. NOBLE, W. 1992. Utilización de pasturas en montes de pinos. In: Reunión Técnica sobre Sistemas Agroforestales (1992, Tacuarembó, Uruguay). Proyecto de silvoganadería. Tacuarembó, s.e. p. 22.

39. ODUM, E.P. 1972. Ecología. 3ª ed. México, Interamericana. 639 p.

40. OTS-CATIE. 1986. Sistemas agroforestales; principios y aplicaciones en los trópicos. San José, Costa Rica. 818 p.

41. PEZO, D.; IBRAHIM, M. 1998. Sistemas silvopastoriles. Turrialba, Costa Rica, CATIE/GTZ. 258 p.

42. POLLA, M.C. 1992. Sistemas agroforestales. In: Reunión Técnica sobre Sistemas Agroforestales (1992, Tacuarembó, Uruguay). Agroforestación y sistemas agroforestales en el Uruguay. Tacuarembó, s.e. p.6.

43. _____. s.f. Silvopastoreo con ovinos. (en línea). Montevideo. M.G.A.P. 1 p. Consultado 28 ago. 2008. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/forestal/biblioteca/artículostécnicos/ silvopastoreo con ovinos.

44. REID, R.; WILSON, G. 1989. Agroforestry in Australia and New Zeland. Proyecto Sistemas Agroforestales en el Uruguay. Montevideo, Facultad de Agronomía. 91 p.

45. REYNOLDS, 1995. Sistemas silvopastoriles. Montevideo, Facultad de Agronomía. 1 p.

46. ROVIRA, P.; VELAZCO, J. 2008. Cuantificando el estrés calórico en vacunos en pastoreo. Revista INIA. 1(16): 10-13.

47. RUSSO, R. 1994. Sistemas silvopastoriles. Montevideo, Facultad de Agronomía. 1 p.

48. SHELTON, H. 1993. Sistemas silvopastoriles. Montevideo, Facultad de Agronomía. 4 p.

49. SILVEIRA, L.; ALONSO, J.; MARTÍNEZ, L. 2006. Efecto de las plantaciones forestales sobre el recurso agua en el Uruguay. Agrociencia (Montevideo). 10 (2):75-93.

50. SOFOVAL. 2008. Semillas forrajeras. Productos (en línea). Colonia Valdense. Consultado 16 ago. 2010. Disponible en http:/sofoval.com/biblioteca/forrajeras/raigrás-le-284.doc.

51. SOMARRIBA, E.; VEGA, L.; DETLEFSEN, G.; PATIÑO, H.; AMPOFO, K. 1986. Pastoreo bajo plantaciones de Pinus caribea en Pavones. El Chasqui. 4(11): 5-8.

52. STAUDT, F. 1987. La ergonomía y sus posibles aplicaciones en sistemas agroforestales. In: Seminario Avances en la Investigación Agroforestal (2°, 1985, Turrialba, Costa Rica). Trabajos presentados. Turrialba, CATIE. pp. 77-89.

53. STUR, W.; SHELTON, H. 1991. Sistemas silvopastoriles. Montevideo, Facultad de Agronomía. 1 p.

54. THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. 1955. The water balance. Drexel Institute of Technology. Laboratory of Climatology. Publications in Climatology. 8 (1): 1-104.

55. TORQUEBIAU, E. 1992. Agroforestación y sistemas agroforestales en el Uruguay. In: Reunión Técnica sobre Sistemas Agroforestales (1992, Tacuarembó, Uruguay). Proyecto de silvoganadería. Tacuarembó, s.e. p. 6.

56. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA. s.f. Sistemas silvopastoriles. Curso de silvicultura. Montevideo. 4 p.

57. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN GENERAL FORESTAL. 2004. Coneat digital. (en línea). Montevideo. Consultado 20 mar. 2007. Disponible en http://www.prenader.gub.uy/coneat/viewer.html?Title=CONEAT%20Digital

58. _____._____._____. Proyecto URU-FAO 3002. 2006. Manual de campo; plagas y enfermedades de eucaliptos y pinos en el Uruguay. Montevideo. pp. 43-47.

59. VILARÓ, D. 2008. Evaluación de cultivares. Gramíneas perennes. (en línea). Montevideo, INIA. Consultado 16 ago. 2010. Disponible en http:// www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/bromydac08.htm

60. _____. 2009. Evaluación de cultivares. Gramíneas perennes (en línea). Montevideo, INIA. Consultado 16 ago. 2010. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/festu09.htm

9. ANEXOS

ANEXO 1: Cronograma.

Tarea	Momento	Fecha
Siembra	-	19-may
censo de árboles	primer censo	19-may
Conteo de plantas (sobrevivencia)	-	28-jul
Muestreo de suelos	-	01-sep
Sobrevivencia	-	09-sep
alturas (disponible)	previo al primer pastoreo	29-sep
Conteo de plantas (sobrevivencia)	-	30-sep
doble muestreo (disponible)	previo al primer pastoreo	30-sep
cortes (disponible)	previo al primer pastoreo	18-oct
doble muestreo (disponible)	previo al primer pastoreo	18-oct
cortes (remanente)	luego del primer pastoreo	18-oct
Pastoreo	primer pastoreo	18-oct
doble muestreo (remanente)	luego del primer pastoreo	18-oct
cortes (disponible)	previo al segundo pastoreo	10-nov
doble muestreo (disponible)	previo al segundo pastoreo	10-nov
cortes (remanente)	luego del segundo pastoreo	13-nov
doble muestreo (remanente)	luego del segundo pastoreo	13-nov
Pastoreo	segundo pastoreo	13-nov
alturas (disponible)	previo al tercer pastoreo	06-dic
doble muestreo (disponible)	previo al tercer pastoreo	06-dic
cortes (disponible)	previo al tercer pastoreo	06-dic
Pastoreo	tercer pastoreo	12-dic
alturas (remanente)	luego del tercer pastoreo	12-dic
cortes (remanente)	luego del tercer pastoreo	12-dic
doble muestreo (remanente)	luego del tercer pastoreo	12-dic
censo de árboles	segundo censo	02-feb

ANEXO 2: Balance hídrico climático – Brunosol subéutrico típico (1977 – 2007).

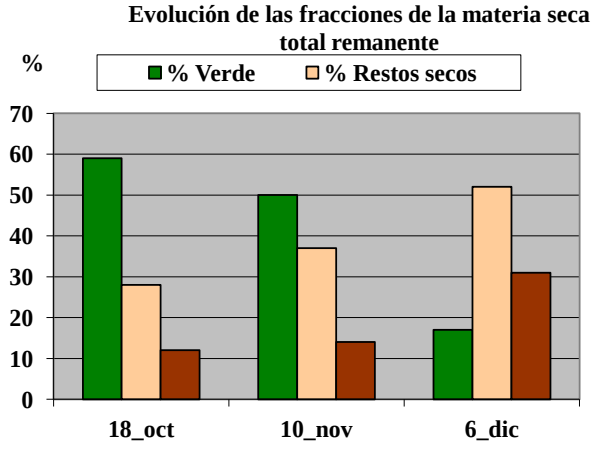
Meses	P *	ETP **	P-ETP	ALM	VAR. ALM	ETR	DEF	EXC
JUL	82.0	30.0	52.0	41.2	0	30.0	0	52.0
AGO	80.0	49.0	31.0	41.2	0	49.0	0	31.0
SET	81.0	66.0	15.0	41.2	0	66.0	0	15.0
OCT	100.0	101.0	-1.0	40.2	-1.0	101.0	0	0
NOV	95.0	140.0	-45.0	13.5	-26.7	121.7	18.3	0
DIC	67.0	180.0	-113.0	0.9	-12.6	79.6	100.4	0
ENE	74.0	185.0	-111.0	0.1	-0.8	74.8	110.2	0
FEB	81.0	143.0	-62.0	0.0	0	81.0	62.0	0
MAR	102.0	120.0	-18.0	0.0	0	102.0	18.0	0
ABR	107.0	66.0	41.0	41.0	41.0	66.0	0	0
MAY	91.0	42.0	49.0	41.2	0.2	42.0	0	48.8
JUN	91.0	27.0	64.0	41.2	0	27.0	0	64.0

ANEXO 3: BHM - Brunosol subéutrico típico (jun 2006-dic 2007)

Meses	P *	ETP **	P-ETP	Alm	Var. Alm	ETR	Def	Exc
				41.2				
Jun-06	262	41	221	41.2	0.0	41.3	0.0	220.7
Jul-06	89	37.7	51	41.2	0.0	37.7	0.0	51.3
Ago-06	54	49	5	41.2	0.0	49.0	0.0	5.0
Sep-06	32	66	-34	18.1	-23.1	55.1	10.9	0.0
Oct-06	84	122.5	-39	7.1	-11.0	95.0	27.5	0.0
Nov-06	71	151.4	-80	1.0	-6.1	77.1	74.3	0.0
Dic-06	38	159	-121	0.1	-1.0	39.0	120.0	0.0
Ene-07	14	170	-156	0.0	-0.1	14.1	156.2	0.0
Feb-07	104	135	-31	0.0	0.0	104.0	30.8	0.0
Mar-07	278	90	188	41.2	41.2	89.7	0.0	147.2
Abr-07	135	74	61	41.2	0.0	74.4	0.0	60.6
May-07	84	55	29	41.2	0.0	54.8	0.0	29.2
Jun-07	42	44	-2	39.1	-2.1	44.1	0.1	0.0
Jul-07	20	49	-29	19.4	-19.7	39.7	9.2	0.0
Ago-07	70	61	9	28.5	9.1	60.9	0.0	0.0
Sep-07	143	76	67	41.2	12.7	75.6	0.0	54.7
Oct-07	173	113	60	41.2	0.0	112.7	0.0	60.4
Nov-07	47	151	-104	3.3	-37.9	84.9	66.5	0.0
Dic-07	15	175	-160	0.1	-3.2	18.2	157.1	0.0

ANEXO 4: IMPLANTACIÓN

Cuadro No. 5: No. de semillas viables/m^2 y de plántulas/m^2 por especie.

Especie	No. semillas viables/m2	No. de plántulas/m2		
		70 días	113 días	133 días
Lolium multiflorum	391	332	278	240
Festuca arundinacea	589	150	140	108
Dactylis glomerata	1105	251	198	189
Bromus catharticus	230	169	131	109

ANEXO 5: