

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN DE MEZCLAS FORRAJERAS
EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL Y A CIELO ABIERTO**

por

Alejandro Daniel CARELLA FERNÁNDEZ

Martín DE MELLO MACEDO

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2015**

Tesis aprobada por:

Director: _____

Ing. Agr. (MSc.) Edison David Silveira Martínez

Ing. Agr. (Esp. MSc.) Ramiro Zanoniani

Ing. Agr. (PhD.) Pablo Boggiano

Fecha: 25 de octubre de 2015

Autores:

Martín De Mello Macedo

Alejandro Daniel Carella Fernández

AGRADECIMIENTOS

Martín de Mello Macedo

Les quiero agradecer a todos mis seres queridos, familiares y amigos, que sin su invaluable apoyo esto no habría sido posible. Especialmente le quiero agradecer a mi madre por su continuo apoyo y ayuda; a mi padre que en el momento que más lo necesite, allí estuvo.

A mi novia y amigos, los que, me han apoyado en cada etapa de este largo camino, sin importar los difíciles tramos que he debido atravesar.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a la Facultad de Agronomía por brindarme una educación de primer nivel de forma gratuita, que me permitirá tener una vida plena y gratificante.

Daniel Alejandro Carella Fernández

La presente tesis de grado es un esfuerzo, en la cual, directa o indirectamente ha contado con la participación de mucha gente, no solo de índole tutorial educativo, sino que también, del orden afectivo. En primer orden el agradecimiento, por el soporte en todo aspecto, va para las familias de los integrantes postulantes de esta tesis, que han sido y serán para toda la vida pilares de todo proyecto, y de todo camino o procesos que deseemos aventurar, incondicionalmente. Para mi madre Alicia Fernández, para mi padre Carlos Carella, mis hermanos, sobrinos, y para quien en su momento fue impulsora de mi estudio y su gran hija, a quien recordaré por siempre. A todos los profesores que nos han ayudado con la tutoría y guía moral de este trabajo. A Belky Macedo, por el trato y la hospitalidad recibida para la ejecución de esta tesis, que finalmente resulto en una cariñosa amistad que hoy en día perdura recíprocamente. El más profundo agradecimiento de todo es para el gran compañero de tesis, el cual abrió las puertas de su hogar y lo brindó como si fuere el mío, quien defendió siempre su postura ante la adversidad fuera de este grupo, que me ha apoyado y respaldado en todo momento, incondicional, sin interés alguno, más que la amistad que hoy cautivamos juntos para el futuro, sin dudas. Gracias Martín.

DEDICATORIA

Martín de Mello Macedo

Dedico este trabajo a mi madre, cuyo arduo trabajo y sacrificios me permitieron realizar tan hermosa carrera. También se lo quiero dedicar a mis abuelos y a mis padrinos, que no pudieron presenciar este momento tan especial en mi vida.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA.....	IV
LISTA DE TABLAS E ILUSTRACIONES.....	XII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1.1 <u>Definiciones de sistemas agroforestales</u>	3
2.1.2 <u>Clasificación de sistemas agroforestales</u>	4
2.1.2.1. Sistemas agroforestales pecuarios – sistemas silvopastoriles.....	4
2.1.3. <u>Clasificación de los sistemas silvopastoriles</u>	4
2.1.4. <u>Sistemas silvopastoriles en Uruguay</u>	6
2.2. DESCRIPCIÓN DE ESPECIES SEMBRADAS	6
2.2.1. <u>Trifolium repens</u>	6
2.2.2. <u>Lotus corniculatus</u>	7
2.2.3. <u>Lolium perenne</u>	8
2.2.4. <u>Festuca arundinacea</u>	9
2.2.5. <u>Dactylis glomerata</u>	10
2.3 IMPLANTACIÓN	11
2.3.1 <u>Germinación y emergencia</u>	11
2.3.2. <u>Implantación o establecimiento</u>	12
2.4 LA SEMILLA, IMPORTANCIA, CARACTERÍSTICAS SEGÚN ESPECIE.....	12
2.4.1. <u>Características de la semilla según especie</u>	13

2.4.1.1. Características de la semilla de <i>Trifolium repens</i>	13
2.4.1.2. Características de la semilla de <i>Lotus corniculatus</i>	13
2.4.1.3. Características de la semilla de <i>Lolium perenne</i>	14
2.4.1.4. Características de la semilla de <i>Dactylis glomerata</i>	14
2.4.1.5. Características de la semilla de <i>Festuca arundinacea</i>	14
2.5. EFECTOS DEL SOMBREADO SOBRE PASTURAS SEMBRADAS CAMPOS FORESTADOS.....	14
2.6. EFECTO DEL DOSEL ARBÓREO SOBRE LA CALIDAD E INTENSIDAD DE LA LUZ EN EL SOTOBOSQUE	18
2.6.1. <u>Calidad de la luz</u>	18
2.6.1.1. Efectos de los árboles sobre las pasturas	19
2.6.1.2. Efectos por sombreado.....	20
2.6.1.3. Efectos por competencia y aporte de nutrientes	22
2.6.1.4. Efectos sobre la disponibilidad de agua.....	24
2.6.2. <u>Intensidad de la luz</u>	26
2.7. EFECTO DE ALGUNAS CONDICIONES EDÁFICAS, DE SUELOS FORESTADOS, SOBRE EL DESARROLLO DE ESPECIES FORRAJERAS	27
2.7.1. <u>Función de la materia orgánica en el suelo</u>	27
2.7.2 <u>Humus</u>	28
2.7.3. <u>Tipos de humus</u>	30
2.7.3.1. Aerobiosis.....	30
2.7.3.2. Simbiosis de leguminosas y rhizobios y fijación biológica del nitrógeno	30
2.7.3.3. Efecto del pH sobre la simbiosis.....	30
2.7.3.4. Efecto del agua y temperatura del suelo sobre la simbiosis.....	31
2.7.3.5. Efecto de la fertilidad sobre la simbiosis.....	31
2.7.3.6. Acidez.....	32
2.8. RELACIÓN RAÍZ/PARTE AÉREA	34

2.9. LAS FORESTACIONES, EL MEDIO AMBIENTE Y EL AGUA	35
2.9.1. <u>Influencia de las forestaciones en el ciclo del agua</u>	36
2.9.2. <u>Agua y los cultivos</u>	36
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	38
3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO	38
3.2. PERÍODO EXPERIMENTAL	38
3.4. TERRENO	38
3.4.1. <u>Descripción del sitio experimental</u>	38
3.4.2. <u>Descripción del recurso suelo</u>	38
3.4.3. <u>Descripción del rodal</u>	39
3.4.4. <u>Preparación de la sementera</u>	40
3.4.4.1 Dimensiones y arreglo del experimento	40
3.4.4.2. Muestreo de suelos y resultado de análisis	41
3.4.4.3. Fertilización y dosis	42
3.4.4.4. Análisis de germinación de semillas	42
3.4.4.5. preparacion de la semilla.....	43
3.5. SIEMBRA.....	43
3.5.1. <u>Densidad de siembra</u>	43
3.6. MEDICIONES.....	44
3.6.1. <u>Muestreo de plántulas y medición de materia seca</u>	44
3.6.2. <u>Muestreo aleatorio</u>	44
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	49
4.1. CONDICIONES AMBIENTALES PARA EL PERÍODO EXPERIMENTAL.....	49
4.1.1. <u>Temperatura</u>	49
4.1.2. <u>Precipitaciones del periodo experimental</u>	50
4.1.3. <u>Evaporación acumulada</u>	51

4.1.4. <u>Días con helada en el periodo experimental</u>	52
4.2. IMPLANTACIÓN	52
4.2.1. <u>Implantación de <i>Lotus corniculatus</i> bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra</u>	52
4.2.2. <u>Implantación de <i>Lotus corniculatus</i> a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra</u>	54
4.2.3. <u>Implantación de <i>Trifolium repens</i> bajo el dosel del bosque 60 y 120 días post siembra</u>	56
4.2.4. <u>Implantación de <i>Trifolium repens</i> a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra</u>	58
4.2.5. <u>Implantación de las gramíneas bajo estudio (<i>Dactylis glomerata</i>, <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra (%)</u>	60
4.2.6. <u>Implantación de las gramíneas bajo estudio (<i>Dactylis glomerata</i>, <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra (%)</u>	63
4.3. EVALUACIÓN DEL PESO DE LA PARTE AÉREA	65
4.3.1. <u>Evaluación de peso aéreo de <i>Lotus corniculatus</i> bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra</u>	65
4.3.2. <u>Evaluación del peso parte aérea de <i>Lotus corniculatus</i> a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra</u>	67
4.3.3. <u>Evaluación de peso parte aérea de <i>Trifolium repens</i> bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra</u>	69
4.3.4. <u>Evaluación del peso aéreo de <i>Trifolium repens</i> a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra</u>	71
4.3.5. <u>Estudio de las medias de la variable “Peso parte aérea” a través de los intervalos de confianza para leguminosas</u>	72
4.3.6. <u>Evaluación del peso aéreo de gramíneas evaluadas (<i>Festuca arundinacea</i>, <i>Lolium perenne</i>, <i>Dactylis glomerata</i>) a los 60 y 120 días post siembra bajo el dosel del bosque</u>	72

4.3.7. <u>Evaluación del peso parte aérea de gramíneas (<i>Festuca arundinacea</i>, <i>Lolium perenne</i>, <i>Dactylis glomerata</i>) a los 60 y 120 días post siembra a cielo abierto</u>	74
4.3.8. <u>Estudio de las medias de las variables “Peso parte aérea” a través de los intervalos de confianza gramíneas</u>	76
4.4. EVALUACIÓN DEL PESO RADICULAR	76
4.4.1. <u>Evaluación de peso radicular de <i>Lotus corniculatus</i> bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra</u>	76
4.4.2. <u>Evaluación del peso radicular de <i>Lotus corniculatus</i> a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra</u>	78
4.4.3. <u>Evaluación de peso radicular de <i>Trifolium repens</i> bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra</u>	79
4.4.4. <u>Evaluación del peso radicular de <i>Trifolium repens</i> a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra</u>	80
4.4.5. <u>Estudio de las medias de la variable “Peso radicular” a través de los intervalos de confianza para leguminosas</u>	82
4.4.6. <u>Evaluación del peso radicular de gramíneas evaluadas (<i>Festuca arundinacea</i>, <i>Lolium perenne</i>, <i>Dactylis glomerata</i>) a los 60 y 120 días post siembra bajo el dosel del bosque (gr/pl)</u>	82
4.4.7. <u>Evaluación del peso radicular de gramíneas (<i>Festuca arundinacea</i>, <i>Lolium perenne</i>, <i>Dactylis glomerata</i>) a los 60 y 120 días post siembra a cielo abierto (gr/pl)</u>	84
4.4.8. <u>Estudio de las medias de la variable “Peso radicular” a través de los intervalos de confianza para las gramíneas</u>	85
4.5. EVALUACIÓN DEL PESO TOTAL	86
4.5.1. <u>Evaluación de peso total de <i>Lotus corniculatus</i> bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra</u>	86
4.5.2. <u>Evaluación del peso total de <i>Lotus corniculatus</i> a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra</u>	87
4.5.3. <u>Evaluación de peso total de <i>Trifolium repens</i> bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra (gr/pl)</u>	89

4.5.4. <u>Evaluación del peso total de <i>Trifolium repens</i> a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra (qr/pl)</u>	90
4.5.5. <u>Evaluación del peso total de gramínea (<i>Festuca arundinacea</i>, <i>Lolium perenne</i>, <i>Dactylis glomerata</i>) a los 60 y 120 días post siembra a cielo abierto (qr/pl)</u>	93
4.5.6. <u>Estudio de las medias de la variable “Peso total” a través de los intervalos de confianza gramíneas</u>	95
4.6. EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN PESO RADICULAR/PESO AÉREO	95
4.6.1. <u>Evaluación de la relación peso radicular/peso aéreo de <i>Lotus corniculatus</i> bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra (qr/pl)</u>	95
4.6.2. <u>Evaluación de la relación parte radicular/peso aéreo de <i>Lotus corniculatus</i> a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra (qr/pl)</u>	96
4.6.3. <u>Evaluación de la relación peso radicular/peso aéreo de <i>Trifolium repens</i> bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra</u>	96
4.6.4. <u>Evaluación de la relación peso radicular/peso aéreo de <i>Trifolium repens</i> a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra</u>	96
4.6.5. <u>Estudio de las medias de la relación “Peso radicular /Peso parte aérea” de leguminosas a través de los intervalos de confianza</u>	96
4.6.6. <u>Evaluación de la relación peso radicular/peso parte aérea de gramíneas (<i>Festuca arundinacea</i>, <i>Lolium perenne</i>, <i>Dactylis glomerata</i>) a los 60 y 120 días post siembra bajo el dosel del bosque</u>	97
4.6.7. <u>Evaluación de la relación peso radicular/peso aéreo de gramíneas (<i>Festuca arundinacea</i>, <i>Lolium perenne</i>, <i>Dactylis glomerata</i>) a los 60 y 120 días post siembra a cielo abierto</u>	97
4.6.8. <u>Estudio de las medias de las variables “Peso radicular /Peso parte aérea” a través de los intervalos de confianza</u>	98
4.7. CONSIDERACIONES FINALES	99

5.	<u>CONCLUSIONES</u>	104
6.	<u>RESUMEN</u>	105
7.	<u>SUMMARY</u>	106
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	107
9.	<u>ANEXOS</u>	113

LISTA DE TABLAS E ILUSTRACIONES

Gráfico No.	Página
1. Temperatura media mensual, mínima, máxima para el año 2011 y para la serie histórica (1970-2011) según mes del año.....	49
2. Precipitación mensual (mm) registrada durante del año experimental y la precipitación mensual media de la serie histórica (1970 y 2011) según mes del año.....	50
3. Evaporación acumulada (mm) durante el año experimental y la producida en la serie histórica (1970 y 2011).....	51
4 Días con heladas del periodo comprendido entre el mes de abril hasta setiembre según meses del año 2011.....	52
5. Evolución de la implantación de <i>Lotus corniculatus</i> bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra.....	53
6. Evolución de la producción de MS promedio de <i>Lotus corniculatus</i> a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra (%).....	55
7. Evolución de implantación media de <i>Trifolium repens</i> bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra (%).....	58
8. Evolución promedio de la tendencia de implantación de <i>Trifolium repens</i> a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra (%).....	60
9. Evolución de implantación media de las gramíneas bajo estudio (<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra (%)...	63
10. Evolución de implantación media de las gramíneas bajo estudio (<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra (%).....	65
11. Producción promedio de materia seca aérea de <i>Lotus corniculatus</i> bajo el dosel del bosque (Kg/ha).....	66
12. Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de <i>Lotus corniculatus</i> a cielo abierto (Kg/ha).....	68
13. Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de <i>Trifolium repens</i> bajo el dosel del bosque (Kg/ha).....	70
14 Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de <i>Trifolium repens</i> a cielo abierto (Fecha 1: 60 DPS, Fecha 2:120 dps).....	71
15. Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de gramíneas estudiadas (<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) bajo el dosel del bosque.....	74

16. Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de gramíneas estudiadas (<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) a cielo abierto (Kg/ha).....	75
17. Producción promedio de materia seca por hectárea de masa radicular de <i>Lotus corniculatus</i> (kg/ha).....	77
18. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de <i>Lotus corniculatus</i> a cielo abierto (kg/ha).....	78
19. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de <i>Trifolium repens</i> bajo el dosel del bosque (kg/há).....	80
20. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de <i>Trifolium repens</i> a cielo abierto (kg/ha).....	81
21. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de gamines estudiadas (<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) bajo el dosel del bosque (gr/pl).....	83
22. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de gramíneas estudiadas (<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) a cielo abierto (kg/ha).....	85
23. Producción de materia seca total de <i>Lotus corniculatus</i> por hectárea (kg/ha).....	87
24. Producción promedio de materia seca total por hectárea de <i>Lotus corniculatus</i> a cielo abierto (kg/ha).....	88
25. Producción promedio de materia seca total por hectárea de <i>Trifolium repens</i> bajo el dosel del bosque (kg/ha).....	89
26. Producción promedio de materia seca total por hectárea de <i>Trifolium repens</i> a cielo abierto (kg/há).....	91
27. Producción promedio de materia seca total por hectárea de gamines estudiadas (<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) bajo el dosel del bosque (kg/ha).....	93
28. Producción promedio de materia seca total por hectárea de gramíneas estudiadas (<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) a cielo abierto (kg/ha).....	94

Ilustración No.

1. Composición del humus según tipo de vegetación	29
2. Mapa CONEAT	39
3. Foto aérea del potrero del experimento	41
4. Cuadro de medición de leguminosas (30cm x 15cm)	45
5. Medición de 1 metro de línea de siembra de gramíneas.....	45
6. Modelo DCA	45
7. Modelo DBCA.....	47

Tabla No.

1. Propiedades generales del humus y efectos asociados	27
2. Características químicas del suelo a diferentes pH.....	33
3. Rango óptimo de pH para algunas especies	34
4. Porcentaje de suelo según grupo CONEAT.....	38
5. Altura media, largo medio de copa, diámetro medio de copa, área media de copa verde y DAP medio según bloque	40
6 Análisis de suelo del área sembrada	42
7. Germinación de las semillas a los 7 y 14 días utilizadas según especie respectivamente.....	42
8. Densidad de siembra según especie	43
9. Porcentaje de implantación promedio de <i>Lotus corniculatus</i> bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra	52
10. Implantación de <i>Lotus corniculatus</i> a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra (%)	55
11. Implantación promedio de <i>Trifolium repens</i> bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra (%)	57
12. Datos promedios de implantación de <i>Trifolium repens</i> a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra (%)	59
13. Medias, error experimental y clasificación de los tratamientos en la medición a los 60 días de la implantación de las gramíneas bajo estudio (<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) bajo el dosel del bosque (%).....	61
14. Medias, error experimental y clasificación de los tratamientos en la medición a los 120 días, de la implantación de las gramíneas bajo estudio (<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) bajo el dosel del bosque (%).....	61

15. Datos promedios de implantación de las gramíneas bajo estudio (<i>D. glomerata</i> , <i>F. arundinacea</i> y <i>L. perenne</i>) bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra (%).....	62
16. Medias, error experimental y clasificación de los tratamientos en la medición a los 60 dps de las gramíneas bajo estudio (<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) a cielo abierto (%)	64
17. Datos promedios de implantación de las gramíneas bajo estudio (<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra (%).....	64
18. Producción promedio de materia seca aérea de <i>Lotus corniculatus</i> bajo el dosel del bosque (Kg/há)	66
19. Medias, error experimental y clasificación de los tratamientos en la medición a los 60 días de peso aéreo de <i>Lotus corniculatus</i> a cielo abierto (%)	67
20. Medias, error experimental y clasificación de los tratamientos en la medición a los 120 días de peso aéreo de <i>Lotus corniculatus</i> a cielo abierto (%)	68
21. Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de <i>Lotus corniculatus</i> a cielo abierto (kg/ha)	68
22. Medias y clasificación de los tratamientos en la medición a los 60 días del peso aéreo de <i>Trifolium repens</i> bajo el dosel del bosque (gr/pl)	69
23. Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de <i>Trifolium repens</i> bajo el dosel del bosque (kg/ha)	70
24. Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de <i>Trifolium repens</i> a cielo abierto (Kg/ha)	71
25. Medias y clasificación de los tratamientos en la medición a los 60 días del peso aéreo de las gramíneas en estudio, bajo el dosel del bosque (gr/pl)	73
26. Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de gramíneas estudiadas (<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) bajo el dosel del bosque	73
27. Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de gramíneas estudiadas (<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) a cielo abierto (kg/ha)	75

28. Producción promedio de materia seca por hectárea de masa radicular de <i>Lotus corniculatus</i> (kg/ha)	77
29. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de <i>Lotus corniculatus</i> a cielo abierto (kg/há).....	78
30. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de <i>Trifolium repens</i> bajo el dosel del bosque (kg/há)	79
31. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de <i>Trifolium repens</i> a cielo abierto (kg/ha).....	81
32. Medias y clasificación de los tratamientos en la medición a los 120 días del peso radicular de las gramíneas en estudio, bajo el dosel del bosque (gr/pl).....	83
33. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de gamines estudiadas (<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) bajo el dosel del bosque (kg/há).....	83
34. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de gramíneas estudiadas (<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) a cielo abierto (kg/ha)	84
35. Producción de materia seca total de <i>Lotus corniculatus</i> por hectárea (kg/ha)	86
36. Producción promedio de materia seca total por hectárea de <i>Lotus corniculatus</i> a cielo abierto (kg/ha)	88
37. Producción promedio de materia seca total por hectárea de <i>Trifolium repens</i> bajo el dosel del bosque (gr/pl)	89
38. Producción promedio de materia seca total por hectárea de <i>Trifolium repens</i> a cielo abierto (kg/há).....	90
39. Medias y clasificación de los tratamientos en la medición a los 60 días del peso total de las gramíneas en estudio, bajo el dosel del bosque (gr/pl)	92
40. Producción promedio de materia seca total por hectárea de gamines estudiadas (<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) bajo el dosel del bosque (gr/pl)	92
41. Producción promedio de materia seca total por hectárea de gramíneas estudiadas (<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Lolium perenne</i>) a cielo abierto (kg/ha)	94

1. INTRODUCCIÓN

Según Astori (1982), durante la formación del estado uruguayo, comprendida entre 1875 y 1920, el agro jugó y seguirá jugando un papel fundamental en la economía del país.

Entre 1996 y 2006, la producción de carne creció 38%, mientras que la superficie ganadera se redujo 5%, lo que implicó un importante aumento de la productividad. Sin embargo, entre 2006 y 2010, el sector ganadero registró una caída anualizada de la producción 1,7% (FAO, 2001).

De los rubros que han cobrado gran importancia, se destaca por su gran crecimiento en los últimos 25 años la forestación por su importante aporte a la producción nacional que supera los 1000 millones de U\$S*año.¹ El desarrollo forestal del Uruguay tiene un hito clave en su historia, con la promulgación de la Ley 15.939 en octubre de 1987 (2ª. Ley Forestal). Hasta ese entonces las plantaciones forestales y la actividad en su entorno no jugaban un papel significativo en la economía del país. En el marco del Plan Nacional de Forestación se planteó como prioritario conservar los bosques nativos y ampliar el área forestada en zonas marginales para la agricultura. Lo segundo se concretó mediante la implementación de adecuadas medidas de fomento, con tasas anuales de forestación creciente (superiores a las 50 mil ha*año¹, Bennadji, 2007).

Según MGAP. DIEA (2012), hoy día el país cuenta con 12.597 explotaciones que ocupan 1.071.128 hectáreas.

Dada la importancia creciente del área ocupada por la forestación, así como la necesidad de esta actividad de incrementar los ingresos en los períodos improductivos, es decir de tornarse más sustentables económicamente, se integra a la ganadería como actividad complementaria, y viceversa, es decir, la integración de componentes arbóreos a producciones netamente ganaderas (Russo, citado por Gallo¹).

¹ Gallo, L. 2010. Sistemas silvopastoriles; notas de clase. In:Curso de Silvicultura. Montevideo, s.p. (sin publicar).

En la situación de Uruguay se pueden diferenciar tres formas de sistemas silvopastoriles: pastoreo bovino y/u ovino en plantaciones forestales, arboles (maderables, frutales, de servicio) en pasturas y montes de abrigo y cortinas rompe vientos en pasturas.¹

La tradición ganadera del Uruguay demandará demostrar la potencialidad de estos sistemas, los “pro” y “contras” de los sistemas agroforestales-silvopastoriles; demostrar el efecto del sombreado sobre pasturas naturales o pasturas implantadas; la productividad y calidad de diferentes especies tanto de gramíneas como leguminosas, solas o asociadas, bajo el dosel.¹

El presente trabajo tiene como objetivo principal determinar la implantación de las especies integrantes de tres mezclas forrajeras bajo el dosel de un semillero de *Pinus taeda* y a cielo abierto. Determinar los cambios provocados por el sombreamiento sobre las relaciones raíz/parte aérea de las especies integrantes de la mezcla. Se estimará, la producción de materia seca de las especies a los 120 días post siembra, y compararán los resultados obtenidos en ambos ambientes.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. SISTEMAS AGROFORESTALES

La agroforestería es una práctica muy antigua utilizada por pueblos indígenas y campesinos de muchas zonas y en particular en áreas tropicales. Los problemas socioeconómicos y ambientales generados a partir de la llamada “Revolución Verde” han despertado un nuevo interés por este tipo de enfoque. Es así como se encara la agroforestería como una nueva disciplina y se intenta conceptualizar y generalizar distintos tipos de experiencia con objetivo de incrementar la productividad de los agroecosistemas, asegurando al mismo tiempo su sustentabilidad en el tiempo (FAO, 2001).

2.1.1 Definiciones de sistemas agroforestales

1) Organization for Tropical Studies (OTS): los sistemas agroforestales son formas de uso y manejo de los recursos naturales donde las especies leñosas (árboles, arbustos, palmas) son utilizadas en asociación deliberada con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno, de manera simultánea o en una secuencia temporal (FAO, 2001).

2) Centro Mundial Agroforestal (ICRAF): la agroforestería es un sistema de uso de la tierra en el que se combinan deliberadamente, de manera consecutiva o simultánea en la misma unidad de aprovechamiento de tierra, especies arbóreas perennes con cultivos agrícolas anuales y/o animales a fin de obtener permanentemente una mayor producción (FAO, 2001).

3) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO): la agroforestería es un manejo sostenido de la tierra, que incrementa el rendimiento de esta, combina la producción de cultivos y plantas forestales y/o animales, simultánea o consecutivamente, en la misma unidad de terreno, y aplica prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas culturales de la población local (FAO, 2001).

Según el manual de la FAO (2001), la presencia de un componente arbóreo no garantiza su sustentabilidad, elemento citado en las definiciones de ICRAF y FAO. Además, plantea la duda de, cómo definir correctamente el espacio físico compartido y ocupado por el componente arbóreo y no arbóreo del sistema.

2.1.2 Clasificación de sistemas agroforestales

La FAO, clasifica a los sistemas agroforestales de la siguiente manera (FAO, 2001):

- Sistemas silvoagrícolas: asociación de árboles con cultivos agrícolas.
- Sistemas silvopastoriles: asociación de árboles con pastos (ganadería).
- Sistemas agrosilvopastoriles: asociación de árboles con cultivos agrícolas y pasturas (con o sin pastoreo directo).

2.1.2.1. Sistemas agroforestales pecuarios – sistemas silvopastoriles

Los sistemas agroforestales pecuarios (SAFP) son una opción de producción donde las especies leñosas perennes interactúan con las herbáceas y con el componente animal de una manera integrada, con el objetivo de incrementar la productividad en el largo plazo en un sistema y con manejo sustentable. En estos sistemas ocurren interacciones en todos los sentidos y en diferentes magnitudes (FAO, 2001).

Los SAFP ofrecen un gran potencial de beneficios económicos y ambientales para los productores y la sociedad. Por tratarse de sistemas multifuncionales, existe la posibilidad de intensificar la producción a través del manejo integrado de los recursos naturales evitando su degradación, además de recuperar su capacidad productiva. Por ejemplo, los sistemas de cría de animales con árboles en praderas, en franjas y en barreras contra el viento, puedan reducir la erosión, mejorar la conservación del agua, fijar carbono, reducir la necesidad de fertilizantes minerales, diversificar la producción, incrementar los ingresos y la diversidad biológica, disminuir los riesgos y enfermedades (FAO, 2001).

2.1.3. Clasificación de los sistemas silvopastoriles

Según FAO (2001), los sistemas silvopastoriles se pueden clasificar como:

- 1) Árboles dispersos en potreros, benefician a los animales con sombra y frutos, además pueden ser fuente de madera y de refugio para la fauna. En la flora tropical y sub-tropical de América existen especies de árboles y arbustos que pueden adaptarse a casi todos los sistemas de pastizales.

2) Sistemas silvopastoriles con manejo de sucesión vegetal. Utilizan y dirigen la repoblación de especies arbóreas y arbustivas que invaden en forma natural las áreas de pasturas. Son los que mayor potencial tienen una cobertura amplia por ser los más económicos de instalar.

3) Pastoreo de ganado en plantaciones forestales. Utilizan los animales como controladores de plantas invasoras de los cultivos, que además ayudan a evitar incendios y mejoran los flujos financieros del proyecto. Incluye además de bovinos jóvenes, otras especies como ovinos de lana y pelo y equinos.

4) Pastoreo de animales en cultivos y plantaciones frutales. Similar al anterior pero el cultivo principal son árboles y arbustos frutales como cítricos, coco, mango, aguacate, guayaba y otros.

5) Cercas vivas. Son los más difundidos en la tradición cultural ganadera, ya más de cien especies se utilizan en América. Son un elemento clave en la conectividad de bosques redituables en paisajes ganaderos y pueden evolucionar hacia corredores biológicos micro regionales

6) Pasturas en callejones de árboles. Son arreglos que utilizan árboles o arbustos sembrados en líneas paralelas que acompañan a forrajes de corte o pastoreo con el objetivo de mejorar el reciclaje de nutrientes, prevenir la erosión y también para reducir los efectos del pisoteo de los animales sobre el suelo.

7) Cortinas o barreras contra el viento. Son franjas simples o múltiples de árboles plantados con la finalidad de reducir el efecto negativo del viento sobre las pasturas y animales.

8) Silvopastoriles de alta densidad arbórea. Utilizan con las pasturas combinaciones arbóreas y arbustos para el ramoneo directo y cosecha de frutos para la alimentación del ganado en altas densidades. Se combinan con pastoreos rotacionales, altas cargas animales sin insumos tales como fertilizantes o herbicidas. Ideal para la producción orgánica certificada.

9) Sistemas de corte y acarreo: bancos de forraje puros o en policultivos de varios estratos. En este grupo se destaca el cultivo de plantas forrajeras arbustivas solas, en mezcla con otras o acompañadas de otros estratos de vegetación. Aquí se caracteriza que quien cosecha los frutos no son los animales ni penetran en él, con lo que se garantiza mayor producción y durabilidad del cultivo. Ideal para conservación de suelos frágiles de laderas y ecosistemas húmedos

10) Bancos de alimentos energéticos. Similar al anterior, pero con plantas especializadas en la transformación de energía solar en azúcares solubles (almidón o aceites) para utilizarlos en alimentación animal.

2.1.4. Sistemas silvopastoriles en Uruguay

En el Uruguay los sistemas silvopastoriles tienen su origen en la tradicional producción ganadera. La producción animal siempre se basó en la ganadería extensiva de pastoreo, sobre campo natural y estuvo asociada desde sus inicios, a bosques nativos, cortinas rompe viento y a bosquetes de abrigo y sombra. Con una política forestal de estado, bien definida y la Ley Forestal; el desarrollo y el crecimiento del sector forestal, ha sido explosivo y el ritmo de las plantaciones de especies arbóreas maderables, desde hace diez años es sostenida. Debido, entonces, a este contexto forestal y a la necesidad de reconvertir los sistemas productivos tradicionales, los productores rurales comienzan a experimentar y a adoptar los sistemas silvopastoriles, ahora asociados a plantaciones fundamentalmente de eucaliptos y pinos. Este proceso de diversificación de la producción en la misma unidad productiva exige considerar el sistema en su conjunto, para permitir un manejo global e integrador de la pastura, el bosque y la ganadería (FAO, 2001).

2.2. DESCRIPCIÓN DE ESPECIES SEMBRADAS

2.2.1. Trifolium repens

Es una leguminosa perenne, aunque puede comportarse como anual, bianual o de vida corta, (dependiendo de la temperatura del verano) estolonífera de ciclo invernal, pero su mayor producción se registra en primavera. Por su alta producción de calidad excelente, su persistencia con manejos intensivos y la habilidad para competir con gramíneas perennes a la vez de cederles nitrógeno (requiere y responde a niveles crecientes de fósforo), esta especie contribuye a formar las mejores pasturas del mundo (Carámbula, 2002).

El *T. repens* (trébol blanco) es la leguminosa más utilizada en aquellas zonas donde la temperatura de veranos es moderada y donde la falta de humedad de los suelos no es limitante (Carámbula, 2002).

Se adapta a suelos medianos a pesados, fértil y húmedo. No tolera suelos superficiales, muy ácidos y/o arenosos, períodos prolongados de sequía y sombra (Carámbula, 2002).

La gran adaptación de esta leguminosa al manejo intensivo y a los altos rendimientos de materia seca que produce se debe a que posee cinco atributos muy positivos: porte rastro, meristemas contra el suelo, bajo índice de área foliar, hojas jóvenes ubicadas en el estrato inferior, hojas maduras en el estrato superior (Carámbula, 2002).

Además de poseer un alto valor nutritivo y una gran digestibilidad, posee una alta palatabilidad, permitiéndole superar a otras leguminosas tales como la *Medicago sativa* (Carámbula, 2002).

No se siembra puro, a excepción que sea destinado a producir semilla. Cuando va a ser pastoreado, debe ser acompañado por una gramínea, ya que de lo contrario el forraje que produzca será desbalanceado y potencialmente riesgoso que se registren casos de meteorismo. A pesar de esto, el mismo aporta los atributos antes mencionados (valor nutritivo, digestibilidad, palatabilidad, etc.) para elevar la calidad de todas las pasturas en las cuales ocupa el rol de leguminosa (Carámbula, 2002).

La vida productiva de esta especie en una pastura está condicionada a un proceso eficiente de formación, enraizamiento de estolones hijos y a la aparición de plantas nuevas como consecuencia de la resiembra natural (Westbrooks y Tesar, citados por Carámbula, 2002). La importancia relativa de cada una de dichas alternativas depende de las condiciones ambientales y del manejo imperante (Carámbula, 2002).

2.2.2. *Lotus corniculatus*

Es una leguminosa perenne estival de habito erecto a decumbente según cultivares. Presenta un sistema radicular pivotante (Carámbula, 2002).

Si bien presenta un patrón bastante parecido al de la alfalfa (*Medicago sativa*), se destaca por poseer un mejor comportamiento bajo temperatura fresca a fría y la gran ventaja de no producir meteorismo. El *Lotus corniculatus*, al igual que las praderas mixtas, muestra una clara tendencia hacia una estacionalidad más marcada a medida que el cultivo envejece (Carámbula, 2002).

Se recomienda en suelos donde la alfalfa no prospera. Su resistencia a la sequía, su alto valor nutritivo y su persistencia, hacen de ella una especie muy recomendable para ser incluida en mezclas forrajeras (Formoso, citado por Carámbula, 2002).

Presenta un alto valor nutritivo, el que decae pasada la madurez, aunque no tanto como la alfalfa. A diferencia del *T. repens* se puede sembrar sola ya que no presenta problemas de meteorismo, aunque generalmente se lo siembra en mezclas (Carámbula, 2002).

No es exigente en cuanto a los requerimientos de suelo, por lo que presenta un amplio rango de adaptación. Es una especie sumamente plástica, pudiendo presentar buen desarrollo tanto en suelos arenosos como en arcillosos. Puede crecer en suelos demasiado húmedos y pesados para la alfalfa y demasiado secos para el trébol blanco. Subsiste en suelos moderadamente ácidos o alcalinos, aun con bajos porcentajes de fósforo. Sin embargo, responde muy bien a la fertilización fosfatada y al encalado (Carámbula, 2002).

2.2.3. *Lolium perenne*

Según Ortega y Romero, citados por Camus (2005), es una especie originaria de las zonas templadas de Asia y Norte de África. Ha sido ampliamente distribuida por el mundo, incluyendo Norte y Sur de América, Europa, Nueva Zelanda y Australia.

Presenta macollas comprimidas, intravaginales. Hoja glabra, lisa y brillante exteriormente. Vaina entera en las hojas inferiores de cada macolla, frecuentemente rojiza en la base. Lámina carenada a plana, prefoliación generalmente conduplicada, de 10 a 20 centímetros de longitud por 2 a 4 (-5) milímetros de ancho. Aurícula de hasta 1 centímetro de longitud. Lígula de 0,5 a 1,3 mm de alta (Camus, 2005).

Perenne invernal poco definida. Cultivada. Muy sensible a las sequías de verano (Camus, 2005).

Es de las gramíneas forrajeras más antiguas y contribuye a formar las mejores pasturas del mundo. Se trata de una especie de gran adaptación al pastoreo debido a su facilidad de rebrote, resistencia al pisoteo y alta agresividad, formando junto al trébol blanco praderas de calidad excelente (Camus, 2005).

Se adapta a una alta gama de ambientes siempre que posean una buena distribución de lluvias y temperaturas moderadas, de todos modos, prefiere las áreas con climas templados y húmedos, particularmente aquellos frescos, nubosos y sombríos. En Uruguay no se dan las mejores condiciones para su desarrollo (Camus, 2005).

Como debilidad se destaca la intolerancia a las sequias y su incapacidad de competencia con malezas (Camus, 2005).

Su máxima expresión se alcanza en suelos fértiles y bien drenados y se minimiza en suelos arenosos (Camus, 2005).

Presenta un alto valor nutritivo y alta palatabilidad, lo que lo hace un alimento de alta calidad tanto fresco como en reservas forrajeras (Camus, 2005).

Su período de floración es prolongado, lo cual afecta por un tiempo relativamente largo la calidad de forraje al final del ciclo (Carámbula, 2002).

2.2.4. *Festuca arundinacea*

Según Ortega y Romero, citados por Camus (2005), es una especie de origen europeo introducida en América entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Actualmente se distribuye a lo largo de América, Europa y parte de Asia.

Cepitosa a rizomatosa (rizomas muy cortos), de hojas relativamente erectas, razón por la cual puede coexistir con las leguminosas. Carece de órganos apropiados para la acumulación de grandes volúmenes de reservas (Camus, 2005).

Macolla generalmente extravaginal, rolliza o poco comprimida. Vaina glabra, con matices rosados, rojizos o pardos oscuros. Lámina plana; cara exterior brillante; nervadura media finamente gruesa; cara interior con numerosas nervaduras prominentes; prefoliación convoluta; con ciliadas muy cortas en el cuello y aurículas, glabras en los demás; de 8 a 30 cm. (3,5 a 80) de longitud por 2 a 11 (-17) mm. de ancho. Aurículas de 0,5 a 2 mm. de longitud, obtusas o agudas, menores en las primeras hojas, mayores en las superiores. Lígula coroniforme de 0,5 a 1 mm. de alto. Perfilado pequeño, carena finamente ciliada (Camus, 2005).

Respecto al sistema radicular, este se presenta de forma muy fibrosa, profunda y muy extendida, lo que le permite obtener agua a niveles profundos (Camus, 2005).

Gramínea perenne, invernada. Presenta una muy buena persistencia, además de una buena precocidad otoñal, rápido rebrote de fines de invierno y floración temprana (setiembre octubre). Sin reposo estival, sin embrago requiere manejo cuidadosos en verano (Camus, 2005).

A pesar de que presenta un lento establecimiento (muy vulnerable a la competencia en la fase de plántula), se adapta a un rango amplio de suelos, prospera mejor en suelos medios a pesados y tolera suelos ácidos y alcalinos. Crece bien en lugares húmedos y presenta a la vez una buena resistencia a la sequía, pero conserva menos hojas verdes que el *Dactylis glomerata* (Camus, 2005).

Debido a su alta producción y su rebrote rápido, esta especie necesita disponer de muy buena fertilidad. Por ello la *Festuca arundinacea* necesita un suministro de nitrógeno importante, ya sea a través de fertilizantes nitrogenados o mediante la siembra de leguminosas asociadas (Camus, 2005).

Esta pastura se mantiene verde todo el año, siempre y cuando posea la humedad correcta, tanto es así como en verano el agua es más limitante que la temperatura (Camus, 2005).

Entre sus debilidades se destaca la baja resiembra natural, palatabilidad variable según cultivar y manejo, la falta de aceptabilidad en etapas avanzadas del crecimiento es otro de los principales inconvenientes que presenta esta gramínea (Rosengurtt et al., citados por Carámbula, 2002).

2.2.5. *Dactylis glomerata*

Según Ortega y Romero, citados por Camus (2005), es una especie originaria de la zona mediterránea de Europa, actualmente, se distribuye en gran parte de la zona templada del hemisferio Norte y del hemisferio Sur, especialmente, Nueva Zelanda y Chile.

Macolla muy comprimida, intravaginal. Hoja glabra. Prófilo y vaina enteros. Lámina navicular, en parte plano-canaliculada a veces, nervadura media finamente alada, prefoliación conduplicada, de 10 a 30 (-81) cm. de longitud por 4 a 11 mm. de ancho. Lígula entera en la prefoliación, truncada,

frecuentemente apiculada, de 3 a 5 mm. de alto, hasta 9,5 mm. en las hojas superiores (Camus, 2005).

Se trata de una gramínea perenne invernal cespitosa, 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 agresivo. Presenta una moderada resistencia al frío y produce bien, aun con temperaturas elevadas, siempre que disponga de humedad suficiente (Camus, 2005).

Crece bien en suelos livianos, permeables, de fertilidad mediana, pero se desarrolla mejor en suelos francos de buena fertilidad. Presenta buena resistencia a la acidez y se destaca por su tolerancia a la sombra (Camus, 2005).

Esta gramínea posee 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 del área foliar sea adecuado (Camus, 2005).

Si bien es menos apetecible que el raigrás, *Dactylis glomerata* es una pastura de alta palatabilidad si se mantiene corto (Carámbula, 2002).

2.3 IMPLANTACIÓN

2.3.1 Germinación y emergencia

Según Fariña y Saravia (2010), la germinación y emergencia son las etapas donde la semilla debe absorber agua, germinar, penetrar la radícula en el suelo y comenzar el crecimiento de las raíces. Para este proceso deben existir condiciones climáticas favorables y una buena cama de siembra.

Campbell y Swaine, citados por Fariña y Saravia (2010), señalan que es muy importante realizar la siembra cuando existan condiciones de humedad que permitan una germinación rápida y establecimiento inmediato de las plántulas, lográndose mediante la maximización del contacto semilla-suelo.

Para los mismos autores, la germinación y crecimiento de la plántula requiere de ciertas condiciones ambientales mínimas:

- Temperatura del suelo: son adecuadas a partir de marzo, con una máxima media de 35°C, una media de 25°C y una mínima media de 15°C.

- Humedad adecuada: se da entre fines de marzo y fines de mayo.
- Probabilidad de heladas: van de 0% en abril hasta 30% en junio.

Una vez que la semilla ha germinado, las plántulas pasan por las siguientes fases de desarrollo: fase heterótrofa, transicional y autótrofa (Whalley et al., citados por Fariña y Saravia, 2010).

2.3.2. Implantación o establecimiento

Según Silverston y Dickie, citados por Carámbula (2007), en la implantación de una pradera se distinguen tres procesos fundamentales: germinación, emergencia y establecimiento. En estos procesos se registra una gran mortandad de plántulas, pudiendo alcanzar bajo malas condiciones más de un 90% de la población sembrada. Esto se produce como consecuencia de varias causas siendo el exceso hídrico, bajas temperaturas, enfermedades y plagas, y la presencia de sustancias alelopáticas y de secreciones radiculares. Así como también por el pequeño tamaño de la semilla, escasas reservas y lento vigor inicial (Carámbula, 2007)

Según Fariña y Saravia (2010), para que las fases de germinación, emergencia y establecimiento se cumplan eficientemente es imprescindible considerar varios aspectos tales como:

- Preparación del suelo (humedad, aireación, fertilidad, microorganismos, malezas).
- Semillas (debe ser de la especie o cultivar que se desee, se debe conocer impurezas y su poder germinativo).
- Nutrientes.
- Inoculantes.
- Época, densidad, método y profundidad de siembra (Carámbula, 2007).

2.4 LA SEMILLA, IMPORTANCIA, CARACTERÍSTICAS SEGÚN ESPECIE

La semilla asegura una mejor instalación de la pastura, un mejor comportamiento durante su desarrollo, una mayor resistencia a enfermedades y adversidades climáticas y una mayor producción de forraje (Carámbula, 2007).

Las semillas deben poseer las siguientes características, contenidas en estos puntos:

1. Ser de la especie o cultivar que se necesita.
2. Poseer un buen poder germinativo.
3. No debe contener impurezas ni semillas de malezas u otras especies cultivadas que dificultaran el establecimiento de la pastura o contaminara el suelo.

2.4.1. Características de la semilla según especie

2.4.1.1. Características de la semilla de *Trifolium repens*

La semilla del *Trifolium repens* es ovoide acorazonada, algo aplastada lateralmente, de superficie lisa y llana. Su tamaño presenta dimensiones promedio entre 0,9 y 1,2 mm de largo por 0,8 a 1,1 mm de ancho. El número de semillas por kilogramo es de 1.700.000. La coloración es brillante y varía entre amarillo dorado y castaño claro, con predominio de la primera. Las semillas viejas se tornan de color rojizo (Carámbula, 2007).

El hilo es blanquecino y se encuentra en el tercio inferior del perfil, un poco escondido debajo del extremo de la radícula. Esta última es grande, larga y termina en una punta redondeada. El surco radicular es muy visible formada por una línea amarilla clara, que se extiende hasta rodear el hilo. La chalaza, casi en la cara inferior, se destaca muy poco en forma de mancha (Carámbula, 2007).

2.4.1.2. Características de la semilla de *Lotus corniculatus*

Son globosas esferoide y algo aplastadas lateralmente. A veces se presentan deformes con caras unidas. Su tamaño es variable, aun dentro de un mismo cultivar, de 1,0 a 1,7 mm por 0,8 a 1,3 mm de ancho. El número de semillas por kilogramo es de 830 mil. Superficie lisa, más o menos brillante. Su color presenta diferentes tonalidades del castaño (Carámbula, 2007).

El hilo es grande el color blanco y está situado bien visible en una pequeña depresión hacia la parte inferior del perfil. La radícula está muy poco o nada señalada exteriormente por lo q no se observa el surco radicular. La chalaza tampoco es abultada y su presencia está dada en la cara inferior de la semilla por una mancha alarga y oscura (Carámbula, 2007).

2.4.1.3. Características de la semilla de *Lolium perenne*

La semilla es muy parecida a la del raigrás anual, pero se diferencia básicamente de ella en que no posee arista. Este carácter, aunque variable, es más visible para separar dichas especies. Sin embargo, es posible también diferenciarlas y que es más áspera que las del raigrás anual y su dorso es más convexo que el raigrás perenne. El número de semillas por kilogramo es de 500 mil (Carámbula, 2007).

2.4.1.4. Características de la semilla de *Dactylis glomerata*

La semilla está compuesta por la lemma lanceolada con 5 nervios algo salientes, el central aquillado, rígido y ciliado que se prolonga en una arista corta y fuerte, de 0.5-1.5mm arqueada hacia el lado ventral. El número de semillas por kilogramo es de 1.400.000. La palea presenta dos quillas ciliadas y termina en 2 dientes. La raquilla o pedicelo es corto, fino y cilíndrico, ensanchado en un disco algo oblicuo (Carámbula, 2007).

2.4.1.5. Características de la semilla de *Festuca arundinacea*

El antecio es de 7 (6-9) mm de longitud y 1.3-1.5 mm de ancho. La lemma es de contorno lanceolado, con 5 nervios y frecuentemente con arista sub apical de menos de 1 mm. La palea tiene la misma longitud que la lemma, es lanceolada, estrecha y bi dentada presentando dos quillas ásperas. En gran parte de la semilla los bordes de la palea y lemma se encuentran solapados. El cariopse liso y muy adherido a las glumelas, es de forma ovoide muy alargada (3-4x1.5mm) y de color castaño oscuro con el hilo señalado por un pequeño relieve longitudinal. Si se observa por transparencia, toda la semilla presenta una opacidad muy característica. El número de semillas por kilogramo es de 500 mil (Carámbula, 2007).

2.5. EFECTOS DEL SOMBREADO SOBRE PASTURAS SEMBRADAS EN CAMPOS FORESTADOS

Interacciones complejas entre el ganado, árboles y pasturas se producen en los sistemas silvopastoriles. Entre los árboles y pasturas, se produce la competencia por los recursos del suelo (nutrientes y agua), convirtiéndose especialmente relevante cuando el suministro de uno de ellos escasea. Los árboles reducen la luz y el agua que llega a las capas de sotobosque de acuerdo con la densidad de árboles y tamaño de canopy. Sin embargo, pueden mejorar las condiciones climatológicas extremas (reducción de velocidad del viento y evapotranspiración, y la reducción de la amplitud

térmica (temperaturas extremas), y mejorar las propiedades del suelo, por ejemplo, en árboles de hoja caduca puede contribuir al aumento de pH y concentración de nutrientes en el suelo. Durante el establecimiento de árboles, generalmente hay efectos insignificantes en las pasturas, independientemente del tipo de árbol. Sin embargo, hay una disminución en producción de pasturas, así como el valor nutritivo bajo sombra con el aumento de la edad del árbol y la mayor densidad de la masa. En las mismas condiciones, los árboles caducifolios afectan los pastos más tardíamente (punto de extinción de las pasturas se produce en el 85% del total de la cobertura) y en árboles de hoja perenne alrededor del 67 % (*Pinus radiata* D. Don). Esto es, principalmente porque los árboles de hoja caduca tienen un periodo sin hojas, que permite la recuperación de pasturas, y sus restos foliares ahogan menormente a las pasturas debido a su descomposición relativamente rápida. Estudios silvopastoriles llevados a cabo en Nueva Zelanda se han realizado para analizar estos efectos, y las diferencias de los efectos de los árboles de hoja perenne y de hoja caduca se muestran utilizando los ejemplos de *P. radiata* y *Populus* y *Salix spp.* (Benavides et al., 2009).

El equilibrio entre el crecimiento y la competencia varía con las especies, sus características intrínsecas y las condiciones ambientales. Los efectos facilitadores son comunes en ecosistemas naturales, especialmente en ambientes o años estresantes. En las asociaciones artificiales de plantas, como sistemas agroforestales, algunos autores han sugerido que a pesar de que los efectos facilitadores puedan ocurrir, el efecto neto del balance árbol-pastura es generalmente negativo, sobre todo en ambientes secos. En un estudio realizado en la Patagonia Argentina, se determinó el efecto de una especie arbórea exótica, *Pinus ponderosa*, sobre el desarrollo de una especie forrajera nativa, *Festuca pallescens* (gramínea perenne, de habito cepitoso endémica de la Pampa Argentina), asociadas en sistemas agroforestales. Los parámetros medidos fueron el contenido de agua del suelo, el estado hídrico de la planta y el crecimiento relativo, creciendo en diferentes condiciones de cobertura durante las dos estaciones de crecimiento. Se detectó que existían efectos facilitadores solo cuando la disponibilidad de agua es alta, sin embargo, se observaron efectos negativos durante época en las que la disponibilidad de agua fue baja y la ETP fue alta. La fuerza de estos efectos negativos dependía de la densidad de árboles y de las condiciones climáticas, siendo mayor en los tratamientos con menor cobertura de copa. Estos resultados mostraron un efecto positivo de los árboles solo en condiciones de tensiones bajas (sin estrés hídrico). Sin embargo, con relación al crecimiento de las pasturas siempre fue similar en parcelas forestales y en parcelas a cielo abierto (Fernández et al., 2006).

La combinación de pasturas nativas con especies de árboles de rápido crecimiento (principalmente *Pinus spp.*), puede ser una interesante alternativa económica y ambiental para los productores pequeños y medianos en la Patagonia, Argentina. La productividad de las pasturas suele ser el factor más importante que afecta a la capacidad de carga ganadera. Por lo tanto, la predicción de los efectos de la cobertura arbórea sobre la producción de plantas herbáceas del sotobosque es de gran importancia para el manejo (Fernández et al., 2006).

La respuesta de crecimiento de *Stipa speciosa Trin. et Rupr.*, medida a través de las variables macollaje, altura de tallo, número de hojas verdes, hojas por tallo y crecimiento relativo, a distintos porcentajes de cobertura (0 a 100%) del canopy de un bosque de *Pinus ponderosa*. En este trabajo se concluyó que, las gramíneas no crecen cuando la cubierta de copa es superior al 70%. La altura de tallo y crecimiento relativo se correlacionaron negativamente con la cobertura arbórea (cuanto cerrado es el canopy). Se observó también que, bajo el dosel de los árboles más altos, la variable altura de tallo de las gramíneas, fue mayor que bajo el dosel de árboles más bajos. La variable producción de hojas de las gramíneas, no mostró relación directa con la condición cobertura del dosel (Fernández et al., 2006).

Las hojas de las pasturas mantienen la tasa fotosintética neta, a niveles de luz similar, en un amplio rango de potenciales hídricos, es decir disponibilidad de agua (de la saturación hasta por lo menos -2,4 MPa), sin embargo, cuando la disponibilidad de agua en el suelo baja mucho, la fotosíntesis neta disminuyó. No se encontraron diferencias en la tasa de fotosíntesis en niveles de radiación similares entre las plantas que crecen en diferentes ambientes de luz (determinado por la cubierta de árboles) en el campo. *Stipa speciosa* puede mantener la asimilación neta de CO₂ positivo y crecimiento bajo sombra moderada y condiciones de estrés hídrico severo. Por esta razón, puede ser utilizado en los sistemas silvopastoriles, con un manejo de la luz adecuada (Fernández et al., 2006).

Debido al incremento reciente de la forestación, y de las densidades de siembra, reduciéndose, por ende, se ha alterado la biomasa y composición del sotobosque. Para examinar si los cambios en la composición de especies de gramíneas son causados por el aumento de sombreado, se estudiaron los efectos de sombra sobre el intercambio gaseoso foliar, y las características reproductivas de cinco especies herbáceas las que fueron cultivadas bajo tres niveles de luminosidad, representante de la densidad de flujo de fotones fotosintéticos, relación rojo/rojo lejano que se produce bajo el canopy de *P. ponderosa*. Se llegó a que, en general, el crecimiento es mejor a cielo abierto

que bajo el dosel del bosque, sin embargo, crecer bajo el dosel arbóreo no les impidió crecer ni florecer a ninguna de las especies herbáceas utilizadas (Naumburg et al., 2001).

La respuesta en la producción de biomasa, de las diferentes especies evaluadas, fue particular para cada una, bajo el dosel arbóreo. La producción bajo el dosel también dependió de la especie (Naumburg et al., 2001).

En un estudio realizado en Seròpedia, Río de Janeiro, Brasil, sobre el efecto del sombreado en el crecimiento inicial de *Panicum maximun* c.v. *Massai*, se midieron variables como altura de planta, peso seco de parte radicular, peso seco de parte aérea, pesos seco total, relación parte aérea parte radicular, número de hojas, número de tallos. Se probaron 3 niveles de sombreado diferentes (0.25, 0.5 y 0.75). De ello se deprendió que cuanto mayor es el sombreado mayor es la altura de tallo y su número por planta, además de un desarrollo radicular más pronunciado que a cielo abierto, esto se tradujo en una mayor producción de materia seca radicular y materia seca aérea. Esto llevo a la conclusión de que es posible el uso de gramíneas perennes bajo condiciones de sombreado importantes, es decir doseles cerrados (Souza et al., 2012).

Las condiciones de microclima influyen en el desarrollo de las plantas y la asignación de recursos de *Dactylis glomerata*, una especie forrajera tradicional con potencial de cultivo en el sotobosque. En el este de los Estados Unidos se realizó un experimento para determinar, cómo el microclima creado en distintos grados de cobertura (bajo el dosel del bosque, a cielo abierto y en la transición entre uno y otro) afecta la cantidad y distribución de los carbohidratos no estructurales y proteína cruda entre las diferentes partes de la planta, es decir cómo afecta la calidad del forraje como alimento y su producción de materia seca. Los resultados muestran que el forraje que crece bajo el dosel arbóreo es más digestible y posee mayor valor nutritivo, que el forraje que crece a cielo abierto. También se constató una mayor concentración de fibra en las plantas que crecen a cielo abierto. Se constató que los efectos negativos del sombreado sobre el crecimiento y desarrollo del forraje se acentúan en las estaciones más frías y de fotoperiodo más corto (invierno) y van decreciendo a medida que el fotoperiodo y temperaturas se alargan (Belesky et al., 2004).

El crecimiento, la morfología y el valor nutritivo de las plantas pueden variar cuando crecen en condiciones de sombra. Un estudio realizado en la Universidad de Lincoln, en Canterbury, Nueva Zelanda, busco cuantificar la producción de materia seca, la morfología de las plantas, la proteína cruda

(PC%), digestibilidad y macronutrientes, en el pastoreo de *Dactylis glomerata*, establecido bajo el dosel de una plantación de *Pinus radiata* (4 intensidades diferentes de luz, una a cielo abierto). Se encontró que bajo el dosel la producción disminuía de $8,2 \text{ tt} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ a $3,8 \text{ tt} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ para cualquiera de las intensidades. Las variaciones en la morfología de las plantas (IAF) se relacionaron con variables tales como altura del dosel y amplitud del mismo. El % de PC aumenta con el aumento de la cobertura. El sombreado tuvo poco efecto sobre la digestibilidad de *Dactylis glomerata* (Peri et al., 2005).

2.6. EFECTO DEL DOSEL ARBÓREO SOBRE LA CALIDAD E INTENSIDAD DE LA LUZ EN EL SOTOBOSQUE

2.6.1. Calidad de la luz

El IAF de las especies forestales altera la calidad de la luz que incide sobre una pastura y puede modificar algunas variables morfogenéticas a nivel de planta individual, como la tasa de aparición y elongación de hojas y cambiar algunas características estructurales de las pasturas, como densidad y tamaño de macollos (Colabelli et al., citados por Abud et al., 2011).

El ambiente lumínico de una cubierta vegetal es normalmente heterogéneo. La parte superior de la misma recibe la totalidad de la luz incidente, disminuyendo con la profundidad dentro de los estratos foliares (Colabelli et al., citados por Abud et al., 2011).

La banda de radiación fotosintética fotosintéticamente activa de la luz (PAR) va de los 400 a los 700 nm de longitud de onda, y es denominada luz visible. Dado que las longitudes de onda roja y azul de la PAR son absorbidas preferencialmente por los pigmentos fotosintéticos, las mismas resulta poco transmitidas y reflejadas a los estratos inferiores del canopy. Así, la cantidad y la calidad de la radiación solar se reducen y modifican drásticamente desde la parte superior a la parte inferior de un canopy denso. En este sentido, es esperable que en general los canopies bajos y abiertos presenten un ambiente lumínico más homogéneo y más ricos que aquellos (De Las Rivas, citado por Abud et al., 2011).

Las principales respuestas fotomorfogenéticas de las plantas están mediadas por pigmentos fotosensibles: fitocromo (sensible en la porción del Rojo (R) y el Rojo Lejano (RL) del espectro lumínico), Criocromo (sensible a la porción Azul) y UVcromo (sensible a los rayos Ultra Violeta). Una baja cantidad de luz y una baja relación R:RL provocan tres respuestas principales en las plantas: aumento de asignación de recursos a la parte aérea (tallos: raíz alta),

alargamiento de los órganos ya existentes, reducción del macollaje (Deregibus et al., citados por Abud et al., 2011).

Por esta razón, cuando las pasturas acumulan excesivo material y se genera un ambiente sombreado (pasturas cerradas), la estructura de la cubierta se caracteriza por una baja densidad de macollos de tamaño grande respecto de pasturas mantenidas en un ambiente bien iluminado (Colabelli et al., citados por Abud et al., 2011).

2.6.1.1. 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, citado por Gómez y Guerrini, 2011), lo que determina una disminución en la cantidad de forraje producido (Gómez y Guerrini, 2011).

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, citados por Gómez y Guerrini, 2011).

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, citado por Gómez y Guerrini, 2011).

2.6.1.2. Efectos por sombreado

Una de las desventajas frecuentemente asociadas a la combinación de árboles con pasturas es que las copas de las primeras interfieren en el paso de la radiación lumínica hacia el estrato herbáceo, lo cual redundaría 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, citados por Gómez y Guerrini, 2011).

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, citado por Gómez y Guerrini, 2011).

En los Sistemas Silvopastoriles (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, citados por Gómez y Guerrini, 2011).

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 redundaría 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, citados por Gómez y Guerrini, 2011).

Foglino, citado por Gómez y Guerrini (2011), 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 (C4) 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 (C3), 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 (Gómez y Guerrini, 2011).

No obstante, el uso de germoplasma forrajero con tolerancia a la sombra media o alta puede ayudar a contrarrestar, al menos temporalmente, el efecto perjudicial 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 (Gómez y Guerrini, 2011).

El género *Trifolium* presenta una disminución de 8% y 51% con respecto a su producción con 100% de luz natural, mientras que el género *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 (Gómez y Guerrini, 2011).

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 (Gómez y Guerrini, 2011).

Cualquier modificación al sistema tradicional de manejo de plantación será aceptada en la medida en que no afecte negativamente al componente arbóreo y al ingreso neto del sistema. Por ejemplo, en un estudio con *Pinus radiata* (Shelton, citado Gómez y Guerrini, 2011), 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.

2.6.1.3. Efectos por competencia y aporte de nutrientes

Con respecto a los nutrientes, un balance general muestra que los árboles aportan elementos que han obtenido de horizontes más profundos y los han depositado en la superficie, haciéndolos disponibles para las pasturas (Nair, citado por Gómez y Guerrini, 2011). 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 (Gómez y Guerrini, 2011).

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, citados por Gómez y Guerrini, 2011).

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 planta herbácea, particularmente pastos, pero abundante en los tejidos de especies leñosas angiospermas (Jobbágy y Jackson, citados por Gómez y Guerrini, 2011).

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 Gómez y Guerrini, 2011).

Datos reportados por Jackson et al., citados por Gómez y Guerrini (2011), 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 nutrientes puede ser tal que llega a sobre compensar el efecto decreciente, ejercido por la sombra (Pezo e Ibrahim, citados por Gómez y Guerrini, 2011).

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 nutrientes 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 nutrientes 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, citados por Gómez y Guerrini, 2011).

Cuando las pasturas crecen asociadas con árboles, se ha dicho que las ramas y hojas caídas constituyen un mecanismo importante de reciclaje de nutrientes, 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 decreciente 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, citados por Gómez y Guerrini, 2011).

2.6.1.3. Efectos sobre la disponibilidad de agua

Estudios realizados por Silveira et al. (2006), determinan que el suelo bajo *Eucalyptus* spp 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, juntamente con un efecto de hidrofobicidad provocado por las propiedades de la materia orgánica producida por los

Eucalyptus spp 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* spp.

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. 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 *Eucalyptus* spp 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., citados por Gómez y Guerrini (2011), 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., citados por Gómez y Guerrini, 2011).

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 sombreadamiento. 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 forraje 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, citados por Gómez y Guerrini, 2011).

2.6.2. Intensidad de la luz

La intensidad de la luz afecta mucho a la tasa de aparición de hojas en una gramínea, haciendo que ésta disminuya a medida que intensidad disminuye. Es tan así que cuando las gramíneas crecen bajo sombra producen hojas con mayor lentitud que cuando crecen bajo plena luz (Langer, 1981).

En los resultados obtenidos por Mitchell, citado por Langer (1981). la producción de hojas por macollo aumento en 26% a 10°C cuando la intensidad de luz varió de 7000 hasta 20000 lux y 44% cuando el mismo experimento se realizó a 18°C (Langer, 1981).

El macollaje también es un proceso que se ve afectado por la intensidad de la luz incidente. Cuando la intensidad es baja las plantas no macollan o macollan en forma escasa y muchas yemas axilares fracasan en su desarrollo. Esto se debe a que es un proceso que demanda de temperatura y altas intensidades de luz al ser un proceso de formación de nuevos tejidos (Langer, 1981).

Sin embargo, el efecto de la intensidad lumínica más importante es sobre la tasa fotosintética de las gramíneas. Para aquellas gramíneas de origen templado, la tasa fotosintética aumenta a medida que aumenta la intensidad de la luz, alcanzando un techo a los 30000 lux. En este punto las hojas dejan de responder ya que están saturadas de luz, siendo en verano hasta cuatro veces mayor que el nivel mencionado. Por otra parte, las gramíneas subtropicales no presentan este problema ya que a mayores intensidades de luz siguen reaccionando mediante mayores tasas de asimilación (Langer, 1981).

2.7. EFECTO DE ALGUNAS CONDICIONES EDÁFICAS, DE SUELOS FORESTADOS, SOBRE EL DESARROLLO DE ESPECIES FORRAJERAS

2.7.1. Función de la materia orgánica en el suelo

La materia orgánica contribuye al crecimiento de las plantas a través de sus efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Este último tiene una función nutricional en la que sirve como una fuente de N, P y S para el crecimiento de las plantas, una biológica en la que afecta profundamente la actividad de la micro flora y la micro fauna, y una función física en lo que promueve una buena estructura, con lo cual mejora las labores de labranza, aireación y la retención de humedad (Silva, 2014).

El humus también juega un rol indirecto en el suelo a través de sus efectos sobre la absorción de micro nutrientes por las plantas y la performance de los herbicidas y otros productos químicos de uso agrícola (Silva, 2014).

Las propiedades químicas del humus del suelo y efectos asociados sobre el suelo se presentan en la siguiente tabla. La importancia de cada factor dado variará de un suelo a otro y dependerá sobre todo de las condiciones ambientales como clima y la historia de cultivos anteriores (Silva, 2014).

Tabla 1. Propiedades generales del humus y efectos asociados

Propiedades	Observaciones	Efectos asociados sobre el suelo
Color	El típico color oscuro en muchos suelos es causado por la materia orgánica	Puede afectar el calentamiento
Retención del agua	La materia orgánica puede retener hasta 20 veces su peso en agua	Ayuda previniendo el desecamiento y contracción. Puede mejorar significativamente la retención de agua de los suelos arenosos
Combinación con minerales arcillosos	Cementa las partículas del suelo dentro de unidades estructurales llamadas agregados	Permite intercambio de gases; estabiliza la estructura; incrementa la

		permeabilidad
Quelatación	Forma complejos estables con Cu^{+2} , Mn^{+2} , Zn^{+2} y otros cationes polivalentes	Puede mejorar la disponibilidad de micronutrientes para plantas superiores
Solubilidad en agua	La insolubilidad de la MO es debida a su asociación con las arcillas. También las sales de cationes bi y tri valentes con materia orgánica son insolubles. La materia orgánica aislada es soluble en agua	Poca materia orgánica se pierde por lixiviación.
Acción Buffer	La MO en rangos ligeramente ácidos, neutros y alcalinos	Ayuda a mantener uniformes las reacciones en el suelo
Capacidad de intercambio catiónico	Las acideces totales de las fracciones aisladas del humus varían entre 300-1400 meq/100gr	Puede aumentar la CIC del suelo. De un 20-70% de la CIC del suelo es causada por la MO
Mineralización	La mineralización de la MO del suelo produce CO_2 , NH_4 , NO_3 , PO_4 y SO_4	Es una fuente de nutrientes para el crecimiento de las plantas
Combinación con moléculas orgánicas	Afecta a la bioactividad, persistencia y biodegradabilidad de los pesticidas.	Modifica la tasa de aplicación de los pesticidas para el correcto control de las plagas.

Fuente: Silva (2014).

2.7.2 Humus

El término humus es generalmente usado como sinónimo de materia orgánica del suelo y se refiere a esos compuestos orgánicos, los cuales no

aparecen bajo la forma de residuos frescos a parcialmente descompuestos. Ese material fresco a parcialmente descompuesto es a veces incluido con la definición de materia orgánica del suelo. En este caso el término Humus tiene un significado estricto y se refiere a las sustancias húmicas más los productos de re síntesis de los microorganismos, los cuales se tornan estables y en una parte del suelo. Intermedio entre los dos grupos está el material orgánico presente en los microorganismos vivos. El porcentaje de humus varía considerablemente de un tipo de suelo a otro. El humus de los suelos forestales es caracterizado por un alto contenido de ácidos fúlvicos, mientras que los suelos de pradera tienen un alto contenido de ácidos húmicos (Silva, 2014).

Ilustración 1. Composición del humus según tipo de vegetación



Fuente: Silva (2014).

Las diferencias existen también dentro de los suelos representativos de los principales grupos de suelos. Así los ácidos húmicos de los Spodosoles y Alfisoles son menos aromáticos en la naturaleza y más semejantes a los ácidos fúlvicos, que a los ácidos húmicos de los Molisoles (Silva, 2014).

Específicamente los ácidos húmicos de los suelos forestales tienen menos contenido de carbono y mayor contenido de hidrógeno que aquellos ácidos húmicos de los suelos de pradera. Los ácidos húmicos de los suelos forestales son mayoritariamente del tipo de ácidos húmicos pardos, en tanto que en los suelos de pradera son del tipo de ácidos húmicos grises (Silva, 2014).

Debido a estas diferencias los ácidos húmicos de diferentes suelos no pueden ser considerados como exactamente iguales en sus efectos sobre las propiedades de los suelos, así como sobre los procesos de formación (Silva, 2014).

2.7.3. Tipos de humus

Podemos distinguir dos grandes categorías de humus, según se formen en medio aeróbico o anaeróbico (Silva, 2014).

2.7.3.1. Aerobiosis

a- Mull Cálcico. Saturado en bases. Formado en un medio biológicamente activo. La descomposición de los restos frescos es rápida. Existe un horizonte A1 espeso oscuro. Tiene una adecuada estructura, aireado, agregados muy estables, pH7 o mayor. La relación carbono/nitrógeno (C/N) es del orden de 10. Hay un número importante de ácidos orgánicos grises, fuertemente polimerizados e íntimamente ligados a las arcillas (Silva, 2014).

b- Mull Forestal. No es exclusivamente forestal. Es similar al anterior. El A1 es menos espeso, de color más claro. Estructura menos estable, pH ácido aproximadamente 5.5. La polimerización es menos marcada. La relación Ácidos Fúlvicos/Ácidos Húmicos (AF/AH) es mayor a 1. Su tenor en ácidos húmicos grises es débil (Silva, 2014)

c- Moder. Tiene horizonte 0. Luego A1 oscuro. Tiene mala estructura, ausencia de un verdadero complejo arcillo-humus. La proporción de materia orgánica no descompuesta es más elevada. Los compuestos húmicos son siempre poco polimerizados, estos son del tipo húmico y fúlvicos (Silva, 2014).

2.7.3.2. Simbiosis de leguminosas y rhizobios y fijación biológica del nitrógeno

Según Frioni (2006), la cantidad de nitrógeno tomado por las leguminosas asociadas a bacterias que facilitan su absorción, varía con factores tales como la especie, efectividad de la simbiosis, condiciones del ambiente, fertilidad, manejo e incluso si se encuentran asociadas a otras especies, sobre todo gramíneas, estas últimas más competitivas en la absorción de nutrientes. El último factor va a obligar a las leguminosas a absorber entre el 80 al 90% de nitrógeno de la atmósfera mientras que, en condiciones normales, en suelos fértiles, dicho porcentaje ronda el 50%.

2.7.3.3. Efecto del pH sobre la simbiosis

Frioni (2006), menciona la sensibilidad de las bacterias de rhizobios a pH's bajos, impidiendo su correcta inoculación. Según la especie los pH críticos se sitúan entre 3,5 y 5,5. Asegura también que algunas leguminosas poseen la

capacidad de aumentar el pH de la rizófora, permitiendo así su mejor nodulación; propone también el encalado como una técnica viable para mejorar las condiciones del suelo para la nodulación.

La misma autora menciona la sensibilidad de las leguminosas a pH bajos, lo que podría afectar la germinación de las plántulas.

2.7.3.4. Efecto del agua y temperatura del suelo sobre la simbiosis

La simbiosis es más sensible a extremas temperaturas, bajas temperaturas retardan la infección y formación de nódulos, en tanto que altas temperaturas provocan nódulos poco eficientes (Frioni, 2006).

Frioni (2006), menciona a la humedad como otro factor limitante para la simbiosis y para la fijación biológica del nitrógeno. Niveles de humedad tan bajos como para provocar problemas de presión osmótica disminuyen el número de cepas de rhizobios en el suelo. Niveles altos de humedad, anegamiento limitan la aireación y la FBN. La disminución del potencial hídrico del suelo limita también el transporte de los productos de la fijación de la planta y el flujo de foto sintetizados.

2.7.3.5. Efecto de la fertilidad sobre la simbiosis

Las leguminosas noduladas presentan requerimientos mayores de nutrientes en relación con las fertilizadas con nitrógeno combinado. Esto ocurre con los elementos que se encuentran en la nitrogenasa y otros sistemas enzimáticos, como Mo, Fe, S, Cu, Mg, Co. La fertilización con fósforo, potasio, azufre y micro elementos, afectan la sobrevivencia del rhizobio y la nodulación y fijación biológica del nitrógeno (Frioni, 2006).

El Ca es un elemento que se requiere en alto nivel en leguminosas noduladas sobre todo en las primeras etapas de la nodulación. Si el nivel es bajo, se inhibe el encorvamiento de los pelos radicales y la nodulación. Al encalar suelos ácidos, el Ca agregado aumenta el pH, disminuyendo la solubilización de elementos a altas concentraciones, como Mn y Fe y se aumenta la solubilidad del Mo. Se aumenta también los bicarbonatos que favorecen el crecimiento del rhizobio en vida libre (Frioni, 2006).

El fósforo constituye un elemento necesario para las leguminosas y para la FBN; dado que su disponibilidad es baja en la mayoría de los suelos del país su incorporación a la siembra es práctica y necesaria. El Mo es un

elemento clave en la nitrogenasa, puede ser limitante en suelos ácidos, y es necesaria su inclusión a la siembra (Frioni, 2006).

El cobalto, hierro y magnesio son importantes en el funcionamiento de la nitrogenasa y para la planta, por lo que los requerimientos en las plantas se incrementan (Frioni, 2006).

El nitrógeno combinado afecta el desarrollo de los nódulos y la fijación. Es bien conocida la inhibición de la nodulación por los iones nitrato o amonio, aunque las leguminosas difieren en la susceptibilidad a estos compuestos (Frioni, 2006).

2.7.3.6. Acidez

Existen grandes diferencias entre especies, y aún variedades respecto a la susceptibilidad frente a la acidez de los suelos. Las causas por las cuales las plantas son susceptibles a la acidez son variadas. Incluso puede haber problemas relacionados con otros organismos de la rizófora que afecten indirectamente a las plantas. Existen efectos directos (daños por acidez propiamente dicha) y efectos indirectos. Generalmente los efectos directos son menos importantes ya que las plantas tienen resistencia a condiciones de pH bajo (Frioni, 2006).

Efectos indirectos de la acidez: toxicidad producida por el aluminio (Al^{3+}) en la solución del suelo (pH menor a 5,0 – 5,3). No solo es importante la cantidad total de Al sino también la proporción respecto a las bases. Para plantas susceptibles el Al debe ser < 20% de la CIC. El Al afecta la división celular en el ápice de la raíz, aumenta la rigidez de las membranas celulares, reduce la replicación del ADN, interfiere con los procesos donde interviene ATP, interfiere con la absorción y transporte de otros nutrientes (Ca, Mg, K, P, Fe y otros). El síntoma más claro de toxicidad por Al es el limitado desarrollo radicular, con raíces cortas y deformes. Y la consecuencia es menor absorción de nutrientes y agua (Frioni, 2006).

Efectos indirectos de la acidez: toxicidad producida por el manganeso (Mn^{2+}) en la solución del suelo (pH menor a 5.3 - 5.5). En la toxicidad por Mn^{2+} influye la aireación del suelo, ya que su solubilidad depende del potencial redox, siendo mayor en ambientes reductores. A diferencia de lo que ocurre con Al no todos los suelos tienen suficiente Mn como para llegar a ser tóxico. El exceso de Mn afecta la actividad enzimática y la síntesis de hormonas. También interfiere en la translocación del Ca y Mg. A diferencia del Al, los síntomas de toxicidad por Mn son más claros en la parte aérea que en las raíces. Se

produce clorosis y necrosis en las hojas, especialmente en las hojas nuevas. Los síntomas de toxicidad por Mn son más claros que los de Al, pero muchas veces son simultáneos (Frioni, 2006).

Efectos indirectos de la acidez sobre la disponibilidad de nutrientes: retención de P por compuestos de Fe y Al cargados positivamente. El Al^{3+} posee efectos, no solo sobre disponibilidad de P en el suelo, sino también sobre la capacidad de absorción de las raíces y su posterior utilización por la planta. La acidez inhibe la absorción de Ca^{2+} y Mg^{2+} debido a la competencia con Al^{3+} y Mn^{2+} . Afecta también la retención del molibdeno, el que se encuentra en el suelo como un anión (MoO_4^{2-}) y es retenido al igual que el P. Su absorción posee interacción positiva con la disponibilidad de P. Por lo tanto, en suelos ácidos se ve doblemente afectado.

La acidez inhibe la actividad de la biomasa microbiana, como consecuencia, la mineralización de la materia orgánica es menor y la disponibilidad de nutrientes también disminuye. La acidez inhibe la nitrificación (pasaje de NH_4^+ a NO_3 realizado por microorganismos del suelo) (Frioni, 2006).

Efectos indirectos de la acidez sobre la fijación simbiótica de N: la acidez afecta a las bacterias del género rhizobium, por lo que afecta también la fijación simbiótica de N por las leguminosas. Sin embargo, se ve más afecta la nodulación que la fijación de N. Es muy difícil separar los efectos directos de toxicidad de Al^{3+} y Mn^{2+} sobre las bacterias y los efectos debido a la escasez de nutrientes (P, Ca, Mo). Existen diferencias entre especies.

Tabla 2. Características químicas del suelo a diferentes pH

pH del suelo	Saturación de Al (%)	Peso de plantas (g)	Nodulación Nod/pl.	Peso del nódulo (mg)	N (mg/pl.)
4.55	81	2.4	21	79	65
5.20	28	3.2	65	95	86
5.90	4	3.6	77	99	93

Fuente: Silva (2014).

El cuadro anterior muestra el efecto que posee el encalado, sobre la nodulación de la soja, en suelos con alto contenido de Al (altas concentraciones de Al intercambiable) así como bajos pH afectan negativamente la nodulación de las leguminosas (adaptado de Sartain y Kamprath, citados por Frioni, 2006).

En el siguiente cuadro se muestran rangos óptimos de pH en los que, el desarrollo de algunas especies forrajeras (gramíneas y leguminosas) realizan su desarrollo sin ninguna limitante por las condiciones químicas del suelo.

Tabla 3. Rango óptimo de pH para algunas especies

Planta	pH
<i>Lolium multiflorum</i>	5.5-6.5
<i>Lotus corniculatus</i>	5.5-6.5
<i>Trifolium repens</i>	5.6-7.0

Fuente: Silva (2014).

Estos valores son útiles para orientación, pero existen importantes diferencias entre variedades.

2.8. RELACIÓN RAÍZ/PARTE AÉREA

El crecimiento del tapiz puede estar limitado por varios factores, algunos controlables como agua, fertilizantes, etc., y otros no controlables como la luz la temperatura, etc. Si el resto de los factores son favorables, los rendimientos serán función de la utilización de la luz y aun cuando no sean del todo favorables, la producción será mayor cuanto más luz se utilice. De ahí la importancia del área foliar como superficie interceptora y también porque es esa superficie la que constituye el rendimiento cosechable (Donald y Black, citados por Carambula, 2002).

El crecimiento radicular, en términos generales, depende del suministro de carbohidratos desde la parte aérea. Por lo tanto, bajo intensidad de luz, alta temperatura, defoliación, etc., reducen marcadamente el crecimiento radicular. Por otra parte, déficit de agua o nutrientes afectan relativamente más el crecimiento de la parte aérea que las raíces (Brouwer, Garwood, Troughon, citados por Carámbula, 2002).

Según Santiñaque (1997), en estudios realizados por el INIA en muchas de sus localidades y en instalaciones de la Facultad de Agronomía, se observó un efecto del método de preparación de la sementera y el peso de la parte aérea y la parte radicular de *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*. Siendo mayores los pesos en laboreo convencional, seguido por preparación con herbicida y finalmente, los pesos más bajos se observaron en suelos con cobertura.

En el experimento se observó también que la restricción al crecimiento por competencia afecta negativamente tanto el crecimiento radicular como el aéreo, sin embargo, la relación parte aérea/parte radicular disminuyó, cuando se restringe el crecimiento de la parte aérea al someterla a competencia (Santiñaque, 1997).

2.9. LAS FORESTACIONES, EL MEDIO AMBIENTE Y EL AGUA

Perrier, citado por Torran (2007), define el concepto de evapotranspiración como *“la pérdida total de agua de una cubierta vegetal, bajo forma de vapor a través de la evaporación y transpiración durante un intervalo de tiempo dado”*. Según lo señalado, la evapotranspiración es la suma de los términos evaporación y transpiración. Ritchie, citado por Torran (2007) demostró que el proceso de evapotranspiración está limitado principalmente por la demanda evaporativa de la atmósfera, por las características del suelo, por la cantidad de agua disponible y por el tipo de cubierta vegetal, es decir, está determinado por factores meteorológicos, biológicos y edafológicos. Sin embargo, el proceso no se puede atribuir a alguno de ellos en forma exclusiva. El medio ambiente local, las prácticas agrícolas y de regadío, las plagas y enfermedades, los fertilizantes y otros factores que afectan las tasas de crecimiento, influyen también, de forma directa o indirecta, en la evapotranspiración (Doorenbos y Pruitt, citados por Torran, 2007).

Cuando el cultivo se encuentra en sus primeros estados de desarrollo, el componente principal de evapotranspiración es la evaporación. A medida que el cultivo se va desarrollando, aumentando el área foliar y la cobertura, la transpiración comienza a tomar importancia, hasta representar el principal componente de evapotranspiración, llegando a comprender entre el 90 % y el 95 % de ésta, siendo mínimas las pérdidas por evaporación por el alto porcentaje de cobertura (Ritchie, citado por Torran, 2007).

Del total de agua absorbida por las raíces, sólo una pequeña parte es retenida por la planta en los procesos fisiológicos y como parte de las células, siendo transpirada la mayor parte. Se puede citar a modo de ejemplo que aún en el caso de una planta de maíz estos valores pueden alcanzar hasta tres kilogramos de agua por día (Taiz y Zeiger, citados por Torran, 2007). Este proceso se realiza principalmente por la superficie de las hojas a través de pequeños poros oclusibles llamados estomas, mediante los cuales el vapor de agua escapa por difusión debido a una diferencia de potencial hídrico entre la hoja y la atmósfera. Generalmente, el potencial hídrico de la atmósfera es mucho menor que el de la hoja, y la intensidad del proceso depende del gradiente de presión de vapor (Sívori, citado por Torran, 2007).

2.9.1. Influencia de las forestaciones en el ciclo del agua

Una cubierta forestal se diferencia de una herbácea por la gran cantidad de agua que puede perder por intercepción (Crockford y Richardson, citados por Torran, 2007). Además, según el tamaño y la forma de las copas de los árboles, una cantidad variable de la precipitación alcanza el suelo, utilizando como senda de fluido el tronco de los árboles.

Torran (2007) menciona que la importante extensión vertical que tiene el sistema radicular de los árboles les permite aprovechar el agua edáfica hasta una mayor profundidad que los otros vegetales. Esta característica aumenta la transpiración, porque los mayores consumos de agua se registran en cubiertas vegetales que tienen un sistema radicular más profundo y mejor desarrollado (Kramer, citado por Torran, 2007). En este sentido Soares y Almeida, citados por Torran (2007) dicen que del resultado destructivo de 24 árboles originarios de 8 diferentes clones, la máxima penetración observada para las raíces fue de 2,2 metros y que su concentración fue mayor en los primeros 1,5 m desde la superficie. El consumo de agua por evapotranspiración se puede calcular analíticamente mediante la ecuación general de continuidad del balance hídrico (Feller, citado por Torran, 2007).

Según Torran (2007), los contenidos de humedad registrados dentro del bosque son inferiores a los registrados fuera del mismo, sin embargo, la distribución del agua en el perfil es distinto. Bajo el dosel del bosque la mayor concentración de agua registra en el primer metro de profundidad, mientras que a cielo abierto las mayores concentraciones se observan por debajo de 0,5 metros.

El mismo autor encontró que el contenido de humedad bajo un bosque de *Pinus taeda* fueron inferiores a los observados bajo un bosque de *Eucalyptus grandis*, sin embargo, la concentración de agua en el primer metro de suelo fue superior bajo el dosel de *Pinus taeda* que debajo el dosel del bosque de *Eucalyptus grandis*.

2.9.2. Agua y los cultivos

Los vegetales se encuentran sometidos constantemente a factores que pueden afectar su integridad, tales como los producidos por temperaturas anormales, condiciones físicas y químicas desfavorables en el suelo, y la presencia de elementos patógenos. Sin embargo, a largo plazo, el déficit hídrico reduce el crecimiento y la producción de los cultivos más que todos los otros factores combinados, principalmente porque se involucra en todos los procesos

físicos y químicos del organismo (Santa Olalla y De Juan, citados por Torran, 2007).

El estrés hídrico puede llegar a afectar negativamente al conjunto de las funciones fisiológicas de la planta, como la fotosíntesis, la respiración y otras reacciones metabólicas diversas, además de repercutir en variaciones anatómicas sobre el crecimiento, la reproducción y el desarrollo del fruto y la semilla. En términos agronómicos estos efectos se traducen en disminuciones del rendimiento cuantitativo y/o cualitativo, como la modificación de la composición química de los productos agrícolas (Israelsen y Hansen, citados por Torran, 2007).

Según Torran (2007), la capacidad de almacenamiento de agua en los tejidos de la mayoría de los cultivos es muy limitada, por lo que el equilibrio hídrico de la planta entre el ingreso y egreso de agua se debe mantener en forma constante. Consecuentemente, para restaurar el desequilibrio que produce la pérdida de agua por transpiración, la planta absorbe agua desde el suelo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se realizó en la Estación Experimental Prof. Bernardo Rosengurtt (E.E.B.R.), departamento de Cerro Largo (32°22'25.25"S - 54°26'34.16"O).

El experimento se instaló en un semillero de *Pinus taeda*, plantado en el año 1979.

3.2. PERÍODO EXPERIMENTAL

El periodo experimental se extendió desde el 5 de mayo de 2011 con la siembra; realizándose la primer medición a los 60 días post siembra y finalizando el día 7 de setiembre del mismo año con la última jornada de muestreo, a los 120 días post siembra.

3.4. TERRENO

3.4.1. Descripción del sitio experimental

El área forestada utilizada para los ensayos fue un semillero de *Pinus taeda* de 32 años, cuya superficie total es de 6.39 ha, de las que se utilizaron 2,37 ha.

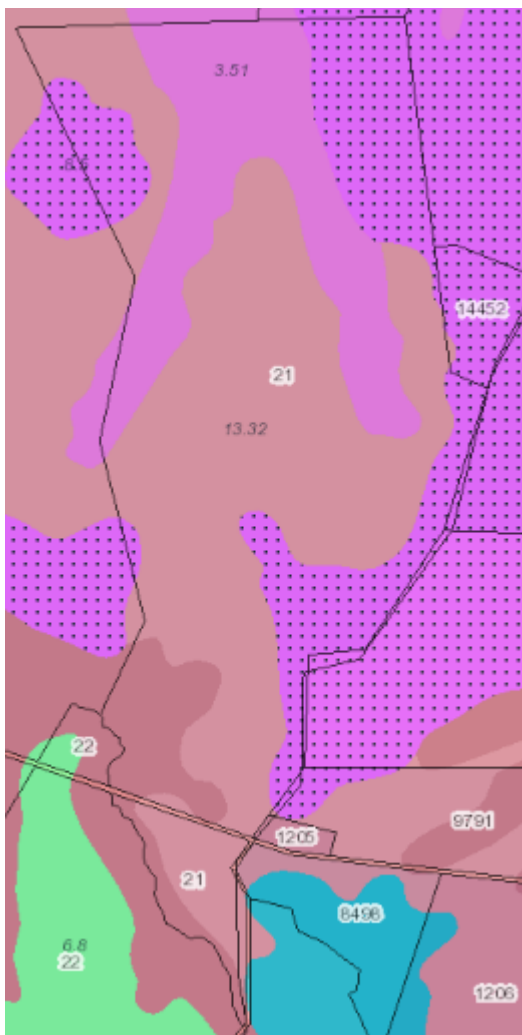
3.4.2. Descripción del recurso suelo

Tabla 4. Porcentaje de suelo según grupo CONEAT

Grupo	Índice	Porcentaje
13.32	149	51.64%
3.51	35	20.75 %
6.3	109	0.01 %
8.5	105	20.85 %
G03.22	22	6.75%

Fuente: MGAP. PRENADER (2014).

Ilustración 2. Mapa CONEAT



Fuente: MGAP. PRENADER (2014).

3.4.3. Descripción del rodal

Los árboles, en la superficie utilizada, tienen una distancia entre filas de 12 metros, en promedio. La distancia entre árboles es variable debido a que es un monte de 32 años, en el que se han muerto algunos individuos y además se ha llevado a cabo selección (raleado de árboles con fenotipos no deseados).

Dentro de las características relevadas del componente arbóreo se determinó: el número de árboles, diámetro a la altura del pecho (DAP), altura

total (AT), altura de inserción de la última rama verde (AURV), y diámetro basal de copa. Para ello se utilizó un vertex para la determinación de las diferentes alturas medidas, y una cinta dimétrica para la determinación del DAP y para la determinación del diámetro de copa, una cinta métrica convencional.

Tabla 5. Altura media, largo medio de copa, diámetro medio de copa, área media de copa verde y DAP medio según bloque

Bloque	Altura media (m)	Largo medio de Copa (m)	Diámetro de copa medio (m)	Área de copa verde medio (m ²)	DAP medio (m)
2	22,59	15,06	12,41	120,93	0,59
3	20,41	14,16	12,56	123,98	0,59
4	18,97	14,92	13,35	139,88	0,56
MEDIA	20,66	14,72	12,77	128,26	0,58

La superficie utilizada para la instalación del ensayo a cielo abierto fue situada en un área aledaña del bosque. El cultivo antecesor fue de un verdeo de invierno compuesto por *Lolium multiflorum* cv LE 284, cuyo destino principal fue para pastoreo con vacunos y ovinos. Dicho ensayo fue situado en la parte superior de la ladera, de forma tal de que no se viera afectado por efectos de la pendiente.

3.4.4. Preparación de la sementera

Se aplicaron en dos instancias mezclas de herbicidas con el objetivo de controlar malezas perennes y anuales. La primera aplicación se realizó con Glifosato Full II, en dosis de 5 lt por hectárea el día 10/03/2011. La segunda aplicación se realizó con una mezcla de Roundup Full II (3 litros) más Preside (350 mililitros) el día 20/04/2011, en toda el área experimental.

3.4.4.1 Dimensiones y arreglo del experimento

Se seleccionó el área del ensayo, se marcaron los bloques y las parcelas. En el monte se buscó que abarcaran dos entre filas de árboles, quedando cada uno dividido por una fila de árboles.

Ilustración 3. Foto aérea del potrero del experimento



Dentro de esta superficie del bosque se delimitaron tres bloques de 855 m² con 6 parcelas de 142,5 m² (la superficie total ocupada por bloques es de 0,26 hectáreas). Fuera del bosque, en el área aledaña se delimitó el área donde se ubicó el ensayo a cielo abierto.

3.4.4.2. Muestreo de suelos y resultado de análisis

La toma de muestras de suelo se obtuvo realizando un conjunto de tomas individuales, que luego se juntarán en una sola muestra compuesta (muestreo compuesto).

El muestreo de suelo se realizó a través de la utilización de un taladro de forma aleatoria en el suelo bajo monte, repitiéndose el proceso para el suelo del área experimental a cielo abierto.

Las muestras fueron debidamente rotuladas y enviadas a un laboratorio de análisis de suelo. Los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 6. Análisis de suelo del área sembrada

BLOQUE	P	N-NO3	K-KCL	pH del agua
1	15	6	4,4	5,36
2+3	7	5	4,37	5,64
4	7	5	4,27	4,27

3.4.4.3. Fertilización y dosis

Una vez terminada la siembra se fertilizó utilizándose una fertilizadora pendular fertilizando con DAP (18-46-0), a una dosis de 150Kg.ha⁻¹.

A los 60 días post siembra se realizó una fertilización con UREA a una dosis de 100 Kg.ha⁻¹.

3.4.4.4. Análisis de germinación de semillas

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de análisis de germinación de las semillas utilizadas.

Tabla 7. Germinación de las semillas a los 7 y 14 días utilizadas según especie respectivamente

Especie	Germinación día 7 (%)	Germinación día 14 (%)
<i>Trifolium repens</i>	90	93
<i>Lotus corniculatus</i>	72	75
<i>Dactylis glomerata</i>	58	64
<i>Lolium perenne</i>	96,5	96,5
<i>Festuca arundinacea</i>	67	71,5

3.4.4.5. Preparación de la semilla

Preparación de la solución inoculante para leguminosas.

En primera instancia se preparó la solución adherente, vertiendo el polvo adherente en un litro de agua, se mezcló durante dos minutos y se dejó reposar durante 15 minutos.

Una vez pronta la solución adhesiva se vertió el contenido de un paquete de inoculante y se mezcló rápidamente para que la mezcla fuese lo más homogénea posible.

Una vez obtenido la solución en una superficie limpia, se la distribuyó lo más homogéneamente posible sobre la semilla y se las mezcló con una pala. Las semillas preparadas la noche anterior, fueron sembradas al medio día siguiente.

3.5. SIEMBRA

3.5.1. Densidad de siembra

Las densidades de siembra para las diferentes especies se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 8. Densidad de siembra según especie

Especie	Cultivar	Densidad (kg/ha)
<i>Lolium perenne</i>	Horizon	24
<i>Dactylis glomerata</i>	Oberón	10
<i>Festuca arundinacea</i>	Tacuabé	12
<i>Trifolium repens</i>	Zapican	2,5
<i>Lotus corniculatus</i>	San Gabriel	9

3.6. MEDICIONES

3.6.1. Muestreo de plántulas y medición de materia seca

Los muestreos se realizaron a los 60 y a los 120 días post siembra. En ello se recolectaron 10 plántulas de cada especie las que fueron posteriormente lavadas, secadas, separadas la parte aérea y la parte radicular, finalmente pesadas y registrados sus pesos con una balanza de precisión como la que se muestra en la ilustración 4. Las partes aéreas y radiculares de cada planta fueron puestas en bolsas de papel, debidamente identificadas con un rotulo que expresaba la parte de la planta que era, el número de planta, bloque y fecha de muestreo. Las muestras en sus bolsas fueron secadas a 60°C por 48 horas y finalmente pesadas.

Los datos obtenidos fueron registrados en una planilla la cual contenía el peso fresco y el peso seco de la parte aérea y radicular de cada planta muestreada identificada por especie, tratamiento, parcela y bloque. De la diferencia de estos datos se pudo obtener la materia seca de cada planta tanto en su parte aérea como en su parte radicular, así como la relación parte radicular/parte área estudiada.

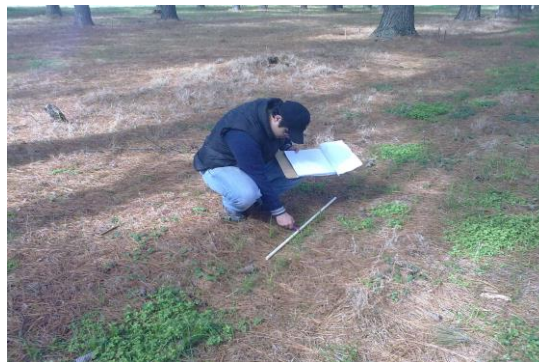
3.6.2. Muestreo aleatorio

Para contar las plantas se contaron el número de plantas de gramíneas existentes en un metro, este procedimiento se realizó en zig-zag y se repitió 15 veces. De igual manera, pero con un cuadro de 30 cm por 15 cm y en la entre fila, se realizó el conteo de las plantas de leguminosas contenidas en dicho cuadro, repitiéndose 15 veces el procedimiento.

Ilustración 4. Cuadro de medición de leguminosas (30cm x 15cm)



Ilustración 5. Medición de 1 metro de línea de siembra de gramíneas



3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

3.7.1. Diseño completamente al azar

3.7.1.2. Modelo de un DCA

Ilustración 6. Modelo DCA

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Variable de respuesta, y_{ij} = respuesta del i - ésimo tratamiento en la j - ésima repetición

μ = media poblacional

α_i = efecto del i - ésimo tratamiento

ε_{ij} = error experimental (residual) asociado al i - ésimo tratamiento en la j - ésima repetición

Fuente: Montgomery (2004)

Supuestos

Al Modelo (Montgomery, 2004)

- 1- Es correcto (en cuanto al material experimental)
- 2- Es aditivo

A los errores experimentales:

- 1- Son variables aleatorias
- 2- $\varepsilon_{ij} \sim N$
- 3- $E(\varepsilon_{ij})=0$ para todo i, j
- 4- $V(\varepsilon_{ij})=\sigma^2$ para todo i, j
- 5- Son independientes

Por definición $\alpha_i = \mu_i - \mu$

Hipótesis de un DCA (Montgomery, 2004)

H₀: la media de los tratamientos Dactylis, Festuca y raigrás para las variables en estudios (peso aéreo, peso radicular, peso total, relación PR/PA y producción de MS por hectárea) son similares entre si ó

H₀: las probabilidades de cometer errores en las comparaciones de los tratamientos son similares entre sí.

H_a: existe al menos una diferencia entre la media de los tratamientos Dactylis, Festuca y raigrás para las variables+ estudiadas (peso aéreo, peso radicular, peso total, relación PR/PA y producción de MS por hectárea).

Criterios de decisión (Montgomery, 2004)

1- Si las diferencias entre las medias muestrales de los tratamientos (Dactylis, Festuca y raigrás) son suficientemente grandes se rechaza H₀. Si la variación entre medias de tratamientos es suficientemente grande se rechaza H₀.

- 2- Si la variación dentro de los tratamientos es suficientemente grande no se rechaza H₀.

3.7.2 Diseño en bloques completos al azar

3.7.2.1. Modelo de un DBCA

Ilustración 7. Modelo DBCA

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

y_{ij} = respuesta del i - ésimo tratamiento en el j - ésimo bloque
 μ = media poblacional
 α_i = efecto del i - ésimo tratamiento
 β_j = efecto del j - ésimo bloque
 ε_{ij} = error experimental (residual) asociado al i - ésimo tratamiento en el j - ésimo bloque

Fuente: Montgomery (2004)

Supuestos

Al Modelo (Montgomery, 2004)

- 1- Es correcto (con relación al material experimental)
 - 2- Es aditivo
 - 3- No existe interacción bloque por tratamiento
- A los errores experimentales
- 1- Son variables aleatorias
 - 2- $\varepsilon_{ij} \sim N$
 - 3- $E(\varepsilon_{ij})=0$ para todo i, j
 - 4- $V(\varepsilon_{ij})=\sigma^2$ para todo i, j
 - 5- Son independientes

Por definición $\alpha_i = \mu_i - \mu$

Hipótesis de un DCA

H0: las medias de los tratamientos Dactylis, Festuca y raigrás son iguales entre sí, ò

H0: la probabilidad de aceptar la hipótesis nula siendo ésta, falsa, es similar entre los tres tratamientos.

Ha: existe al menos una diferencia entre la media de los tratamientos Dactylis, Festuca y raigrás, en alguna de las variables estudiadas.

Criterios de decisión (Montgomery, 2004)

1. Si las diferencias entre las medias muestrales de los tratamientos Dactylis, Festuca y/o raigrás son “suficientemente” grandes se rechaza H_0 .
2. Si la variación dentro de los tratamientos Dactylis, Festuca y/o raigrás es “suficientemente” grande, NO se rechaza H_0 .

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

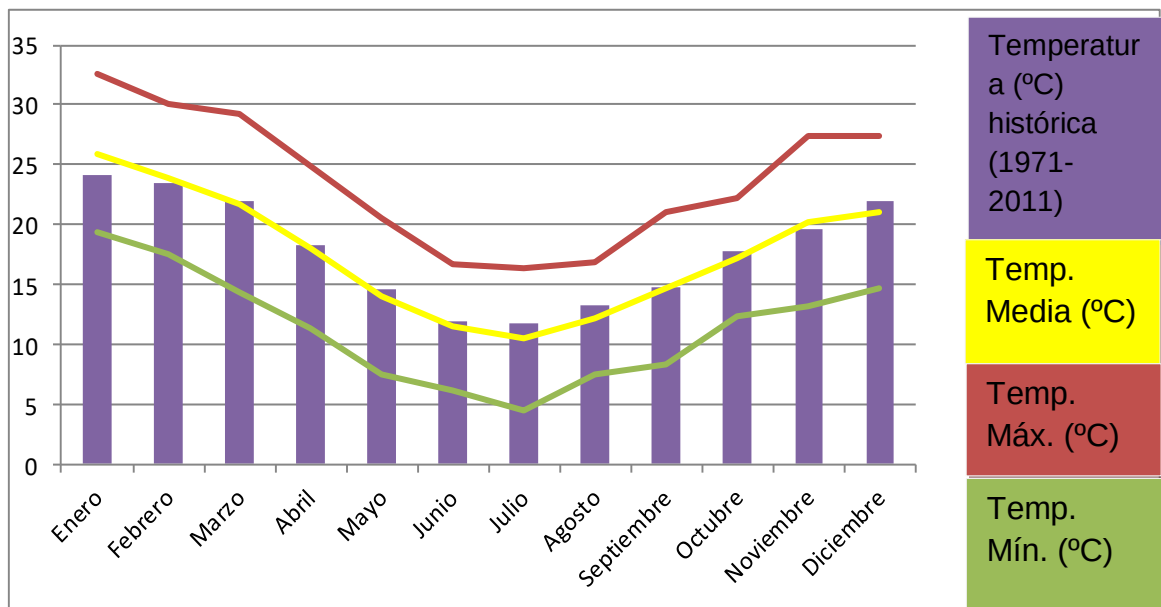
4.1. CONDICIONES AMBIENTALES PARA EL PERÍODO EXPERIMENTAL

Se presentan a continuación las condiciones climáticas registradas en el año en que se realizó el experimento y las producidas en la serie histórica que se extiende desde 1970 a 2011, con el objetivo de compararlas y detectar posibles factores ambientales que afectaron los resultados obtenidos.

4.1.1. Temperatura

En el gráfico 1 se presenta los datos obtenidos de las temperaturas media mensual, mínima y máxima a lo largo del año en el que se llevó a cabo el experimento y las producidas en la serie histórica de temperaturas media mensual, comprendida entre los años 1970 y 2011.

Gráfico 1. Temperatura media mensual, mínima, máxima para el año 2011 y para la serie histórica (1970-2011) según mes del año.



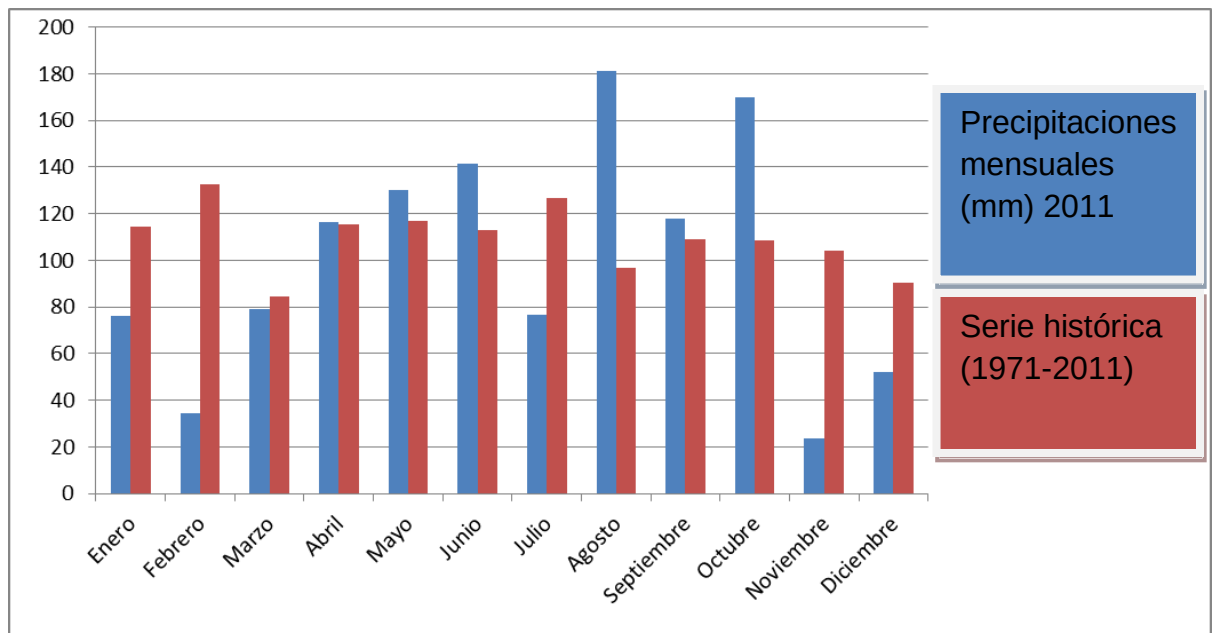
Fuente: INUMET (2011).

En el gráfico se puede observar que, la temperatura mensual media prácticamente no se diferencia de la temperatura mensual media histórica, es decir que el factor temperatura durante el periodo experimental presentó un similar comportamiento.

4.1.2. Precipitaciones del periodo experimental

A continuación, en el gráfico 2 se presentan los datos de precipitaciones ocurridas en la serie histórica comprendida entre los años 1970 y 2011.

Gráfico 2. Precipitación mensual (mm) registrada durante del año experimental y la precipitación mensual media de la serie histórica (1970 y 2011) según mes del año.



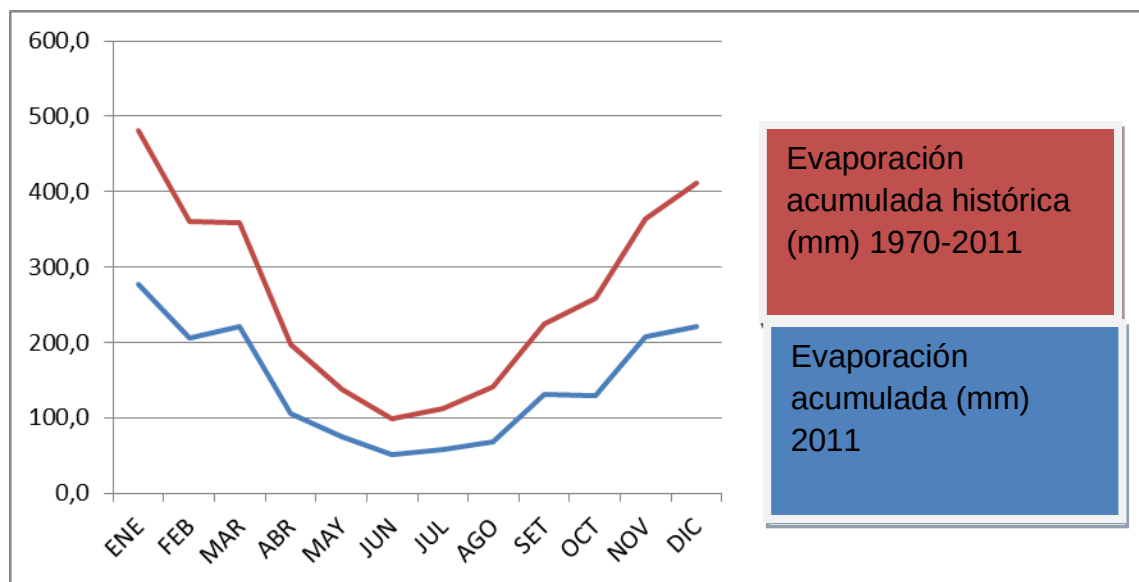
Fuente: INUMET (2011).

El gráfico muestra que la precipitación del año en el que se realizó el estudio, la variación entre meses fue mayor que la de la serie histórica. También se observa que el verano previo a la siembra, realizada en marzo, fue más “seco” que la serie histórica de años. Durante los 120 días que duro el estudio hubo meses en los que llovió más y meses en los que llovió menos, sin embargo, en el periodo experimental la sumatoria de las diferencias fue positiva, lloviendo 85mm más que los registrados en la serie histórica.

4.1.3. Evaporación acumulada

En el siguiente grafico se presenta la información de la evaporación producida durante el periodo experimental y el periodo histórico de comparación (1971 – 2011).

Gráfico 3. Evaporación acumulada (mm) durante el año experimental y la producida en la serie histórica (1970 y 2011).

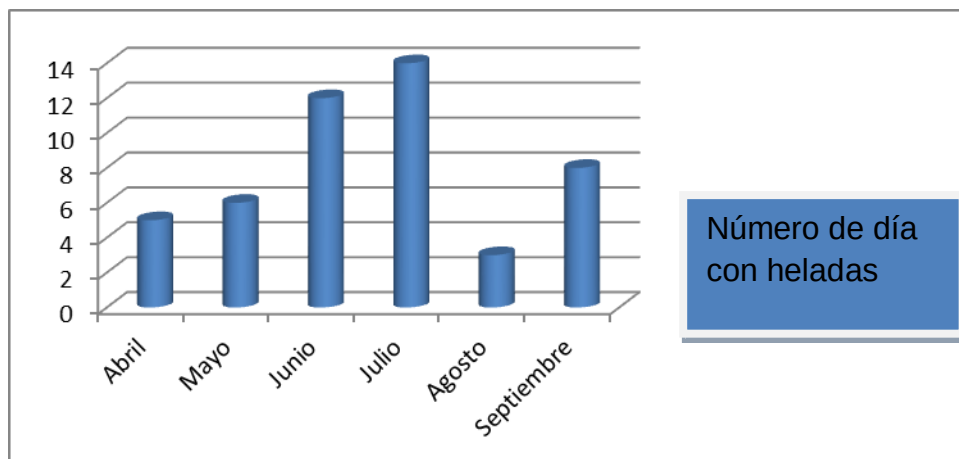


Fuente: INUMET (2011).

Al estudiar la evaporación mensual acumulada, se observa una tendencia similar a lo largo del año, sin embargo, se evidencia un menor nivel de evaporación del año donde se realizó el experimento con respecto a la serie histórica.

4.1.4. Días con helada en el periodo experimental

Gráfico 4. Días con heladas del periodo comprendido entre el mes de abril hasta setiembre según meses del año 2011.



Fuente: INUMET (2011).

4.2. IMPLANTACIÓN

4.2.1. Implantación de *Lotus corniculatus* bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra

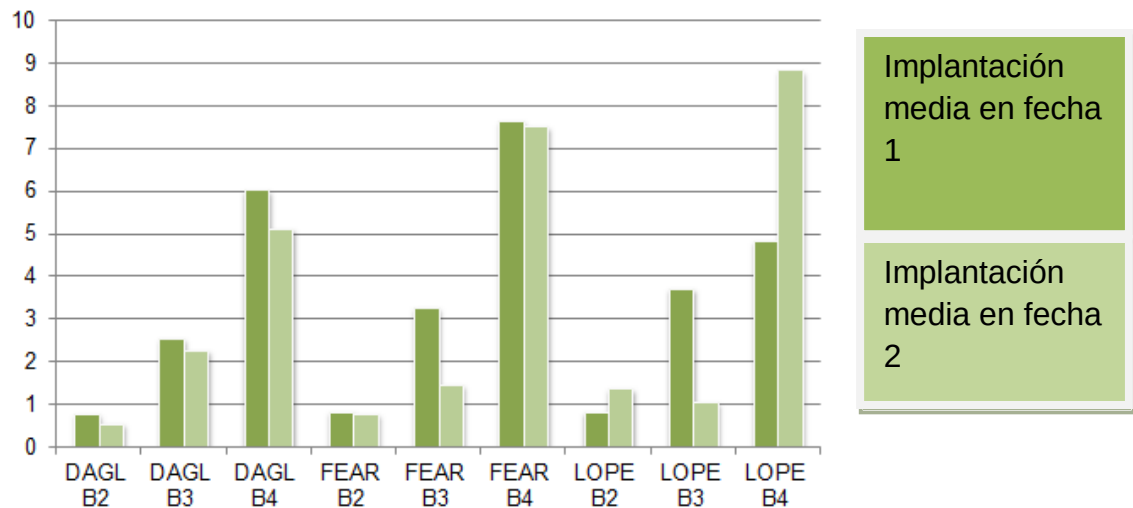
Tabla 9. Porcentaje de implantación promedio de *Lotus corniculatus* bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra

Tratamiento	DPS	Media de implantación (%)
<i>Dactylis glomerata</i>	60	3,11
<i>Festuca arundinacea</i>	60	3,91
<i>Lolium perenne</i>	60	3,13
<i>Dactylis glomerata</i>	120	2,64
<i>Festuca arundinacea</i>	120	3,25
<i>Lolium perenne</i>	120	3,75

A los 60 días post siembra la variabilidad expresada por el coeficiente de variación fue de 27,67% y a los 120 días post siembra asciende a 43,15%.

Al realizar el análisis de varianza, para ambas fechas, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (mezclas) para la especie *Lotus corniculatus*. Resumiendo, la germinación de dicha especie es estadísticamente similar en todos los tratamientos (gramíneas acompañantes), se implantó de igual forma con *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*.

Gráfico 5. Evolución de la implantación de *Lotus corniculatus* bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra



Al graficar los datos promedios de implantación por bloque, para la especie *Lotus corniculatus*, a los 60 y 120 días post siembra se observan diferencias notorias entre bloques y entre fechas, se describen a continuación:

- Para el bloque 2, en todos los tratamientos, se observan promedios de implantación inferiores a la implantación registrada en los otros bloques.
- Es notorio también el aumento progresivo hacia el bloque 3, y de este al bloque 4 (bloque con mayores promedios de implantación).
- Se observa también que la implantación a los 120 días es inferior a la observada a los 60 días, en todos los bloques para el tratamiento *Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea* como gramínea acompañante, sin embargo,

para el tratamiento con *Lolium perenne*, en el bloque 2 y en el bloque 4 la implantación a los 120 días fue notoriamente superior a la observada a los 60 días. En este último tratamiento (gramínea acompañante *Lolium perenne*), para el bloque 3, la implantación a los 60 días fue muy superior a la registrada a los 120 días.

Según San Miguel (2007), la implantación de *Lotus corniculatus* es difícil y lenta, sin embargo, una vez implantada, la especie puede persistir de forma casi indefinida si el manejo del pastoreo es adecuado. Su resistencia al pastoreo es aceptable, pero conviene evitar la defoliación intensa o precoz (anterior a la floración), porque la mayor parte de sus renuevos provienen de yemas axilares situadas sobre los tallos, y no en la corona de la raíz, como en otras leguminosas más resistentes al pastoreo.

En un estudio realizado por Pérez et al. (2000), se analizó el efecto de las *Pseudomonas* en el control de las enfermedades en la implantación de *Lotus corniculatus*, se obtuvo una implantación a los 90 días cercana al 60% en el año 1996, mientras que en el 1997 la implantación fue de 14%. Siendo superado sus índices de implantación por el tratamiento con *Pseudomonas*. Las enfermedades podría ser un factor importante a tener en cuenta al momento de estudiar la implantación de esta especie.

4.2.2. Implantación de *Lotus corniculatus* a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra

Analizando la variable “implantación” de la especie *Lotus corniculatus* en los distintos tratamientos, se observaron coeficiente de variación de 18,20% en la fecha 1^a. los 60 dps y de 32,16 % en la 2^{da} fecha los 120 dps.

No se obtuvo suficiente evidencia estadística para afirmar la existencia de al menos un tratamiento distinto a los demás para la variable “Implantación” en ninguna de las fechas.

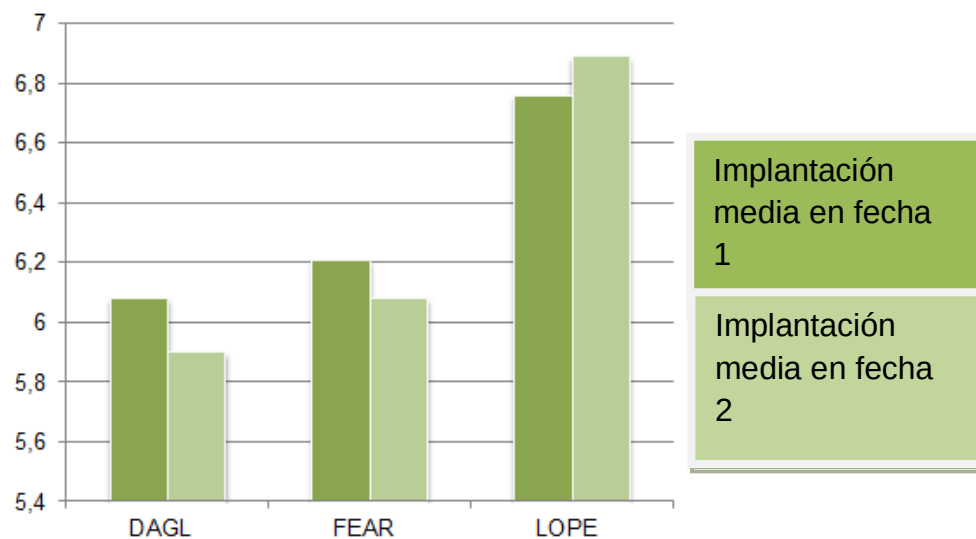
Resumiendo, la especie *Lotus corniculatus* se implantó de igual manera asociada con *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne* y con *Dactylis glomerata*.

Tabla 10. Implantación de *Lotus corniculatus* a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra (%)

Fecha	Tratamiento	Media
60	DAGL	6,08
60	FEAR	6,21
60	LOPE	6,76
120	DAGL	5,9
120	FEAR	6,08
120	LOPE	6,89

DAGL: *Dactylis glomerata*, FEAR: *Festuca arundinacea*, LOPE: *Lolium perenne*

Gráfico 6. Evolución de la producción de MS promedio de *Lotus corniculatus* a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra (%)



DAGL: *Dactylis glomerata*, FEAR: *Festuca arundinacea*, LOPE: *Lolium perenne*

Para el experimento a cielo abierto, se observa que la implantación del *Lotus corniculatus* muestra tendencias de superioridad según especie gramínea acompañante. En el tratamiento con *Dactylis glomerata*, la implantación fue inferior a la registrada en *Festuca arundinacea* y en la mezcla con *Lolium*

perenne, siendo este el que presentó el mayor porcentaje de implantación. Se puede observar también un mayor porcentaje de implantación de los 60 dps a la registrada a los 120 dps en el tratamiento donde la gramínea acompañante fue *Lolium perenne*, mientras que en las otras dos gramíneas la implantación en la primera fecha es claramente superior.

4.2.3. Implantación de *Trifolium repens* bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra

En un estudio realizado por Silveira (2005), donde se sembró *Trifolium repens* a cielo abierto en un mejoramiento de campo se obtuvieron resultados promedios de implantación 25% con diferencias entre los valores extremos de 1.86%.

Valores promedios obtenidos por Arias et al., citados por Silveira (2005), de la bibliografía nacional, oscilaban en un rango de 28 a 38 %.

Bajo el dosel del bosque al estudiar la variable “Implantación” de la especie *Trifolium repens*, en los tres tratamientos en dos fechas (60 y 120 días post siembra), se obtuvieron variabilidades expresadas por coeficiente de variación de 43,88% para 60 dps y 102,49% para 120 dps.

Mediante el ANOVA, no se pudo confirmar la existencia de al menos un tratamiento estadísticamente distinto a los demás.

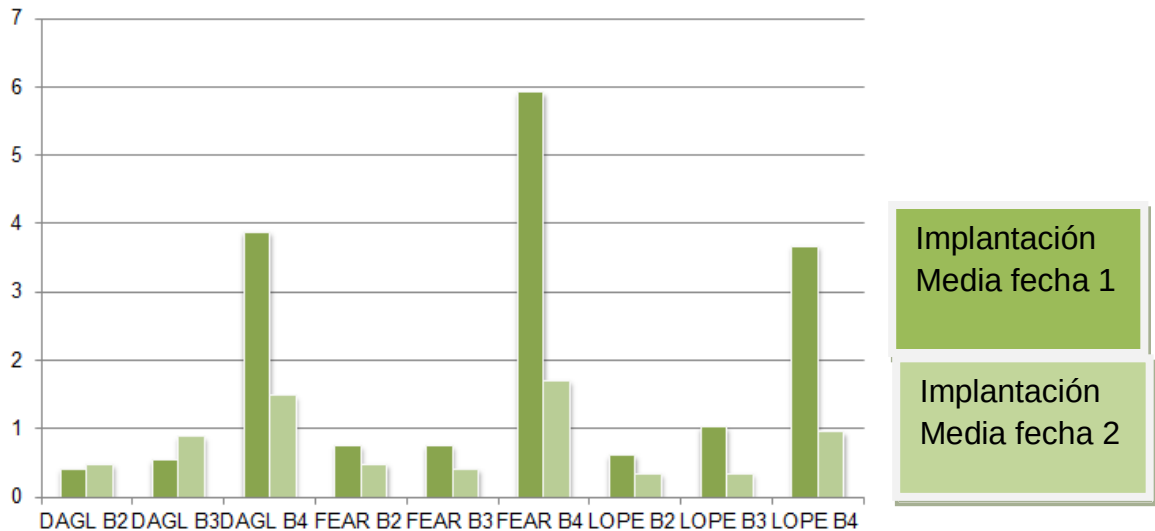
Al realizar el test de Fisher y el cálculo de diferencia estadística mínima, no se obtuvieron diferencias de medias suficientemente amplias para diferenciar ningún tratamiento.

Tabla 11. Implantación promedio de *Trifolium repens* bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra (%)

Fecha	TRATAM	Media
60	DAGL B2	0,41
60	DAGL B3	0,54
60	DAGL B4	3,88
60	FEAR B2	0,75
60	FEAR B3	0,75
60	FEAR B4	5,92
60	LOPE B2	0,61
60	LOPE B3	1,02
60	LOPE B4	3,67
120	DAGL B2	0,48
120	DAGL B3	0,88
120	DAGL B4	1,48
120	FEAR B2	0,48
120	FEAR B3	0,41
120	FEAR B4	1,70
120	LOPE B2	0,34
120	LOPE B3	0,34
120	LOPE B4	0,95

DAGL: *Dactylis glomerata*, FEAR: *Festuca arundinacea*, LOPE: *Lolium perenne*

Gráfico 6. Evolución de implantación media de *Trifolium repens* bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra (%)



Al analizar los valores promedios de implantación por bloque, para la variable implantación de la especie *Trifolium repens*, se observa una situación similar a la observada para *Lotus corniculatus* bajo el dosel del bosque se registraron los menores valores de implantación en el bloque 2, valores intermedios en el bloque 3 y un claro aumento en el bloque 4.

Entre tratamientos, el *Trifolium repens* parece haberse implantado de mejor manera con la especie *Festuca arundinacea*, seguido por la especie *Lolium perenne*, a pesar del pico observado en la primer fecha en el tratamiento donde la gramínea acompañante era *Dactylis glomerata*

A diferencia del *Lotus corniculatus*, el *Trifolium repens* mostró tendencias a implantarse mejor a los 60 días.

4.2.4. Implantación de *Trifolium repens* a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra

Los coeficientes de variación son de 53,08% a los 60 dps y 115,69% a los 120 dps respectivamente.

Al realizar el análisis de varianza este no pudo detectar diferencias significativas para ninguna de las fechas evaluadas.

Con el test de Fisher y el cálculo de la diferencia estadística mínima, no se encontraron diferencias de medias suficientemente grandes para diferenciar un tratamiento.

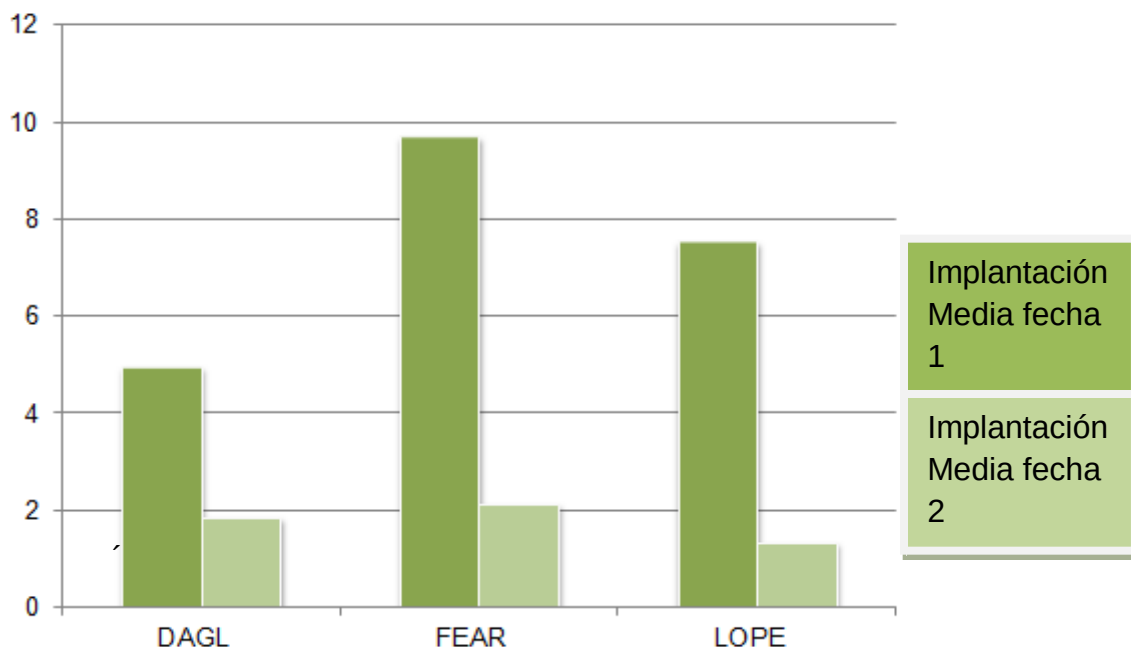
Tabla 12. Datos promedios de implantación de *Trifolium repens* a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra (%)

Fecha	Tratamiento	Media
60	DAGL	4,97
60	FEAR	9,71
60	LOPE	7,55
120	DAGL	1,87
120	FEAR	2,14
120	LOPE	1,36

DAGL: *Dactylis glomerata*, FEAR: *Festuca arundinacea*, LOPE: *Lolium perenne*

El *Trifolium repens*, a cielo abierto, mostro una mejor implantación asociada a *Festuca arundinacea*, seguida por *Lolium perenne* y finalmente *Dactylis glomerata*.

Gráfico 7. Evolución promedio de la tendencia de implantación de *Trifolium repens* a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra (%)



DAGL: *Dactylis glomerata*, FEAR: *Festuca arundinacea*, LOPE: *Lolium perenne*

A diferencia del *Lotus corniculatus*, en ningún tratamiento, la implantación tuvo tendencias a ser superior a los 120 días.

4.2.5. Implantación de las gramíneas bajo estudio (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra (%)

Los coeficientes de variación para la variable Implantación bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra, fueron de 34,87% (a los 60 dps) y de 33,78% (a los 120 dps) respectivamente.

Al realizar el estudio de ANOVA para los datos obtenidos a los 60 días post siembra, se pudo confirmar la existencia de al menos un tratamiento estadísticamente distinto.

El test de Fisher y cálculo de DMS demostraron lo visto en ANOVA.

Tabla 13. Medias, error experimental y clasificación de los tratamientos en la medición a los 60 días de la implantación de las gramíneas bajo estudio (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) bajo el dosel del bosque (%)

Tratamiento	Media	
<i>Festuca arundinacea</i>	33,30	A
<i>Lolium perenne</i>	24,53	A
<i>Dactylis glomerata</i>	9,66	B

Nota: $\alpha=0,05$ DMS=9,78 Error=61,51 gl=13 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.

En la tabla se observa que las gramíneas, *F. arundinacea* y *L. perenne* no difieren estadísticamente entre sí para la variable Implantación. Por su parte *D. glomerata* mostro ser estadísticamente inferior para la variable antes mencionada.

El ANOVA realizado para los datos obtenidos a los 120 días post siembra mostró que existe al menos un tratamiento estadísticamente distinto. El test de Fisher y el cálculo de DMS brindaron el siguiente juego de resultados:

Tabla 14. Medias, error experimental y clasificación de los tratamientos en la medición a los 120 días, de la implantación de las gramíneas bajo estudio (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) bajo el dosel del bosque (%)

Tratamiento	Media	
<i>Festuca arundinacea</i>	36,40	A
<i>Lolium perenne</i>	26,33	B
<i>Dactylis glomerata</i>	7,77	C

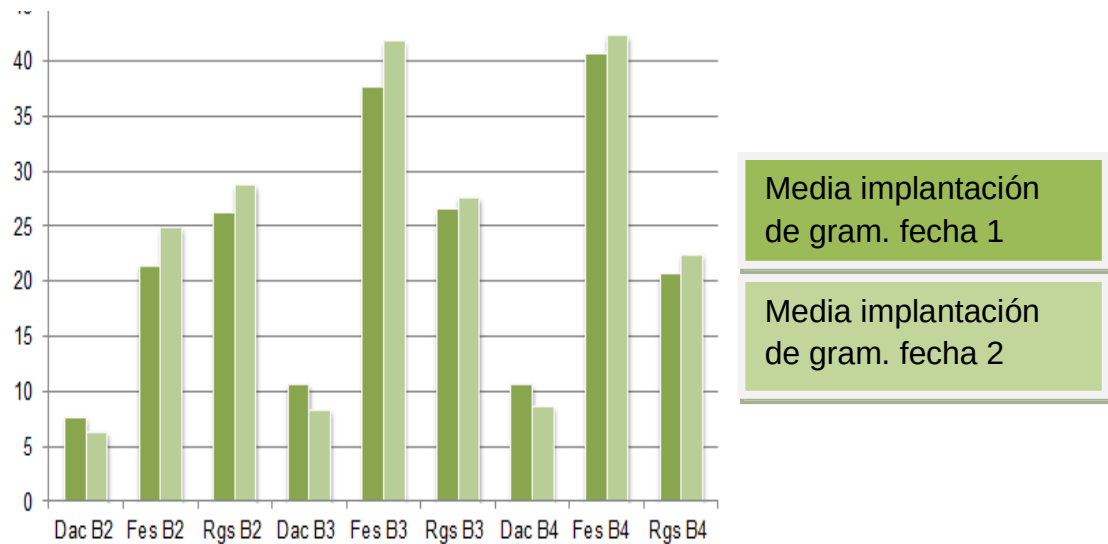
Nota: $\alpha=0,05$ DMS=9.90 Error=62,99 gl=13 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.

Se observa que todos y cada uno de los tratamientos se muestran claramente diferentes entre sí, quedando nuevamente primero *Festuca arundinacea* en primer lugar y *Dactylis glomerata* en último lugar.

Tabla 15. Datos promedios de implantación de las gramíneas bajo estudio (*D. glomerata*, *F. arundinacea* y *L. perenne*) bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra (%)

<u>Fecha</u>	<u>Bloque</u>	<u>Tratamiento</u>	<u>Media</u>
60	2	Dac B2	7,66
60	2	Fes B2	21,49
60	2	Rgs B2	26,33
60	3	Dac B3	10,67
60	3	Fes B3	37,76
60	3	Rgs B3	26,55
60	4	Dac B4	10,66
60	4	Fes B4	40,66
60	4	Rgs B4	20,70
120	2	Dac B2	6,33
120	2	Fes B2	24,98
120	2	Rgs B2	28,8
120	3	Dac B3	8,33
120	3	Fes B3	41,82
120	3	Rgs B3	27,68
120	4	Dac B4	8,66
120	4	Fes B4	42,40
120	4	Rgs B4	22,50

Gráfico 8. Evolución de implantación media de las gramíneas bajo estudio (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra (%)



El estudio de las medias muestrales resultó similar a los estadísticos, donde *Festuca arundinacea* siempre tiende a ocupar los primeros lugares en implantación, seguido por *Lolium perenne* y *Dactylis glomerata* siempre con inferiores porcentajes de implantación.

4.2.6. Implantación de las gramíneas bajo estudio (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra (%)

Los coeficientes de variación para la variable implantación a cielo abierto fueron 25,62% a los 60 dps y 34,34% a los 120 días post siembra.

Al realizar los estudios de ANOVA pertinentes, para ninguna de las instancias de medición, fue posible rechazar H_0 , con $\alpha=0,05$ probabilidad de cometer error de tipo I.

Tabla 16. Medias, error experimental y clasificación de los tratamientos en la medición a los 60 dps de las gramíneas bajo estudio (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) a cielo abierto (%)

Tratamiento	Media	
<i>F. arundinacea</i>	47,05	A
<i>L. perenne</i>	27,45	AB
<i>D. glomerata</i>	19,33	B

Nota: $\alpha=0,05$ DMS=25,50 Error=62,99 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.

Se detectaron diferencias significativas en el porcentaje de implantación donde, *F. arundinacea* fue significativamente superior a la implantación registrada por *D. glomerata* y donde *L. perenne* presentó un comportamiento intermedio, no se diferencia de las especies antes mencionadas.

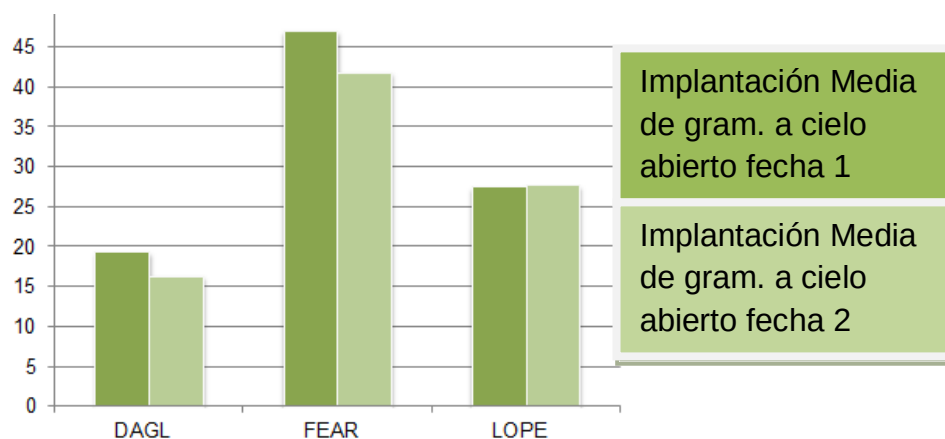
A los 120 días la implantación de las gramíneas fue estadísticamente similar para las tres gramíneas bajo el dosel.

Tabla 17. Datos promedios de implantación de las gramíneas bajo estudio (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra (%)

Fecha	Tratamiento	Media
60	DAGL	19,33
60	FEAR	47,05
60	LOPE	27,45
120	DAGL	16,33
120	FEAR	41,82
120	LOPE	27,68

DAGL: *Dactylis glomerata*, FEAR: *Festuca arundinacea*, LOPE: *Lolium perenne*

Gráfico 9. Evolución de implantación media de las gramíneas bajo estudio (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra (%)



DAGL: *Dactylis glomerata*, FEAR: *Festuca arundinacea*, LOPE: *Lolium perenne*

Las medias de implantación estudiadas muestran una tendencia a que *Festuca arundinacea* se implante mejor que las otras dos gramíneas. Se observa también que, al igual que bajo el dosel del bosque, *Dactylis glomerata* tiende a ser la gramínea con implantación más baja.

4.3. EVALUACIÓN DEL PESO DE LA PARTE AÉREA

4.3.1. Evaluación de peso aéreo de *Lotus corniculatus* bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra

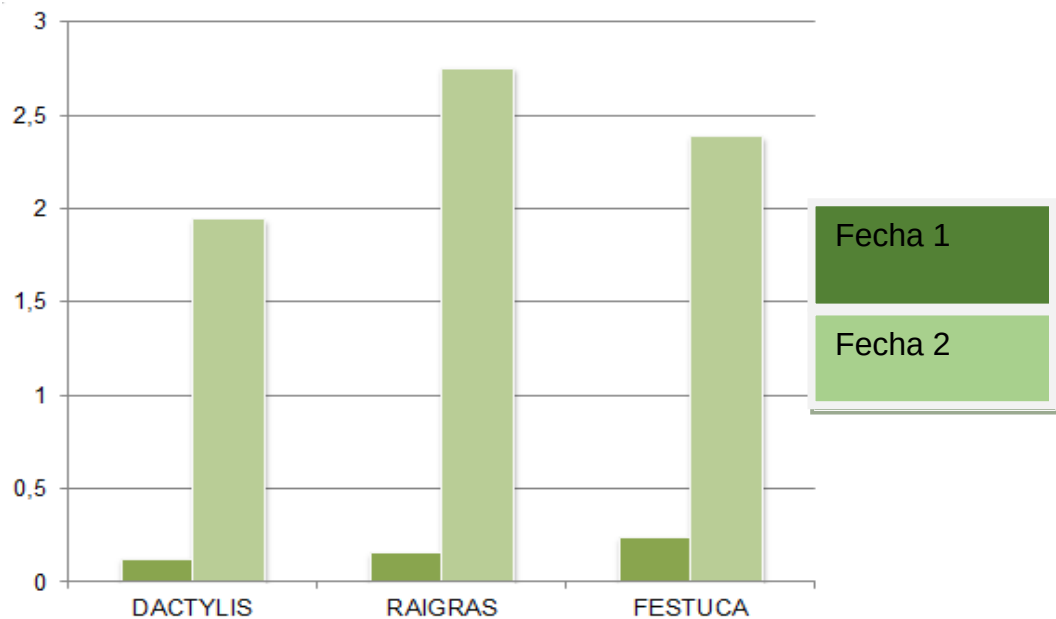
El peso de la parte aérea de *Lotus corniculatus* bajo el dosel del bosque, posee una variabilidad de 39,18% a los 60 dps y una variabilidad del 72,98% a los 120 dps. Se observa un aumento de la variabilidad de la primera medición a la segunda, dicha variabilidad puede ser explicada, en parte, por una germinación en ondas, evidenciada por la presencia de plantas en distintos estadios de desarrollo en las distintas instancias de medición.

Los análisis de ANOVA realizados para ambas fechas no brindaron evidencia estadística para confirmar la existencia de al menos un tratamiento distinto a los demás. Es decir que sin importar la gramínea con la cual se asocie, *Lotus corniculatus* va a poseer similar peso de la parte aérea bajo el dosel de los rodales de *Pinus taeda*.

Tabla 18. Producción promedio de materia seca aérea de *Lotus corniculatus* bajo el dosel del bosque (Kg/há)

Parte Aérea	FECHA 1	FECHA 2
<i>D. glomerata</i>	0,13	1,94
<i>L. perenne</i>	0,16	2,76
<i>F. arundinacea</i>	0,24	2,39

Gráfico 10. Producción promedio de materia seca aérea de *Lotus corniculatus* bajo el dosel del bosque (Kg/ha)



El cálculo de la producción de MS aérea por hectárea permite observar primero, una tendencia de que *Lotus corniculatus* asociado a *Festuca arundinacea* y con *Lolium perenne* produzca más materia seca que *Lotus corniculatus* asociado a *Dactylis glomerata*. Se puede observar que, bajo dosel, *L. corniculatus* tiende a una baja producción de materia seca.

4.3.2. Evaluación del peso parte aérea de *Lotus corniculatus* a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra

A cielo abierto la variabilidad del peso de la parte aérea es de 24,38% a los 60 dps y de 13,14% a los 120 dps, se observa una disminución de la variabilidad de la primera fecha a la segunda.

En el análisis de ANOVA a los 60 dps no permitió confirmar la existencia de al menos un tratamiento estadísticamente distinto.

Al realizar la prueba de Fisher se llegó a que el tratamiento con *Dactylis glomerata* como la gramínea acompañante es superior al tratamiento con *Festuca arundinacea*, y que el tratamiento con *Lolium perenne* no difiere de ninguno de los tratamientos anteriores.

Al estudiar ANOVA para el peso aéreo de *Lotus corniculatus* a los 120 dps, mostro que existe al menos un tratamiento estadísticamente distinto. Al realizar el test de Fisher y calcular la mínima diferencia significativa, se puede decir que *Lotus corniculatus* produjo mayor peso aéreo en la segunda fecha cuando estaba acompañado por *Dactylis glomerata* y que produjo menor peso cuando estuvo acompañado con *Festuca arundinacea*.

Tabla 19. Medias, error experimental y clasificación de los tratamientos en la medición a los 60 días de peso aéreo de *Lotus corniculatus* a cielo abierto (%)

Tratamiento	Media		
<i>D. glomerata</i>	0,01	A	
<i>L. perenne</i>	0,01	A	B
<i>F. arundinacea</i>	3,7E-03	B	

Nota: $\alpha=0,05$ DMS=0,00606 Error=0,00001 gl=3 Los tratamientos con letras diferentes son significativamente diferentes.

Tabla 20. Medias, error experimental y clasificación de los tratamientos en la medición a los 120 días de peso aéreo de *Lotus corniculatus* a cielo abierto (%)

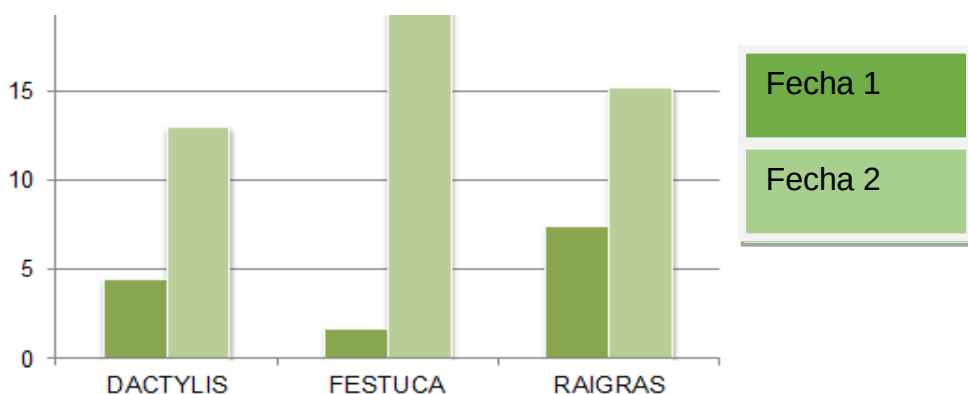
Tratamiento	Media	
<i>F. arundinacea</i>	0,05	A
<i>L. perenne</i>	0,03	B
<i>D. glomerata</i>	0,03	B

Nota: $\alpha=0,05$ DMS=0,01549 Error=0,00001 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.

Tabla 21. Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de *Lotus corniculatus* a cielo abierto (kg/ha)

Tratamiento	6 DPS	120 DPS
<i>D. glomerata</i>	4,46	13,00
<i>F. arundinacea</i>	1,68	22,30
<i>L. perenne</i>	7,40	15,20

Gráfico 11. Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de *Lotus corniculatus* a cielo abierto (Kg/ha)



Al estudiar las medias, para 60 dps, se observa una tendencia del tratamiento “raigrás” a una mayor producción de materia seca aérea, aunque no se hayan observado diferencias estadísticas entre tratamientos.

Al estudiar las medias para la fecha 2, hay una tendencia clara del tratamiento Festuca a una mayor producción de materia seca aérea, seguido por raigrás y por Dactylis. En este caso, las tendencias son similares a los resultados estadísticos.

4.3.3. Evaluación de peso parte aérea de *Trifolium repens* bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra

El peso aéreo de *Trifolium repens* a los 60 días post siembra presenta un coeficiente de variación de 16,48%.

Al realizar el estudio de ANOVA se obtuvo suficiente evidencia estadística para confirmar la existencia de al menos un tratamiento distinto.

Al realizar la prueba de Fisher y calcular la DMS, se puede concluir que *Trifolium repens* alcanzó mayor peso aéreo acompañado por la gramínea *Dactylis glomerata* y menor peso acompañado por *Festuca arundinacea*.

Tabla 22. Medias y clasificación de los tratamientos en la medición a los 60 días del peso aéreo de *Trifolium repens* bajo el dosel del bosque (gr/pl.)

Tratamiento	Media		
<i>D. glomerata</i>	1,7E-03	A	
<i>L. perenne</i>	2,1E-03	A	B
<i>F. arundinacea</i>	2,6E-03		B

Nota: $\alpha=0,05$ DMS=0,00068 Error=0,00001 gl=7 Los tratamientos con letras diferentes son significativamente diferentes.

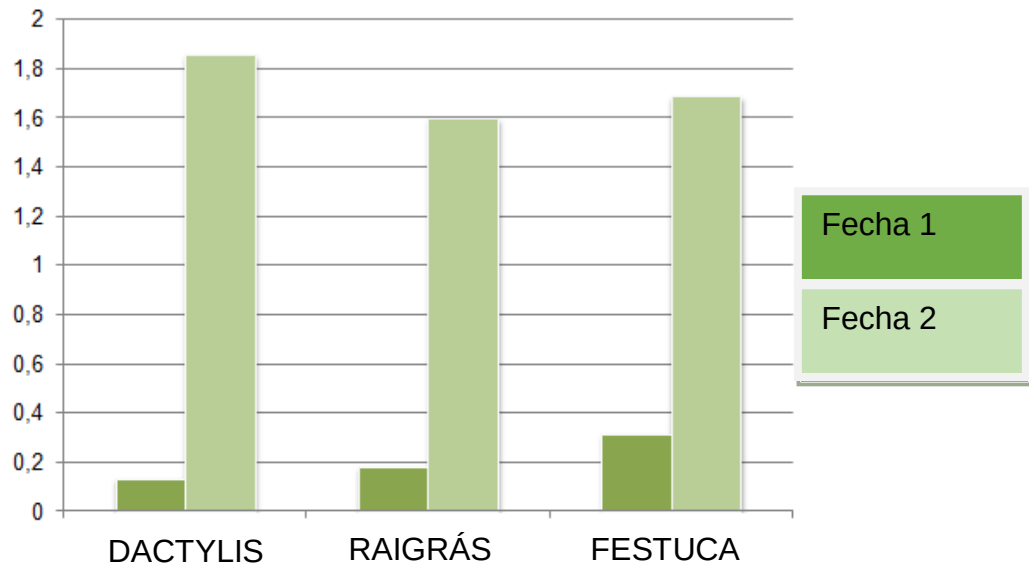
El estudio de la variabilidad del peso aéreo de *Trifolium repens* para 120 dps, arrojó un coeficiente de variación de 62,86%.

Al realizar el estudio de ANOVA no se encontró suficiente evidencia estadística para afirmar la existencia de al menos un tratamiento distinto a los demás. La prueba de Fisher confirmó lo anterior.

Tabla 23. Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de *Trifolium repens* bajo el dosel del bosque (kg/ha)

Parte Aérea	FECHA 1	FECHA 2
<i>D. glomerata</i>	0,13	1,86
<i>L. perenne</i>	0,18	1,60
<i>F. arundinacea</i>	0,31	1,69

Gráfico 12. Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de *Trifolium repens* bajo el dosel del bosque (Kg/ha)



Al calcular la producción por hectárea de materia seca de la parte aérea de *Trifolium repens* y graficarlas, se puede observar una tendencia, para la fecha 1, de *T. repens* a producir mayor cantidad de materia seca promedio por hectárea que los otros tratamientos cuando estuvo asociado a *F. arundinacea*, seguido por la producción en el tratamiento *L. perenne* y finalmente el tratamiento *D. glomerata*. A los 120 dps, la situación cambia y la tendencia claramente es asociada a *D. glomerata* seguido por la mezcla con *F. arundinacea* y finalmente la que incluye al *L. perenne*.

4.3.4. Evaluación del peso aéreo de *Trifolium repens* a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra

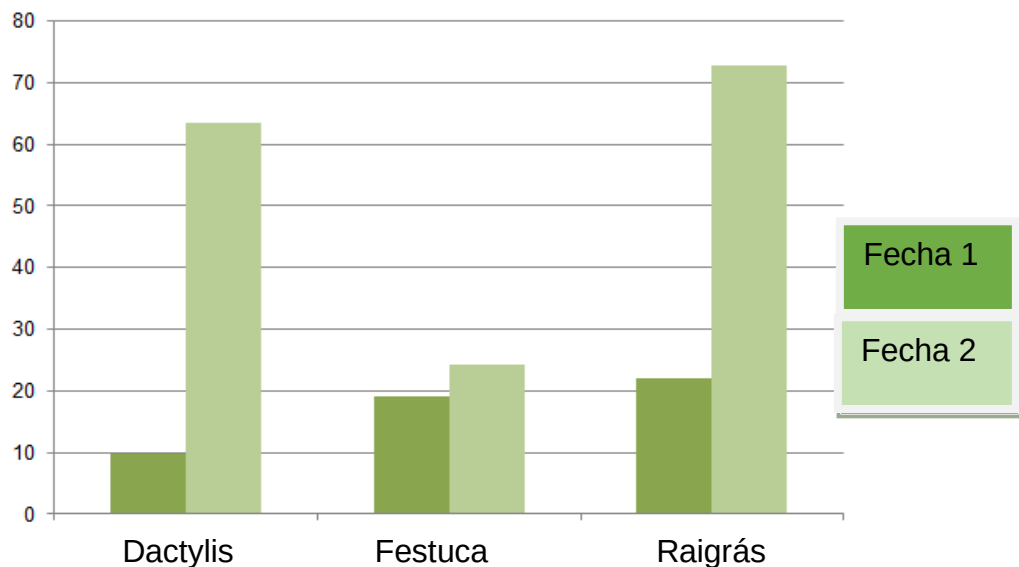
Los coeficientes de variación observados para la variable “peso aéreo” de *Trifolium repens*, en el ensayo a cielo abierto fueron en la fecha 1, 50,66% mientras que en la fecha 2 el C.V. se eleva a 84,98%.

El estudio de ANOVA realizado para los 60 y 120 días post siembra del peso aéreo de *Trifolium repens* no brindaron evidencias estadísticas suficientes para confirmar la existencia de algún tratamiento significativamente distinto. La prueba de Fisher lo confirmo.

Tabla 24. Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de *Trifolium repens* a cielo abierto (Kg/ha)

Tratamiento	FECHA 1	FECHA 2
<i>D. glomerata</i>	9,73	63,47
<i>F. arundinacea</i>	19,03	24,35
<i>L. perenne</i>	22,13	72,80

Gráfico 13. Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de *Trifolium repens* a cielo abierto (Fecha 1: 60 DPS, Fecha 2: 120 dps)



La producción promedio por hectárea de MS aérea parte aérea de *Trifolium repens* a cielo abierto, muestra una mejor tendencia en la fecha 1 para el tratamiento raigrás mientras que el peor se observa en el tratamiento Dactylis. Para la Fecha 2 la tendencia es mejor en el tratamiento Festuca seguido por el tratamiento raigrás y nuevamente la peor, para el tratamiento Dactylis.

4.3.5. Estudio de las medias de la variable “Peso parte aérea” a través de los intervalos de confianza para leguminosas

Al igual que para las gramíneas se estudiaron las medias y se calcularon los respectivos intervalos de confianza (con un 95% de confianza) de las variables “peso aéreo”, “peso radicular”, “peso total” y “relación PR/PA”. Con estos cálculos se pretende dirimir posibles diferencias entre las variables en la especie en los dos ambientes estudiados y entre las especies estudiadas.

Al estudiar los intervalos de confianza (IC con 95% de confianza) se vio que, en todos los casos, el peso aéreo de las leguminosas a cielo abierto fue superior al peso aéreo de las leguminosas bajo el dosel.

4.3.6. Evaluación del peso aéreo de gramíneas evaluadas (*Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*) a los 60 y 120 días post siembra bajo el dosel del bosque

Del análisis de la variabilidad del peso aéreo de las gramíneas estudiadas a los 60 días post siembra, se desprende un valor de C.V. de 60.45%.

Del análisis de ANOVA no se desprende evidencia estadística para confirmar la existencia de diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Al realizar la prueba de Fisher y el cálculo del DMS se obtuvieron los datos presentados en la siguiente tabla, donde se *Lolium perenne* se posiciono con la mayor producción de peso aéreo y *Festuca arundinacea* con la menor producción.

Tabla 25. Medias y clasificación de los tratamientos en la medición a los 60 días del peso aéreo de las gramíneas en estudio, bajo el dosel del bosque (gr/pl.)

Tratamiento	Media	
<i>L. perenne</i>	0,03	A
<i>D. glomerata</i>	0,02	A B
<i>F. arundinacea</i>	0,01	B

Nota: $\alpha = 0,05$ DMS = 0,01661 Los tratamientos con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí.

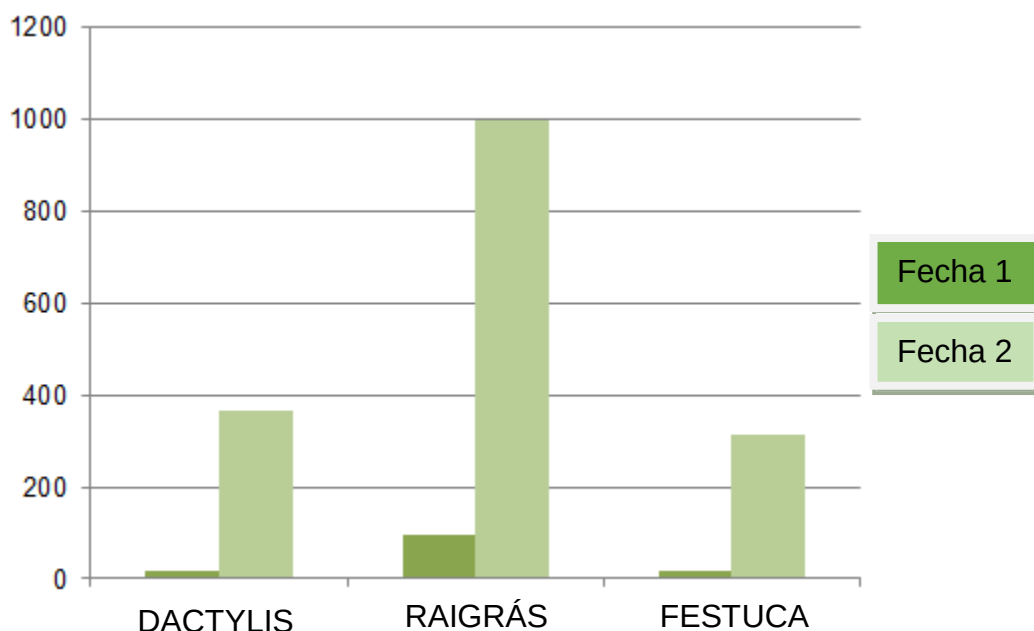
A los 120 días post siembra el peso de la parte aérea presento un C.V. de 124,97%.

El ANOVA no permitió confirmar la existencia de diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. La prueba de Fisher lo confirmó.

Tabla 26. Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de gramíneas estudiadas (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) bajo el dosel del bosque

Parte aérea	60 dps	120 dps
<i>D. glomerata</i>	17,05	363,58
<i>L. perenne</i>	96,13	997,54
<i>F. arundinacea</i>	16,85	313,20

Gráfico 14. Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de gramíneas estudiadas (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) bajo el dosel del bosque



Estudiando las medias de producción por hectárea de las gramíneas, se observa que en ambas fechas la gramínea que tendió a producir más forraje (MS) fue *Lolium perenne*. Las diferencias entre las tendencias de los otros dos tratamientos indica que no existen diferencias importantes entre ellos, por lo que se puede decir que las especie que mejor se comporta es el *Lolium perenne*

4.3.7. Evaluación del peso parte aérea de gramíneas (*Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*) a los 60 y 120 días post siembra a cielo abierto

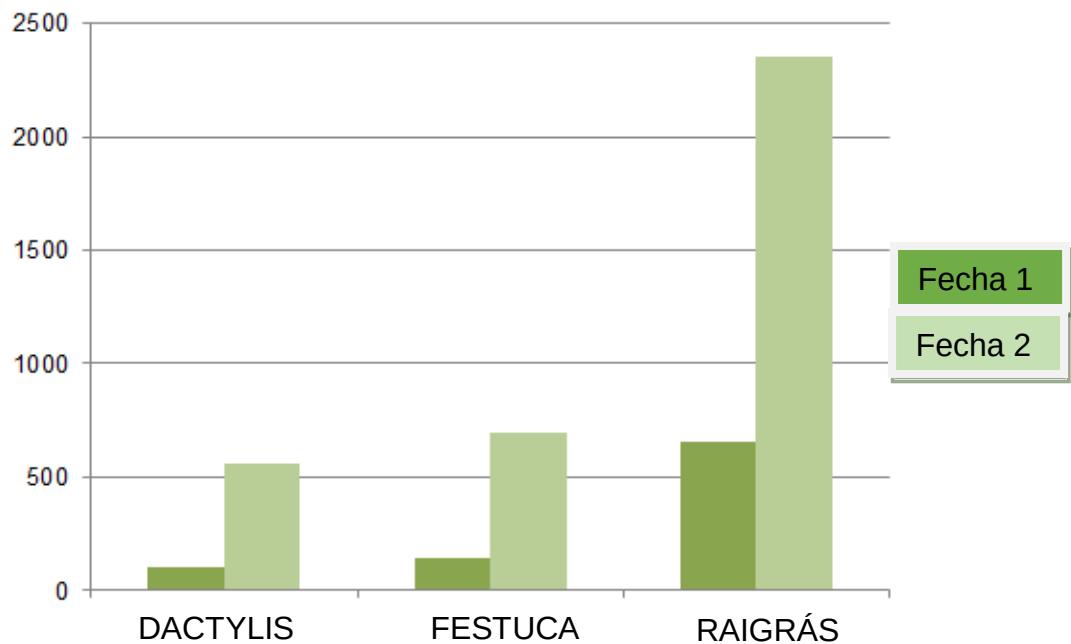
Los coeficientes de variación del peso aéreo para la fecha 1 es de 62,07% y para la fecha 2 es de 41,97%.

El ANOVA no brinda evidencia estadística para confirmar la existencia de tratamientos estadísticamente distintos. Para confirmar la no existencia de diferencias significativas entre tratamientos, se realizó una prueba de Fisher, tampoco constato diferencias significativas entre tratamientos en ninguna de las instancias de medición.

Tabla 27. Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de gramíneas estudiadas (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) a cielo abierto (kg/ha)

Tratamiento	FECHA 1	FECHA 2
<i>D. glomerata</i>	102,31	561,83
<i>F. arundinacea</i>	142,88	698,54
<i>L. perenne</i>	657,38	2350,5

Gráfico 15. Producción promedio de materia seca aérea por hectárea de gramíneas estudiadas (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) a cielo abierto (Kg/ha)



4.3.8. Estudio de las medias de las variables “Peso parte aérea” a través de los intervalos de confianza gramíneas

Para la variable “peso parte aérea”, para ambas fechas, la media por planta fue superior en el ambiente “a cielo abierto” que “debajo del dosel”. La superioridad queda confirmada con un 95% de confianza gracias a los intervalos de confianza calculados para las medias de la variable. La media más alta para la parte aérea, en la fecha 1 (60 días post siembra) fue de 0,13gr/pl. “a cielo abierto” para la especie *Lolium perenne*, la más elevada “bajo el dosel” fue también para *L. perenne* de 0,03gr/pl. En la fecha 2 (120 días post siembra), nuevamente las medias más elevadas para ambos ambientes fue para la especie *Lolium perenne* (debajo del dosel fue de 0,29gr/pl. y 0,66gr/pl. para las plantas que crecieron a cielo abierto).

Acle Mautone y Clement (2004), encontraron que las gramíneas estudiadas (*Phalaris aquatica* cv. *E. Urunday*, *Festuca arundinacea* cv. *E. Tacuabé*, *Dactylis glomerata* cv. *INIA Oberón*, *Bromus auleticus* cv. *Potrillo*) alcanzaron, en promedio un peso aéreo por planta de 0,159 gr/planta a los 89 días post siembra.

4.4. EVALUACIÓN DEL PESO RADICULAR

4.4.1. Evaluación de peso radicular de *Lotus corniculatus* bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra

Los coeficientes de variación de la variable “Peso de la parte radicular” *Lotus corniculatus* para la fecha 1 es de 26,42% ascendiendo en la fecha 2 a 64,57%.

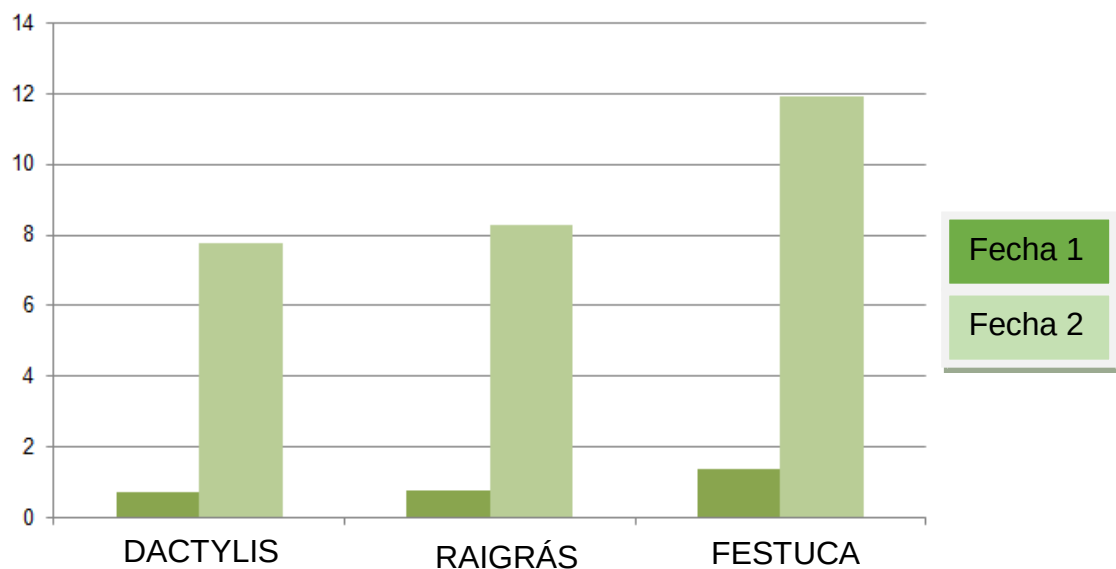
Al realizar el estudio de ANOVA, para el peso radicular de *Lotus corniculatus* bajo el dosel del bosque, a los 60 días post siembra, no se obtuvo suficiente evidencia estadística para confirmar la existencia de al menos un tratamiento distinto a los demás. Al realizar la prueba de Fisher y calcular la DMS, se pudo discernir que *T. repens* acompañada con *Festuca arundinacea* posee un peso radicular superior que la misma especie acompañada de las otras dos de gramíneas utilizadas.

Para igual variable, a los 120 dps, al realizar el estudio de ANOVA no se pudo confirmar la existencia de algún tratamiento estadísticamente distinto. La prueba de Fisher confirmo lo anterior.

Tabla 28. Producción promedio de materia seca por hectárea de masa radicular de *Lotus corniculatus* (kg/ha)

Parte radicular	60 DPS	120 DPS
<i>D. glomerata</i>	0,71	7,78
<i>L. perenne</i>	0,78	8,27
<i>F. arundinacea</i>	1,38	11,94

Gráfico 16. Producción promedio de materia seca por hectárea de masa radicular de *Lotus corniculatus* (kg/ha)



La tendencia mostrada en el estudio de medias marca a el tratamiento Festuca, en ambas, como el tratamiento en el que *T. repens* habría producido mayor materia seca radicular. En ambas fechas se observa también, la

tendencia a que el tratamiento Dactylis muestre la menor producción de materia seca radicular.

4.4.2. Evaluación del peso radicular de *Lotus corniculatus* a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra

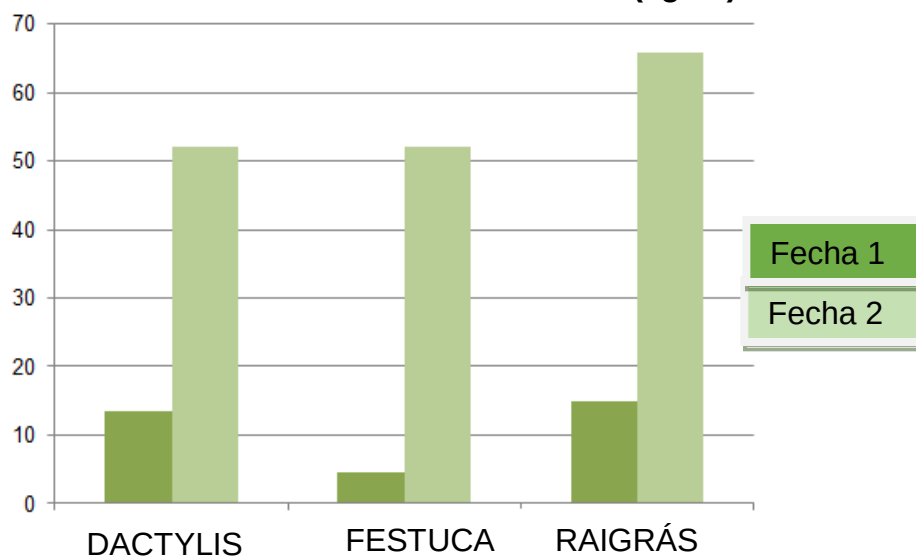
El coeficiente de variación para la fecha 1 es de 42,30% y para la fecha 2 de 34,33%.

Para ambas fechas, el estudio de ANOVA no brindó suficiente evidencia estadística para afirmar la existencia de al menos un tratamiento estadísticamente distinto. La prueba de Fisher tampoco produjo evidencia para confirmar la existencia de algún tratamiento que difiera.

Tabla 29. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de *Lotus corniculatus* a cielo abierto (kg/há)

Tratamiento	FECHA 1	FECHA 2
Dactylis	13,40	52,00
Festuca	4,57	52,00
Raigrás	14,90	65,87

Gráfico 17. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de *Lotus corniculatus* a cielo abierto (kg/ha)



Al estudiar las medias de producción de materia seca radicular, se observa una clara tendencia del tratamiento “Festuca” a ser producir menos.

Para la fecha 2, la tendencia del tratamiento “raigrás” a producir más materia seca radicular por hectárea que los otros tratamientos, es clara.

4.4.3. Evaluación de peso radicular de *Trifolium repens* bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra

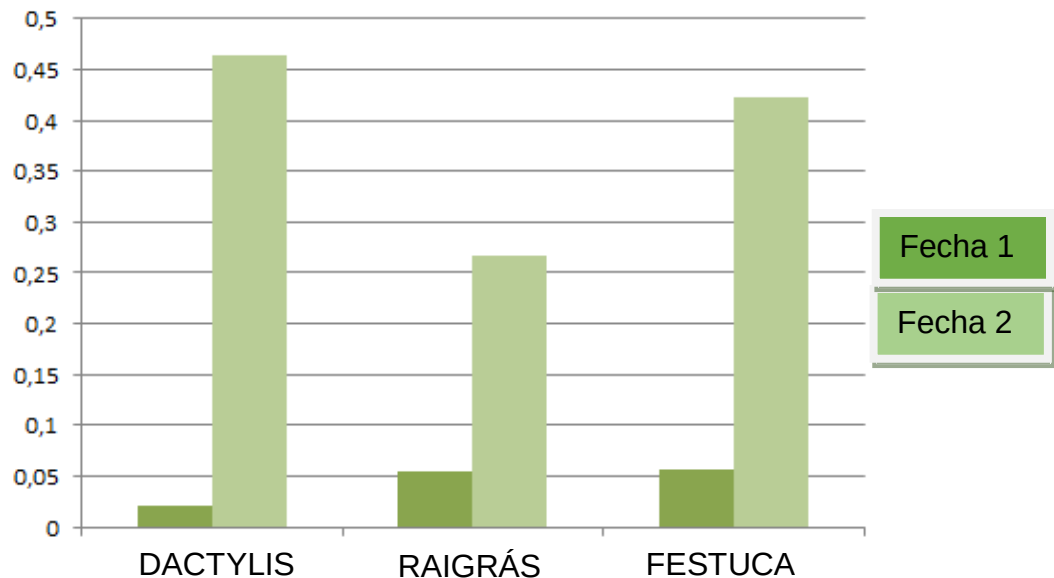
Bajo el dosel del bosque la variable “peso radicular” presenta los siguientes coeficientes radicales: fecha 1: 51,29% y fecha 2: 56.54%. fue elevado, dando coeficientes de variación del orden de 51.29% en la fecha 1 y de 56.54% en la fecha 2.

El ANOVA no presentó suficiente evidencia estadística para confirmar la existencia de algún tratamiento diferente a los demás, para ninguna de las instancias de medición. La prueba de Fisher lo confirmo, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en ningún caso.

Tabla 30. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de *Trifolium repens* bajo el dosel del bosque (kg/há)

Parte radicular	FECHA 1	FECHA 2
Dactylis	0,02	0,46
Raigrás	0,05	0,27
Festuca	0,05	0,42

Gráfico 18. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de *Trifolium repens* bajo el dosel del bosque (kg/há)



Al no encontrarse diferencias significativas entre tratamientos para peso radicular por planta, se recurrió al estudio de la producción de MS por hectárea por fecha y por tratamiento.

Para la fecha 1, se observa una tendencia del tratamiento Dactylis es a ser inferior a los otros dos tratamientos, sin embargo, para la fecha 2 el tratamiento Dactylis presenta una tendencia a una mayor producción seguido por el tratamiento Festuca y finalmente el tratamiento raigrás.

Analizando los valores de cuadro se observan valores de producción realmente bajos, siendo los máximos de medio kg/ha de MS (raigrás y Festuca) y alrededor de 200gr en para el tratamiento Dactylis.

4.4.4. Evaluación del peso radicular de *Trifolium repens* a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra

Los coeficientes de variación para la fecha 1 es de 71,42% y para la fecha 2 es de 50,05%.

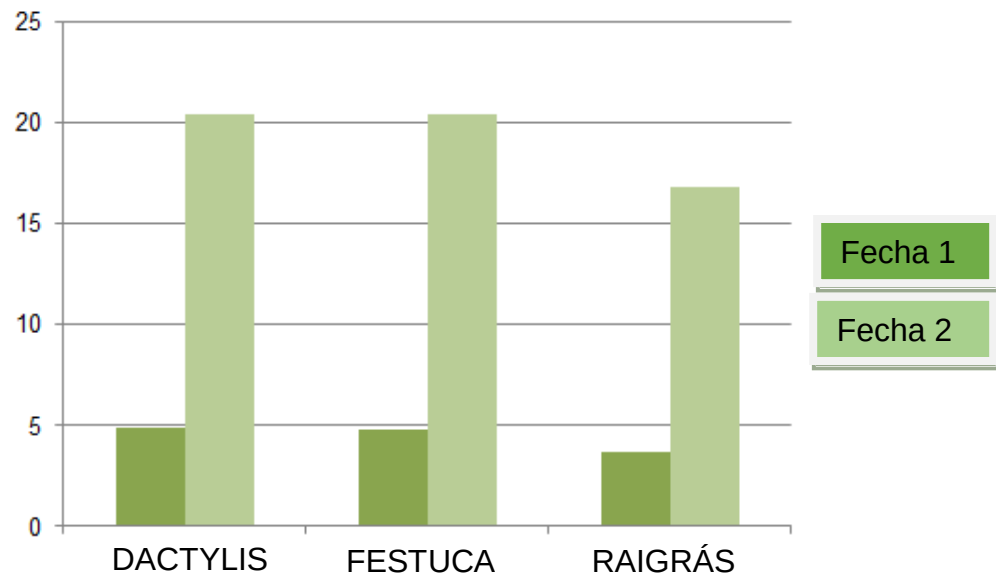
Al igual que para la variable “peso parte aérea”, la variable “peso radicular” no muestra diferencias significativas al realizar ni la prueba de ANOVA (fecha 1: $p\text{-valor} = 0,6293 > \alpha = 0,05$, no rechazo H_0 con α probabilidad de

cometer error de tipo I; fecha 2: $p\text{-valor} = 0,7942 > \alpha = 0,05$, no rechazo H_0 con α probabilidad de cometer error de tipo I) ni la Prueba de Fisher, para ninguna de ambas fechas.

Tabla 31. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de *Trifolium repens* a cielo abierto (kg/ha)

Tratamiento	FECHA 1	FECHA 2
Dactylis	4,87	20,40
Festuca	4,75	20,40
Raigrás	3,70	16,80

Gráfico 19. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de *Trifolium repens* a cielo abierto (kg/ha)



El peso de la parte radicular muestra una tendencia de paridad en todos los tratamientos, siendo de todos modos la performance más baja asociada al tratamiento raigrás, esto puede deberse en parte a la gran agresividad del raigrás, aunque juntas formen praderas de elevada calidad (Carámbula, 2002).

4.4.5. Estudio de las medias de la variable “Peso radicular” a través de los intervalos de confianza para leguminosas

La variable “peso aéreo” presentó mayores medias para ambas especies, para ambas fechas, en el ambiente “a cielo abierto”, lo mismo fue corroborado por los intervalos de confianza, con un 95% de certeza.

Entre ambas leguminosas, *Trifolium repens* obtuvo mayores medias que *Lotus corniculatus* en ambos ambientes, en ambas fechas.

En el estudio del efecto de la fertilización fosfatada sobre el peso aéreo de *Lotus glaber*, Silveira (2005), encontró que el peso promedio aéreo por planta, a los 120 días post siembra, fue de 0.556 gramos por planta, superando por mucho las medias obtenidas. *Trifolium repens*, a su vez, en el mismo estudio alcanzó un peso aéreo de 0.508 gramos por planta, en iguales condiciones, lo que no coincide con los resultados obtenidos en este estudio.

4.4.6. Evaluación del peso radicular de gramíneas evaluadas (*Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*) a los 60 y 120 días post siembra bajo el dosel del bosque (gr/pl.)

Al analizar la variabilidad del peso de la parte radicular de las gramíneas, en la fecha 1, el CV fue de 65,14%.

El estudio de ANOVA para la fecha 1, no brindó evidencia para confirmar la existencia de algún tratamiento estadísticamente diferente. La prueba de Fisher lo confirmó.

Al realizar el estudio del ANOVA, para la fecha 2, no se encontró evidencia estadística suficiente para confirmar la existencia de un tratamiento distinto.

Para confirmar lo anterior, se realizó la prueba de Fisher y se encontró diferencias significativas entre el peso radicular de *Lotus* acompañado con la gramínea *Dactylis glomerata* y el tratamiento acompañado con *Festuca arundinacea*, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento con *Lolium perenne* con ninguno de los anteriores.

Tabla 32. Medias y clasificación de los tratamientos en la medición a los 120 días del peso radicular de las gramíneas en estudio, bajo el dosel del bosque (gr/pl.)

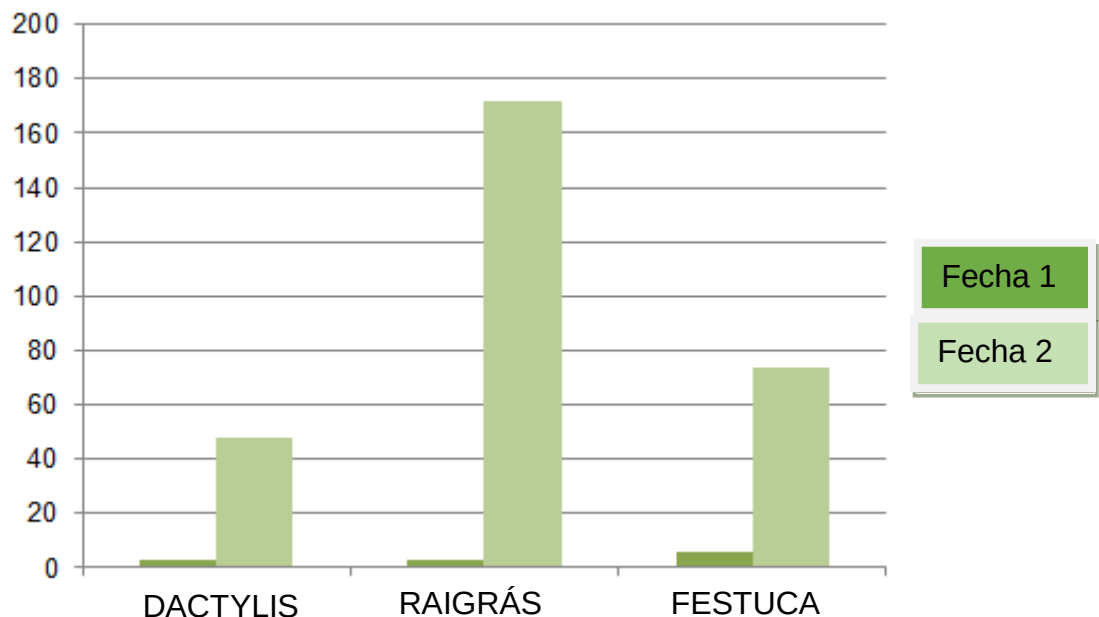
Tratamiento	Media	
Dactylis	0,07	A
Raigrás	0,05	A B
Festuca	0,04	B

Nota: $\alpha=0.05$ DMS=0.02857 Error=0.0005 gl=13 Los tratamientos con letras diferentes son significativamente diferentes.

Tabla 33. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de gamines estudiadas (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) bajo el dosel del bosque (kg/há)

Parte Radicular	FECHA 1	FECHA 2
Dactylis	2,98	48,02
Raigrás	3,21	171,99
Festuca	5,73	73,70

Gráfico 20. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de gamines estudiadas (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) bajo el dosel del bosque (gr/pl.)



4.4.7. Evaluación del peso radicular de gramíneas (*Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*) a los 60 y 120 días post siembra a cielo abierto (gr/pl.)

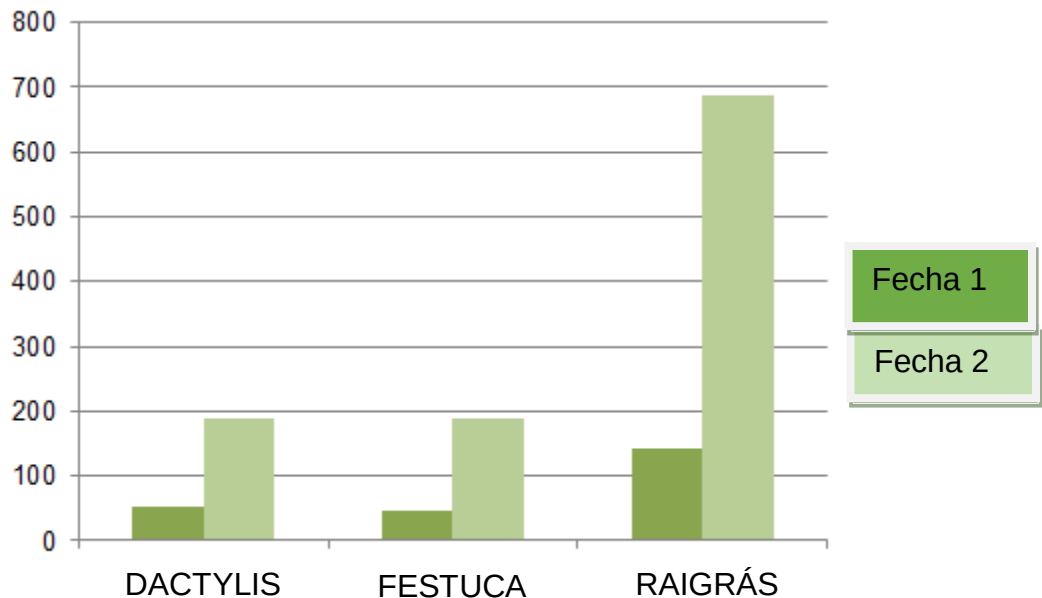
La variabilidad del peso aéreo expresada por el C.V. fue para la fecha 1 de 57,71% y para la fecha 2 de 70,42.

El estudio de ANOVA no brinda suficiente evidencia estadística para confirmar la existencia de algún tratamiento que difiera. Con la prueba de Fisher se comprobó la no existencia de diferencias significativas entre tratamientos, para ninguna de las fechas.

Tabla 34. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de gramíneas estudiadas (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) a cielo abierto (kg/ha)

TRATAMIENTO	FECHA 1	FECHA 2
Dactylis	51,16	187,28
Festuca	47,63	187,28
Raigrás	143,47	687,08

Gráfico 21. Producción promedio de materia seca radicular por hectárea de gramíneas estudiadas (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) a cielo abierto (kg/ha)



4.4.8. Estudio de las medias de la variable “Peso radicular” a través de los intervalos de confianza para las gramíneas

El peso de la parte radicular fue otra de las variables estudiadas, buscando lograr una aproximación a la cantidad y calidad del arraigamiento de las especies estudiadas.

En la fecha 1 el estudio arrojó las medias más elevadas en ambos ambientes, para la especie *Lolium perenne* (a cielo abierto 0,04gr/pl. y bajo el dosel la media más alta fue 0,01gr/pl.). Al revisar los resultados es importante destacar que la especie con peor arraigamiento fue *Festuca arundinacea* (a cielo abierto 0,02gr/pl. y bajo el dosel fue 3,4E-03gr/pl.).

La fecha 2 mostró que *Dactylis glomerata* fue la que mostró mayor media, seguida por *Lolium* y por último *Festuca arundinacea*, sin embargo, los intervalos de confianza se solapan por lo que no se puede afirmar que alguno es efectivamente superior, al estudiar la relación PR/PA se podrá tener una idea más clara de que planta se arraigó mejor.

Acle y Clement (2004), encontraron que el peso radicular alcanzado por las gramíneas *Phalaris aquatica* cv. *E. Urunday*, *Festuca arundinacea* cv. *E. Tacuabé*, *Dactylis glomerata* cv. *INIA Oberón*, *Bromus auleticus* cv. *Potrillo*, alcanzaron un peso radicular promedio, a los 89 días post siembra, de 0.055 gr/planta. Similares pesos se encontraron a los 120 días post siembra en las gramíneas estudiadas bajo el dosel arbóreo. A cielo abierto los pesos fueron superiores.

4.5. EVALUACIÓN DEL PESO TOTAL

4.5.1. Evaluación de peso total de *Lotus corniculatus* bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra

El coeficiente de variación para la variable “Peso total” para la fecha 1 fue de 37,95% y para la fecha 2 fue de 64,44%.

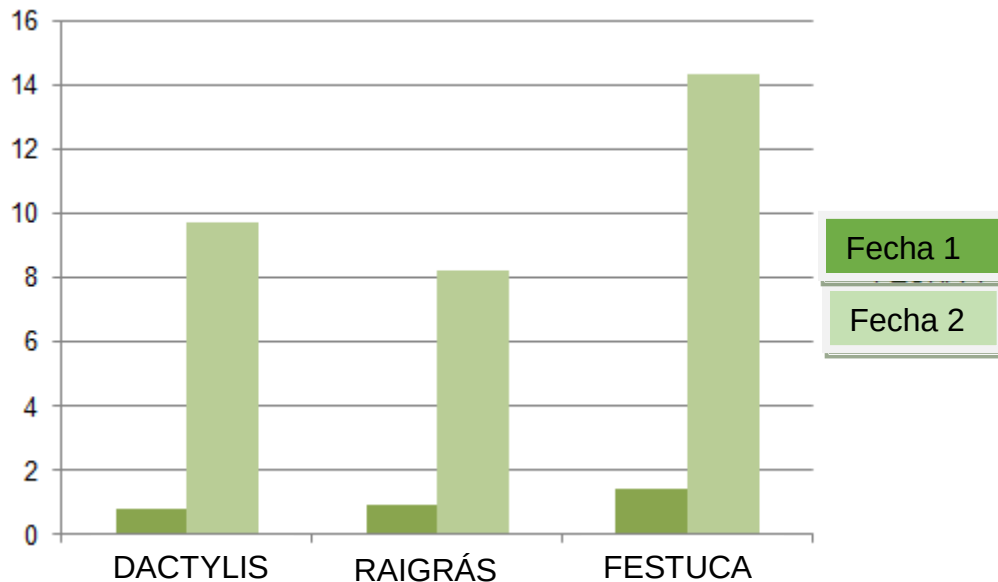
Al realizar el estudio de ANOVA, no se encontró suficiente evidencia estadística para confirmar la existencia de al menos un tratamiento significativamente distinto a los otros, en ninguna de las dos fechas analizadas.

Con el Test de Fisher y el cálculo de la mínima diferencia significativa, tampoco fue posible encontrar algún tratamiento significativamente diferente a los demás, para ninguna de las fechas.

Tabla 35. Producción de materia seca total de *Lotus corniculatus* por hectárea (kg/ha)

Peso total	FECHA 1	FECHA 2
Dactylis	0,82	9,72
Raigrás	0,94	8,27
Festuca	1,41	14,33

Gráfico 22. Producción de materia seca total de *Lotus corniculatus* por hectárea (kg/ha)



Debido a la imposibilidad de identificar diferencias significativas en el estudio estadístico, se realizó el estudio de medias de producción de MS total/ha, a los 60 y 120 días. Al observar el gráfico, es posible evidenciar una tendencia de superioridad en el peso total de *Lotus corniculatus*, en el tratamiento Festuca, en las dos instancias de medición. En cuanto a los otros tratamientos se observa que en la fecha 1 el tratamiento raigrás tendió a ser superior al tratamiento Dactylis y en la fecha 2 la situación se invierte.

4.5.2. Evaluación del peso total de *Lotus corniculatus* a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra

Los coeficientes de variación para la variable “Peso total” de la fecha 1 es 33.52% y para la fecha 2 es 28.04%.

El ANOVA no brindó suficiente evidencia estadística para confirmar la existencia de al menos un tratamiento diferente, para ninguna de las fechas.

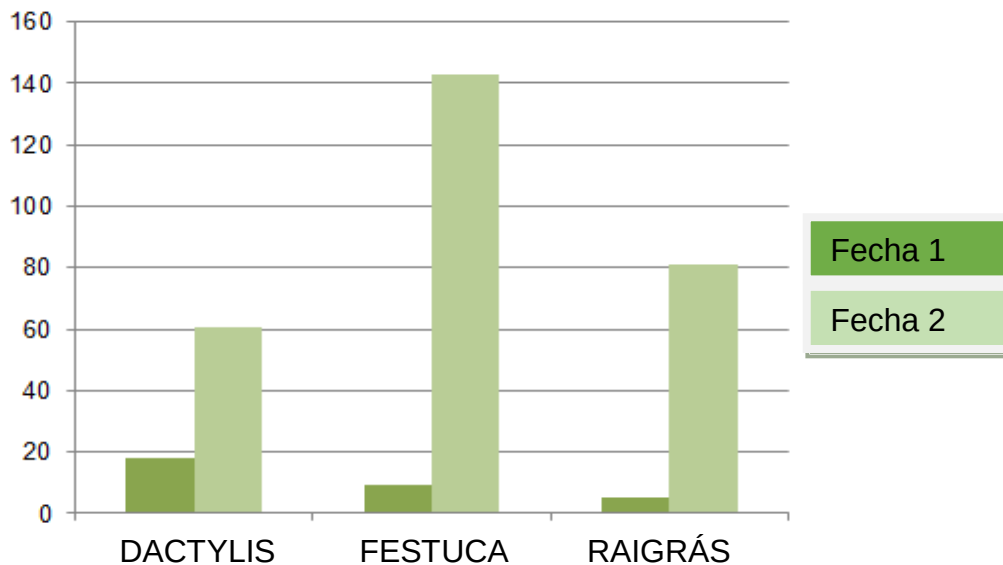
Se realizó el test de Fisher y el cálculo de la mínima diferencia significativa, para ambas fechas, lo que no permitió detectar algún tratamiento distinto a los demás.

Tabla 36. Producción promedio de materia seca total por hectárea de *Lotus corniculatus* a cielo abierto (kg/ha)

Tratamiento	FECHA 1	FECHA 2
Dactylis	17,87	60,67
Festuca	9,13	142,93
Raigrás	4,97	81,07

El estudio de medias de producción por hectárea revela que en la fecha 1, una tendencia de *Lotus corniculatus* a producir mayor peso total acompañado por *Dactylis glomerata*, siendo la media casi cuatro veces superior al tratamiento inferior (*Lotus* acompañado por *Lolium perenne*). En la fecha 2, la tendencia a producir mayor peso total es de *Lotus corniculatus* acompañado por *Festuca arundinacea*, produciendo 143 kg MS/ha. *Lolium* produjo, en promedio, 81 kg MS/ha cuando fue acompañado por *Lolium perenne* y 61KgMS/ha cuando la gramínea acompañante fue *Dactylis glomerata*.

Gráfico 23. Producción promedio de materia seca total por hectárea de *Lotus corniculatus* a cielo abierto (kg/ha)



4.5.3. Evaluación de peso total de *Trifolium repens* bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra (gr/pl.)

A los 60 días post siembra el peso total de *Trifolium repens* fue de 21.61%, la variabilidad de este factor puede estar afectada por la variabilidad tan elevada del peso radicular, ya que la misma es el resultado de la suma de las variables “peso radicular” y “peso aéreo”.

Tanto el ANOVA, como a Prueba de Fisher no detectaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

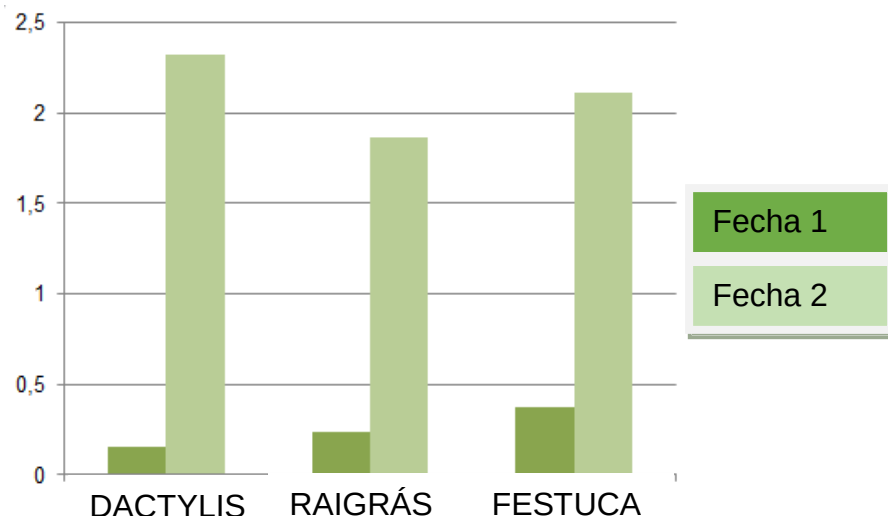
El CV del peso total de *Trifolium repens* a los 120 dps es de 61,27%.

Tanto el ANOVA, como la prueba de Fisher no detectaron diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 37. Producción promedio de materia seca total por hectárea de *Trifolium repens* bajo el dosel del bosque (gr/pl.)

Peso total	FECHA 1	FECHA 2
Dactylis	0,16	2,32
Raigrás	0,23	1,87
Festuca	0,38	2,11

Gráfico 24. Producción promedio de materia seca total por hectárea de *Trifolium repens* bajo el dosel del bosque (kg/ha)



Al igual que para las variables “peso aéreo” y “peso radicular”, para la fecha 1, el tratamiento en el que *Trifolium repens* fue acompañado por *Festuca arundinacea*, tendió a producir la mayor cantidad de peso total por planta, mientras que el acompañado por *Dactylis glomerata* tendió a producir un peso total claramente inferior. Sin embargo, se repite nuevamente que en la fecha 2, el peso radicular de *T. repens* tiende a superar a los otros dos tratamientos.

La producción de MS por hectárea está claramente afectada por el peso promedio individual de la planta, sin embargo, el otro factor que más afecta es el número promedio de plantas por hectárea.

4.5.4. Evaluación del peso total de *Trifolium repens* a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra (gr/pl.)

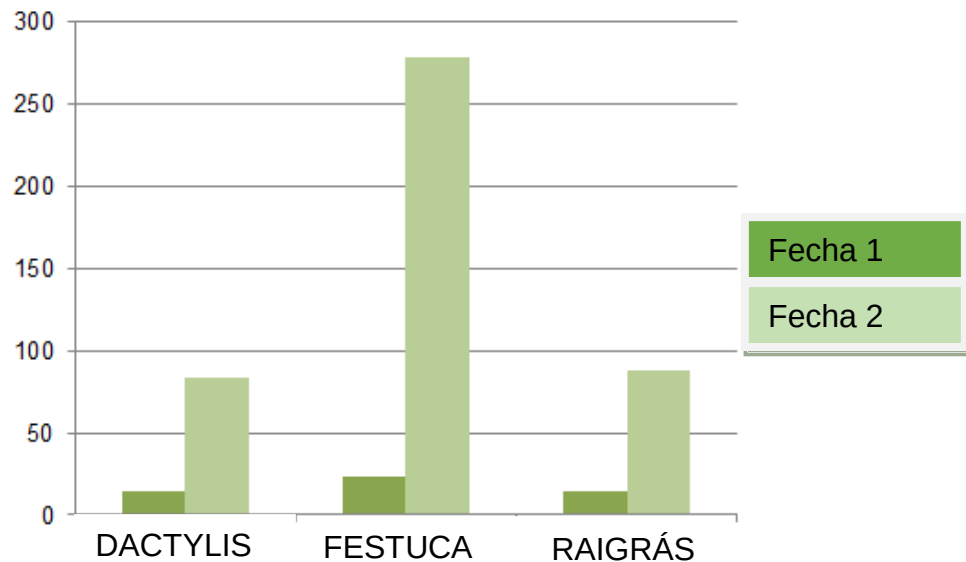
Los coeficientes de variación para la variable “peso total” de *T. repens* fue de 55,05 en la fecha 1 y de 77,69 en la fecha 2.

Como era de esperarse, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las fechas estudiadas al realizarse las pruebas de ANOVA y la prueba de Fisher.

Tabla 38. Producción promedio de materia seca total por hectárea de *Trifolium repens* a cielo abierto (kg/há)

Tratamiento	FECHA 1	FECHA 2
Dactylis	14,6	83,87
Festuca	23,79	278,67
Raigrás	14,8	87,73

Gráfico 25. Producción promedio de materia seca total por hectárea de *Trifolium repens* a cielo abierto (kg/há)



En la fecha 1, la tendencia a producir mayor peso total por planta se da en el tratamiento en el que *T. repens* se encuentra asociado a *F. arundinacea*.

En esta situación se observa, una clara tendencia a la superioridad se observa en el tratamiento Festuca para la fecha 2.

El coeficiente de variación es de 60,67%.

A realizar el análisis de ANOVA y estudiar sus resultados, no se encontraron evidencias estadísticas para confirmar la existencia de al menos un tratamiento distinto.

Para confirmar las conclusiones obtenidas en el análisis de ANOVA, se realizó la prueba de Fisher y se calculó la mínima diferencia significativa (DMS). En esta prueba mostró que se obtuvieron resultados que contradicen lo concluido en ANOVA, es decir que existen tratamientos diferentes. A los 60 dps la gramínea que produjo mayor peso total bajo el dosel del bosque fue *Lolium perenne* y la que menos produjo fue *Festuca arundinacea*. No se encontró evidencia significativa para afirmar que *Dactylis glomerata* difiriera con alguna de las otras dos gramíneas en el peso total.

Tabla 39. Medias y clasificación de los tratamientos en la medición a los 60 días del peso total de las gramíneas en estudio, bajo el dosel del bosque (gr/pl.)

Tratamiento	Media	
Raigrás	0,04	A
Dactylis	0,02	A B
Festuca	0,02	B

Nota: $\alpha=0.05$ DMS=0.02018 Error=0.0003 gl=13 Los tratamientos con letras diferentes son significativamente diferentes.

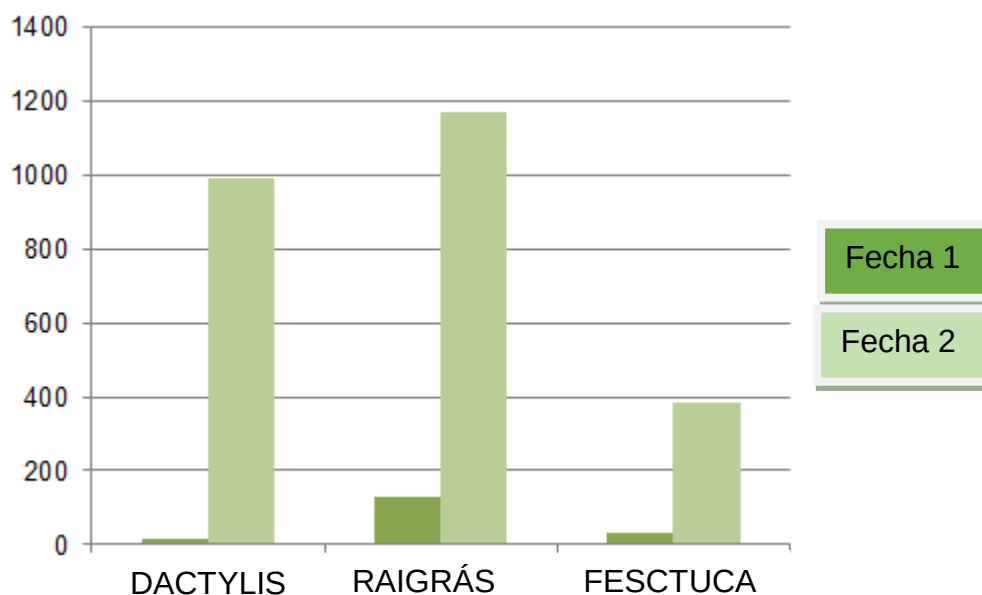
El peso total, para la fecha 2, mostro un C.V. de 111.25%, influenciado seguramente por la variabilidad del peso de la parte aérea.

Al analizar el ANOVA, no produjo pruebas suficientes para confirmar la existencia de al menos un tratamiento estadísticamente distinto. Se confirmó lo anterior al realizar una prueba de Fisher.

Tabla 40. Producción promedio de materia seca total por hectárea de gamines estudiadas (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) bajo el dosel del bosque (gr/pl.)

Peso total	FECHA 1	FECHA 2
Dactylis	17,05	993,72
Raigrás	128,18	1169,53
Festuca	33,71	386,90

**Gráfico 26. Producción promedio de materia seca total por hectárea de
gamines estudiadas (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) bajo el dosel del bosque
(kg/ha)**



4.5.5. Evaluación del peso total de gramínea (*Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*) a los 60 y 120 días post siembra a cielo abierto (gr/pl.)

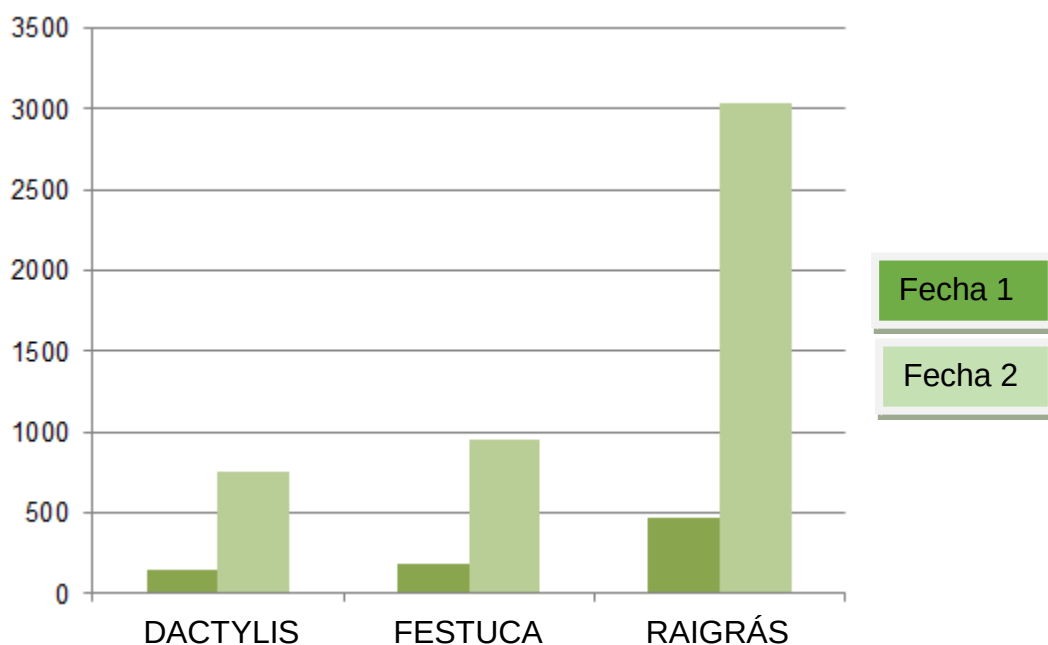
El peso total presenta una variabilidad cercana al 50% en la fecha 1 y 60.27% en la fecha 2.

La evidencia estadística obtenida en el ANOVA no fue suficiente para afirmar la existencia de al menos un tratamiento distinto a los demás. La prueba de Fisher lo confirmó.

Tabla 41. Producción promedio de materia seca total por hectárea de gramíneas estudiadas (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) a cielo abierto (kg/ha)

Tratamiento	FECHA 1	FECHA 2
Dactylis	153,47	749,11
Festuca	190,51	952,56
Raigrás	466,28	3037,61

Gráfico 27. Producción promedio de materia seca total por hectárea de gramíneas estudiadas (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne*) a cielo abierto (kg/ha)



4.5.6. Estudio de las medias de la variable “Peso total” a través de los intervalos de confianza gramíneas

Para la variable “peso total”, como era de esperarse, según lo visto en el estudio de las dos variables involucradas, las medias de los pesos de las plantas (de la misma especie) que crecieron a cielo abierto, fueron superiores a las medias de los pesos de las plantas que crecieron bajo el dosel arbóreo. Lo anterior también fue confirmado por el estudio de los intervalos de confianza de las medias de las variables.

Al diferenciar los pesos totales de las especies estudiadas, *Lolium perenne* fue la que presentó una tendencia a tener el mayor peso total.

Sumando los pesos promedios aéreos y radiculares, encontrados por Aclé y Clement (2004), el peso seco total promedio por planta de las gramíneas estudiadas por dichos autores fue de 0,21 gr/planta (89 días post siembra), difiriendo por mucho del peso total promedio de las plantas de gramíneas registrados en este estudio, a los 60 días post siembra, a cielo abierto y bajo el dosel del bosque, que fue de 0,07 gr/planta. Estos valores son menores, por poco, al peso total promedio por planta de gramínea, obtenido bajo el dosel del bosque, a los 120 días post siembra, que fue de 0,3 gr/planta. A cielo abierto el peso total promedio por planta fue de 0,61 gr/planta lo que supera por mucho a los datos obtenidos por autores citados.

4.6. EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN PESO RADICULAR/PESO AÉREO

4.6.1. Evaluación de la relación peso radicular/peso aéreo de *Lotus corniculatus* bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra (gr/pl.)

La relación peso radicular peso aéreo para *Lotus corniculatus* tanto para los 60 como para los 120 dps (días post siembra), presentó una variabilidad del orden del 30%.

El estudio de ANOVA y la prueba de Fisher no permitieron encontrar diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, es decir que estadísticamente no puedo afirmar la existencia de al menos un tratamiento que posea una relación peso radicular/peso aéreo distinta. *Lotus corniculatus* posee,

bajo el dosel del bosque, una relación peso radicular/peso aéreo similar en todos los tratamientos en ambas fechas.

4.6.2. Evaluación de la relación parte radicular/peso aéreo de *Lotus corniculatus* a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra (gr/pl.)

Para la fecha 1 esta variable presento un C.V. de 33.03%, mientras que la fecha 2 posee un CV de 33,73%).

El ANOVA no permitió detectar la existencia de diferencias significativas entre tratamientos, la prueba de Fisher lo confirmo para ambas fechas.

4.6.3. Evaluación de la relación peso radicular/peso aéreo de *Trifolium repens* bajo el dosel del bosque a los 60 y 120 días post siembra

La relación entre peso radicular/peso aéreo presenta una variabilidad con un CV=38.07% en la fecha 1 disminuyendo a 16.12% en la fecha 2.

La relación entre el peso de la parte radicular y el peso de la parte aérea no presenta diferencias significativas entre tratamientos, para ninguna de las fechas estudiadas, tras realizar el análisis de ANOVA y el test de Fisher y cálculo de DMS. Este resultado era esperable debido a que, se encontraron diferencias significativas solamente en el peso aéreo para la fecha 1, en la fecha 2, para igual variable, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. El otro componente de la relación, “peso de la parte radicular”, no presento diferencias significativas para ningún tratamiento en ninguna de las fechas estudiadas.

4.6.4. Evaluación de la relación peso radicular/peso aéreo de *Trifolium repens* a cielo abierto a los 60 y 120 días post siembra

La variabilidad de la relación estudiada en la fecha 1 posee un CV=19.90% y en la segunda medición aumenta a CV=34.70%.

Tanto el ANOVA como a Prueba de Fisher no detectaron diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las fechas.

4.6.5. Estudio de las medias de la relación “Peso radicular /Peso parte aérea” de leguminosas a través de los intervalos de confianza

Al estudiar las medias de las relaciones PR/PA de las leguminosas, se observa que *Lotus corniculatus* presentó mayor relación PR/PA que *Trifolium*

repens, esto puede deberse a que proporcionalmente la raíz ocupa una mayor parte que la parte aérea. La relación PR/PA dentro del bosque es mayor que fuera del mismo, lo que señala que a cielo abierto la planta pudo dedicar más recursos al desarrollo de la parte aérea y las plantas son más equilibradas que bajo el dosel.

Silveira (2005), registró, para *Lotus glaber*, una relación Peso radicular/Peso aéreo promedio de 0,27 difiriendo enormemente a los encontrados en el trabajo para *Lotus corniculatus* en ambas fechas evaluadas; a los 120 días post siembra, alcanzó relaciones promedio de 5,97 bajo el dosel y 4,58 a cielo abierto.

En el mismo trabajo, a pesar de que no se presenta el dato de relación peso radicular/peso aéreo, se lo puede calcular en base a los datos obtenidos de la misma, dando una relación promedio de 0,23, siendo estos muy similares a los encontrados en el presente trabajo, los que alcanzan una relación peso radicular/peso aéreo de 0,24 para ambos ambientes a los 120 días post siembra.

4.6.6. Evaluación de la relación peso radicular/peso parte aérea de gramíneas (*Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*) a los 60 y 120 días post siembra bajo el dosel del bosque

El análisis de ANOVA no permitió encontrar diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en ninguna de las fechas de medición.

Por los anteriores resultados, se recurre a realizar la prueba de Fisher y calcular la DMS, para confirmar lo inferido en el estudio de ANOVA. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las fechas.

4.6.7. Evaluación de la relación peso radicular/peso aéreo de gramíneas (*Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*) a los 60 y 120 días post siembra a cielo abierto

Coefficiente de variación, para la fecha 1 19,81% y para la fecha 2 28,37.

Al estudiar el ANOVA no se pudo afirmar que existe al menos un tratamiento diferente y se confirma luego de realizar la prueba de Fisher, en ninguna de las fechas.

4.6.8. Estudio de las medias de las variables “Peso radicular /Peso parte aérea” a través de los intervalos de confianza

Se estudió también, la relación entre el peso radicular/peso aéreo como una variable. Ello nos permitirá inferir, cuál fue el crecimiento prioritario, si el aéreo o el radicular, es decir cuánto afectaría el ambiente bajo el dosel del bosque, bastante atípico para cultivos forrajeros, y mediante el uso de los intervalos de confianza realizar una comparación de las medias.

En la fecha 1 (60 días post siembra) se puede observar que la relación PR/PA es el doble, aproximadamente, fuera del bosque que dentro para el caso de *Dactylis glomerata* y de *Festuca arundinacea*. Esto indica que el arraigamiento fue mejor fuera que dentro del bosque, demostrando así que el ambiente tiene un efecto importante en el crecimiento de estas especies. Por su parte *Lolium perenne* parece no haberse visto afectado por el ambiente en su normal crecimiento, ya que, a pesar de existir diferencias entre medias, no son diferencias tan abultadas como en las otras dos especies. Esto puede deberse a características intrínsecas de *Lolium perenne* que le permita movilizar de diferente manera sus recursos (de una forma más eficiente). Abriría la puerta a *Lolium perenne* como la especie a ser sembrada bajo montes.

Para la fecha 2, las diferencias entre las medias de las relaciones PR/PA no son tan abultadas como en la primera instancia de medición, no obstante, las diferencias entre ambientes persisten, para *Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea*, siendo la relación PR/PA más elevada en el ensayo “a cielo abierto” indicando un mayor desarrollo radicular, un mejor arraigamiento. *Lolium perenne*, no muestra diferencias entre medias, incluso sus intervalos de confianza se solapan, lo que nos lleva a no poder afirmar la existencia de diferencias antes mencionadas. Esto solamente reafirma lo afirmado en el párrafo anterior, en las condiciones en las que se planteó el ensayo *Lolium perenne* parece ser la especie más apta para la siembra bajo dosel arbóreo, ya que se comporta de manera bastante similar, tanto bajo dosel como a cielo abierto.

Estudiando los pesos radiculares promedio y los pesos aéreos promedios de las gramíneas estudiadas por Aclé y Clement (2004), se observa que la relación entre el peso radicular sobre el peso aéreo es de 0,35. Estos resultados difieren de los obtenidos en el presente estudio, bajo el dosel del bosque, a los 60 días post siembra, las relaciones van desde 0,17 a 0,21, a los

120 días post siembra las relaciones aumentan, sin embargo, no alcanzan a las obtenidas por estos autores. Los resultados a cielo abierto son similares a los obtenidos por los autores citados.

4.7. CONSIDERACIONES FINALES

Para *Trifolium repens*, en el ensayo a cielo abierto, no se encontraron diferencias significativas en lo estadístico. En el estudio de medias, si se observan diferencias apreciables, no solo entre tratamiento sino también entre fechas. Para la fecha 1 y 2, los porcentajes de implantación más elevados se dieron en el tratamiento Festuca, 9,71% en la primera y 2,14% en la segunda.

Los porcentajes de implantación más bajos se dieron, para la fecha 1, en el tratamiento Dactylis de 4,97%, y 1,36% en la fecha 2 para el tratamiento Lolium.

A pesar de que los porcentajes de implantación en el ensayo a cielo abierto fueron superiores a los obtenidos bajo el bosque, son valores muy bajos comparados a los valores obtenidos por Formoso (2006), cercanos a 95% para *Lotus corniculatus* a los 68 días post siembra y 49% para *Trifolium repens*.

Según Formoso (2006), los factores a tener en cuenta para la implantación de las leguminosas son: profundidad de siembra, presencia de rastrojo, calidad de la semilla (tamaño y pureza), sanidad, entre otros.

Bajo el dosel del bosque *Festuca arundinacea* mostro ser la gramínea con mejor implantación, presentando porcentajes máximos, para la fecha 1, de 40,66% en el bloque 4 (el que ha mostrado tener los mayores porcentajes de implantación) y un mínimo de 21,49% en el bloque 2 (que mostro ser el bloque con menores porcentajes de implantación). Para la fecha 2, los porcentajes obtenidos por *Festuca arundinacea* llegaron a un máximo de 42,4% (Bloque 4) y un mínimo de 24,98% (bloque 2).

La gramínea con peor comportamiento, en la implantación, bajo el dosel del bosque fue *Dactylis glomerata*, con máximos de implantación en la fecha 1 de 10,67% en el bloque 3 y un mínimo de 7,66% en el bloque 2. En la segunda fecha, nuevamente, Dactylis resultó tener el peor comportamiento en instalación con un máximo de 8,66% y un mínimo de 6,33%.

En el ensayo a cielo abierto *Festuca arundinacea* se comportó mejor en ambas instancias de medición (fecha 1 47,05% y fecha 2 41,82%), seguido por *Lolium perenne* (fecha 1: 27,68% y fecha 2: 27,68%). Al igual que bajo el dosel

del bosque, *Dactylis glomerata* fue la gramínea con más pobre implantación llegando a un máximo de 19,33% en la fecha 1 y 16,33% en la fecha 2.

Para el peso de la parte aérea de las leguminosas bajo el dosel del bosque, por planta, ninguna presentó diferencias significativas entre tratamientos desde lo estadístico. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas para *Trifolium repens* bajo el dosel del bosque, mostrando como superior al tratamiento Dactylis, aunque éste, no mostró diferencias significativas con el tratamiento raigrás y éste último no difirió con el tratamiento Festuca. Para la segunda fecha las diferencias encontradas ya se habían disipado.

Los tratamientos a cielo abierto para leguminosas mostraron, en lo estadístico, diferencias claras entre tratamientos. En el caso de *Lotus corniculatus*, en la fecha 1, su mejor comportamiento en peso individual promedio de planta se observó para el tratamiento Dactylis con un peso de 0,01gr materia seca parte aérea/planta. El peso promedio del tratamiento raigrás fue similar estadísticamente a Dactylis, con un peso promedio por planta de 0,01gr de materia seca, pero también fue similar en lo estadístico al tratamiento "Festuca" que resultó ser el tratamiento con el peso de la parte aérea más bajo ($3,7E^{-3}$ gr de materia seca por planta a los 60 días post siembra).

En las medidas realizadas a los 120 días post siembra, el tratamiento Festuca resultó ser el tratamiento que mayor cantidad de materia seca aérea promedio produjo (0,05 gr materia seca promedio/planta de *Lotus corniculatus*), los otros tratamientos no mostraron diferencias estadísticas entre sí, con un peso promedio de 0,03 gr materia seca/planta.

Se estudiaron las medias de producción de materia seca por hectárea a cielo abierto y se vio que el tratamiento que mayor materia seca produjo, para *Lotus corniculatus* a los 60 días post siembra, fue el tratamiento raigrás con 4,47kgMS/ha. Este resultado no solo estuvo afectado por la producción promedio por planta, sino también por la mejor implantación del *Lotus corniculatus*, para dicho tratamiento (6,89%), lo que se traduce en un mayor número de plantas por hectárea.

En el estudio de la producción promedio de materia seca por hectárea de *Lotus corniculatus* a los 120 días, el tratamiento Festuca a cielo abierto, fue el que mejor se comportó con una producción promedio por hectárea de 22,30kgMS. En este caso la variable peso individual por planta parece ser el

factor con mayor peso en la producción total, ya que los promedios de implantación fueron muy similares.

Para *Trifolium repens*, la producción de materia seca aérea por planta no presento diferencias estadísticas significativas en ninguna de las instancias de medición, con medias por planta 0,04 gr para todos los casos a los 60 días, a los 120 días las medias fueron de 0,28gr para Dactylis, 0,39gr raigrás y 0,83gr para Festuca. El estudio de medias de producción de materia seca por hectárea, sin embargo, mostro diferencias importantes entre tratamientos. A los 60 días el tratamiento con mejor comportamiento fue “raigrás” con 22,13 kg MS/ha y el peor fue Dactylis con 9,73kgMS/ha. A los 120 días El mejor tratamiento mostro ser Festuca con 243,47kg MS/ha, siendo muy superior a los otros dos tratamientos; nuevamente Dactylis mostro ser el tratamiento con menor producción de MS aérea de *Trifolium repens* por hectárea.

Para *Lotus corniculatus*, bajo el dosel del bosque se encontraron diferencias significativas a los 60 días (muy ajustadas) las que desaparecieron para la fecha 2. Las medias de producción de MS radicular/ha no difirieron mucho, las mayores diferencias se dieron en la fecha 2 con un máximo de 4,17kg (Dactylis=7,77kg/ha y Festuca=11,94kg/ha).

A cielo abierto, *Lotus corniculatus* no presento diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las fechas. El estudio de medias no mostro diferencias muy grandes entre fechas, únicamente a los 60 días se observa que el tratamiento Dactylis es muy inferior a los otros, con una diferencia de más o menos 9 kg.

Sin diferencias estadísticas significativas para la variable peso radicular de materia seca para *Trifolium repens*, las diferencias de producción de MS radicular por hectárea bajo el dosel del bosque no llegaron al medio kilogramo en la mejor de las situaciones (tratamiento Dactylis), confirmando lo estadístico. Las condiciones bajo el dosel parecen haber afectado más a la producción radicular de *Trifolium repens* que la producción radicular de *Lotus corniculatus*.

En las condiciones existentes a cielo abierto, las diferencias estadísticas tampoco se presentaron, al igual que debajo del dosel, sin embargo, la producción de MS radicular fue muy superior, llegando a los 20,40kgMS/ha en el mejor de los casos (tratamientos Dactylis y Festuca a los 120 días).

Para la variable “peso total” dicha variable es el resultado de la suma de las dos variables anteriores, es por esto por lo que van a seguir las tendencias de las mismas.

Para *Lotus corniculatus* bajo el dosel del bosque el peso total no presento diferencias significativas en lo estadístico, sin embargo, se observó que el tratamiento superior para las dos instancias de medición resulto ser Festuca; los otros dos tratamientos se comportaron de manera muy similar.

A cielo abierto *Lotus corniculatus*, para igual variable a los 60 y 120 días post siembra, no se obtienen diferencias estadísticamente significativas. En el estudio de medias se ve que, la producción de MS/ha, a los 60 días post siembra, del tratamiento Dactylis duplica la producción de los otros dos tratamientos. Para la segunda fecha el tratamiento Festuca se dispara con 140 kg MS/ha.

Trifolium repens bajo el dosel del bosque, para variable “peso total”, no presenta variaciones estadísticas significativas. Las diferencias en las medias de producción por hectárea existen, sin embargo, no son muy elevadas; para la fecha 1 la diferencia máxima observada se da entre los tratamientos Dactylis (0,16kg/ha) y Festuca (0,38kg/ha) con una diferencia de 217,70gr/ha. En la fecha 2 la mayor diferencia se da entre los tratamientos Dactylis (2,32kg/ha) y raigrás (1,87kg/ha) con una diferencia de 455gr/ha.

Para igual especie a cielo abierto, nuevamente *Trifolium repens* no presento diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, sin embargo, en el estudio de medias, esta especie se comportó mejor con la gramínea *Festuca arundinacea*, obteniendo producciones de MS/ha (23.8kgMS/ha) que casi duplican (60 días post siembra) o más que duplican (278.7kgMS/ha a los 120 días post siembra) las producciones de los otros tratamientos, que nuevamente tienen un comportamiento muy similar.

El peso aéreo de las gramíneas a cielo abierto, no mostraron diferencias estadísticamente los suficientemente grandes como para afirmar la existencia de algún tratamiento distinto a los demás, para ninguna de las fechas. Al estudiar las medias se observó que la gramínea *Lolium perenne*, fue la clara superior en ambas instancias de medición, con una producción de 157,38 kg MS/ha en la primera fecha, y 2350,50 kg MS/ha en la fecha dos, prácticamente cuadruplicando la producción de 698,50 kg MS/ha

Bajo el dosel del bosque la variable “peso aéreo” por planta, presento para la fecha 1 diferencias estadísticas entre tratamientos, posicionando como

mejores a *Lolium perenne* y a *Dactylis glomerata*, aunque este último no presento diferencias significativas con *Festuca arundinacea*. Para la fecha 2 dichas diferencias se desvanecieron. En el estudio de medias, se vio que, al igual que en la situación a cielo abierto, *Lolium perenne* claramente superior a los otros tratamientos, con una producción por hectárea de 96.138 kg MS/ha e la fecha 1 y 997.542 kg MS/ha en la fecha 2.

Las diferencias estadísticas para el “peso radicular” no fueron suficientemente amplias para afirmar que, existe al menos un tratamiento distinto a los otros, para ninguna de las fechas. Al estudiar la media de producción de MS radicular por hectárea, se observó que al igual que en el peso de la parte aérea, *Lolium perenne* fue la gramínea que mejor se comportó a cielo abierto, con producciones de 143,47 kg MS/ha en la fecha 1 y 687,08kgMS/ha. Las otras gramíneas tuvieron un comportamiento similar entre sí, al igual que lo visto en la variable a “peso aéreo”.

En el caso del “peso radicular”, para la fecha 1 no se observaron diferencias estadísticas, sin embargo, para la fecha 2, nuevamente se posiciono en primer lugar *Lolium perenne*, sin embargo, no presento diferencias significativas con el “peso radicular” de *Dactylis glomerata* igualmente posicionado en el top de producción. Al estudiar las medias *Festuca* fue la que produjo mayor cantidad de MS/ha, sin embargo, son diferencias de uno o dos kilogramos por hectárea. A los 120 días *Lolium perenne* se posicionó primero con 171,99 kg MS/ha nuevamente casi triplicando las producciones de las otras especies.

La producción de MS total por planta, no mostro diferencias significativas en lo estadístico. Al estudiar la producción promedio por hectárea, se dio lo esperado, raigrás produjo (fecha 1=466,3 kg MS/ha y fecha 2=3037,6 kg MS/ha) más de 3 veces lo producido por las otras gramíneas.

La variable “peso total” se diferenció estadísticamente como superiores a *Lolium perenne* y a *Dactylis glomerata* en la fecha 1, éste último, sin embargo, no presentó diferencias significativas con el tratamiento inferior, *Festuca arundinacea*. En la fecha dos, las diferencias desaparecieron. En el estudio de medias, *Lolium perenne* se volvió a posicionar en primer lugar para ambas fechas, sin embargo, en la fecha 2 las diferencias se redujeron.

5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones estudiadas el *Lolium perenne* fue la gramínea que mejor se comportó bajo el dosel arbóreo y a cielo abierto.

Las leguminosas estudiadas no funcionaron de tal manera de justificar su siembra bajo el dosel arbóreo, a cielo abierto se comportó de mejor manera *Trifolium repens*.

La gramínea que mejor se implanto bajo el dosel del bosque fue *Festuca arundinacea*, sin embargo, la producción de forraje fue superior para *Lolium perenne* ya que el peso de la parte aérea de las plantas fue superior.

A cielo, *Festuca arundinacea* nuevamente se implantó mejor que las otras dos gramíneas y nuevamente la mayor producción de forraje fue de *Lolium perenne*.

Trifolium repens, a pesar de no haberse implantado de buena forma bajo el dosel arbóreo, se implanto mejor, tanto dentro como fuera del bosque asociada a *Festuca arundinacea*.

Lotus corniculatus se implanto mejor con *Lolium perenne* tanto dentro como fuera del bosque, esto se concluyó mediante el estudio de las medias.

6. RESUMEN

En el siguiente trabajo se realizó en la estación experimental, Prof. Bernardo Rosengurtt (E.E.M.B), ubicada en el kilómetro 408 de la Ruta Nacional no. 26 (tramo Melo-Tacuarembó), 6ta. Sección policial, a 28 Km. de la ciudad de Melo (capital) del Departamento de Cerro Largo. En el mismo se analizaron, la implantación y la producción de materia seca de tres mezclas de forrajeras (*Dactylis glomerata* + *Trifolium repens* + *Lotus corniculatus*; *Festuca arundinacea* + *Trifolium repens* + *Lotus corniculatus*; *Lolium perenne* + *Trifolium repens* + *Lotus corniculatus*) en dos situaciones, bajo el dosel de un bosque de *Pinus taeda* (semillero con una densidad aproximada de 12 por 6 metros) y a cielo abierto, en un campo con historial de plantación. Las unidades experimentales fueron cuatro parcelas de 15 por 9.5 metros, tres de ellas bajo el dosel y una a cielo abierto; cada uno de los bloques constaba con dos repeticiones por tratamiento. Los ensayos fueron analizados con un diseño completamente al azar, en la situación a cielo abierto y con un diseño de bloques completos al azar generalizados bajo el dosel. El parámetro medido para el cálculo de implantación fue el número de plantas por metro lineal en el caso de las gramíneas (siembra directa, en líneas) y número de plantas por metro cuadrado en el caso de las leguminosas (siembra directa, al boleó entre líneas). Para la producción de materia seca se midieron los pesos seco y fresco de la parte aérea y de la parte radicular, de la suma de éstos, resultó el peso total, fresco y seco, y de la división del peso radicular sobre el peso aéreo, la relación entre partes. Se utilizaron también, cálculos de medias de producción e implantación por hectárea, para diferenciar los tratamientos ya que al ser tan bajo el número de repeticiones, las diferencias estadísticas no fueron significativas en muchos de los casos.

Palabras clave: Agroforestería; Sistema agroforestal; Producción de materia seca; *Festuca arundinacea*; Germinación; *Lolium perenne*; *Lotus corniculatus*; *Pinus taeda*; *Trifolium repens*.

7. SUMMARY

The following work was performed at the experimental station, Prof. Bernardo Rosengurtt (EEMB), located at kilometer 408 of the National Highway no. 26 (section Melo - Tacuarembó), 6th. Police Section, 28 km from the city of Melo (capital) of the state of Cerro Largo. In the same was analyzed establishment and production of dry matter forage for three mixtures (*Dactylis glomerata* + *Lotus corniculatus* + *Trifolium repens*, *Festuca arundinacea* + *Lotus corniculatus* + *Trifolium repens*, *Lolium perenne* + *Trifolium repens* + *Lotus corniculatus*) in two situations, under the canopy of a forest of *Pinus taeda* (seedlings with a density of 12 6 meters) and open sky, in a field with a history of planting. The experimental units were four plots of 15 by 9.5 meters, three of them under the canopy and one under the open sky; each block contained two replicates of each treatment. The tests were analyzed with a completely randomized design in the open position and a generalized design of complete randomized blocks under the canopy. The measured implementation for calculating parameter was the number of plants per meter in the case of grasses (direct seeding, in lines) and number of plants per square meter in the case of legumes (direct seeding, bole between lines). For dry matter production, the dry and fresh weight of root and aerial part were measured. The sum of these weights resulted y de total weight, and division of root weight and air part weight result in the relationship between parts. Calculations of average production per hectare and establishment were also used to differentiate the treatments, because the numbers of repetitions were so low the statistical differences were not significant in many cases.

Key words: Agroforestry; Agroforestry system; Dry matter production; *Festuca arundinacea*; Germination; *Lolium perenne*; *Lotus corniculatus*; *Pinus taeda*; *Trifolium repens*.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Abud Clariget, M. J.; Gaudenti Borra, C.; Orticochea Dell'Acqua, V.; Puig Ferrés, V. M. 2011. Evaluación estivo-otoñal de mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 106 p.
2. Acevedo Kuk, J. L.; Ibarburu Cabrera, G. 2011. Evaluación del crecimiento de malezas forrajeras sembradas en montes de *Eucalyptus globulus* ssp *globulus*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 57 p.
3. Acle Mautone, F. J.; Clement Piquet, G. M. 2004. Características de la implantación y vigor de gramíneas y leguminosas perennes integrantes de mezclas forrajeras y estudio de la población de unidades morfológicas en el otoño del 2º año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 103 p.
4. Albano, J. S.; Platero, T.; Sarachu, N. 2013. Evaluación invierno-primaveral de mezclas forrajeras en el primer año de vida. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 110 p.
5. Almada López, A. E.; Garat Benvenuto, A. R. 2010. Evaluación del crecimiento de leguminosas forrajeras bajo un monte de *Eucalyptus globulus* ssp *globulus*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 106 p.
6. Astori, D. 1982. El agro en el proceso histórico de formación de la economía uruguaya y producción agropecuaria y acumulación de capital en la economía uruguaya; las nuevas reglas de juego. Montevideo, CLAEH. 64 p. (Ficha de capacitación Serie A no. 29).
7. Ayala, W.; Bemhaja, M.; Cotro B., Docanto, J.; García, J.; Olmos F.; Real D., Rebuffo, M.; Reyno, R., Rossi, C.; Silva, J. 2010. Forrajeras; catálogo de cultivares 2010. Montevideo, INIA. 131 p.
8. Balocchi, O. A.; Phillips, C. J. C. 1997. The morphology and development *Oflotus uliginosus* and *trifolium subterraneum* under *pinus radiata* canopy in southern Chile. (en línea). *Agroforestry Systems*. 37 (1): 15-26. Consultado 15 jun. 2013. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1005885512690>

9. Belesky, D. P.; Chatterton, N. J.; Neel, J. P. S. 2004. Crecimiento de *Dactylis glomerata* bajo distintos gradientes de luz en la región Apalache del Oeste de Estados Unidos; III. Carbohidratos no estructurales y valores nutritivos. Beaver, West Virginia, EEUU, Springer. p. irr.
10. Benavides, R.; Grant, B. D.; Koldo, O. 2009. Silvopastoralism in New Zealand; review of effects of evergreen and deciduous trees on pasture dynamics. (en línea). Agroforestry Systems. 76:327-350. Consultado 15 jun 2013. Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1007/s10457-008-9186-6>.
11. Bennajdi, Z. 2007. Algunas consideraciones sobre la forestación a pequeña escala en el Uruguay. Revista INIA. no. 10: 43-45.
12. Bianchi Formichov, S.; Díaz Cat, A.; Musacco Molla, M. 2012. Evaluación estivo-otoñal de cuatro mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 102 p.
13. Camus Parra, M. 2005. Producción de *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne* y *Dactylis glomerata* asociado a *Trifolium repens* en el llano central de la Región de Araucanía. Tamuco, Chile, Universidad de la Frontera. 76 p.
14. Carámbula, M. 2000. Forrajeras. Montevideo, Facultad de Agronomía. t.1, 121 p.
15. _____. 2002. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forrajes. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
16. _____. 2003a. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 524 p.
17. _____. 2003b. Pasturas y forrajes; insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t.2, 371 p.
18. _____. 2007. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t.3, 413 p.
19. Consulta de Expertos FAO (2000, Juiz de Fora, MG, BR). 2001. Protección de los recursos naturales en sistemas ganaderos; los sistemas agroforestales pecuarios en América Latina. Roma, IT, FAO. 38 p.

20. Delgado, S.; Alliaume, F.; García Préchac, F.; Hernández, J. 2006. Efecto de las plantaciones de *Eucalyptus* sp. sobre el recurso suelo en Uruguay. (en línea). Agrociencia (Montevideo). 10:95-107. Consultado 15 jun. 2013. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/VOL10/2/pp95-107.pdf>
21. Fariña Chiappara, M. F.; Saravia Olazabal, R. 2010. Evaluación de la productividad de mezclas forrajeras bajo pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 82 p.
22. Fernández, M. E. 2002. Sistemas silvopastoriles en el noroeste de la Patagonia; crecimiento y capacidad fotosintética de *Stipa speciosa* bajo diferentes niveles de cobertura en bosques de *Pinus ponderosa*. (en línea). Agroforestry Systems. 55:27-35. Consultado 15 jun. 2013. Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1023/A%3A1020238330817>
23. _____.; Gyenge, J. E.; Schlichter, T. M. 2006. Aclimatación a la sombra en la forrajera *Festuca pallescens*; distribución de la biomasa y la orientación foliar. (en línea). Agroforestry Systems. 66:259-269. Consultado 15 jun. 2013. Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10457-005-0590-x>
24. _____.; _____.; _____. 2007. Balance de la competitividad y efectos facilitadores de árboles exóticos en forrajeras nativas de la Patagonia. (en línea). Plant Ecology. 188:67-76. Consultado 15 jun. 2013. Disponible en <http://www.deepdyve.com/lp/springer-journals/balance-of-competitive-and-facilitative-effects-of-exotic-trees-on-a-JhzthFpcAM>
25. Formoso, F. 2006. Instalación de pasturas; conceptos claves. (en línea). In: Seminario de Actualización Técnica Instalación y Manejo de Pasturas para el Litoral Oeste (2006, Tacuarembó, UY). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp.1-8. Consultado 01 may. 2015. Disponible en <http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/publicacion.pdf>
26. Frioni, L. 2006. Microbiología; básica, ambiental y agrícola. Montevideo, UY, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 464 p.
27. García, J. 1977. Biología de las plantas forrajeras. Paysandú, UY, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 1 - 22.

28. Gómez Pereyra, A. R.; Guerrini Montemurro, L. E. 2011. Evaluación del crecimiento de gramíneas forrajeras sembradas bajo monte de *Eucalyptus globulus ssp globulus*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 88 p.
29. Langer, R. H. M. 1981. Especies y variedades de gramíneas. In: Langer, R. H. M. ed. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, UY, Hemisferio Sur. pp. 75-97.
30. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2011. Censo general agropecuario 2011; resultados definitivos. (en línea). Montevideo. 146 p. Consultado 13 feb. 2014. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-censo-2011-resultados-definitivos,O,es,O>,
31. _____. DSA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección Suelos y Agua, UY). s.f. Descripción de grupos suelos CO.N.E.A.T. (en línea). Montevideo. pp. 27-28. Consultado 13 feb. 2014. Disponible en <http://www.cebra.com.uy/renare/media/Descripción-de-Grupos-de-Suelos-CONEAT-1.pdf>
32. Montgomery, D. 2004. Diseño y análisis de experimentos. México, D.F., Limusa. t.2, 636 p.
33. Naumburg, E.; DeWald, L. E.; Kolb, T. E. 2001. Shade responses of five grasses native to southwestern U.S. Pinus ponderosa forests. (en línea). Canadian Journal of Botany. 79:1001-1009. Consultado 15 jun. 2013. Disponible en <http://library.eri.nau.edu/gsdll/collect/erilibra/archives/HASH0154.dir/doc.pdf>
34. Pérez, C.; De La Fuente, L.; Arias, A.; Altier, N. 2000. Uso de Pseudomonas fluorescentes nativas para el control de enfermedades de implantación en *Lotus corniculatus* L. (en línea). Agrociencia (Montevideo). 5:41-47. Consultado 15 jun. 2013. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/index.php/directorio/article/viewFile/568/476>

35. Peri, P.; Moot, D. J.; McNeil, L. 2005. Validation of a canopy photosynthesis model for cocksfoot pastures grown under different light regimes. (en línea). *Agroforestry Systems*. 67:259-272. Consultado jun. 2013. Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1007/s10457-005-3825-y#page-1>.
36. Rosengurtt, B.; Arrillaga, B. R.; Sierra de Soriano, B. 1960. Caracteres vegetativos y forrajeros de 175 gramíneas del Uruguay. *Revista de la Facultad de Agronomía* (Montevideo). no. 47. 168 p.
37. San Miguel, A. A. 2007. Leguminosas de interés para la implantación de praderas; ecología y pautas básicas de utilización. (en línea). Madrid, Universidad Politécnica de Madrid E.T.S. Departamento de Silvopascicultura. Ingenieros de Montes. 17 p. Consultado jun. 2013. Disponible en http://www2.montes.upm.es/Dptos/Dsrn/SanMiguel/APUNTES_PRESENTACIONES/PASCICULTURA%20Y%20SAF/Leguminosas_de_inter%C3%A9s_para_praderas.pdf
38. Santiñaque, F. 1997. Estudio sobre factores restrictivos de la implantación en pasturas naturales. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. *Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva*. Montevideo, INIA. pp. 269-277 (Serie Técnica no. 13).
39. Silva, A. 2014. La materia orgánica en el suelo. (en línea). Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. s.p. Consultado 20 ene. 2014. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Curso%202014/Material/organica.pdf>
40. Silveira, M. 2005. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la implantación, producción inicial y composición química de *Lotus glaber* mill. y *Trifolium repens* L. sembradas en cobertura. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 136 p.
41. Silveira, L.; Alonso, J.; Martínez, L. 2006. Efecto de las plantaciones forestales sobre el recurso agua en el Uruguay. *Agrociencia* (Montevideo). 10:75-93. Consultado 15 jun. 2013. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/VOL10/2/pp95-107.pdf>
42. Souza, M.; Manhaes, S.; Días, P. F.; Alves, A.; Campbell, B.; Morais, P. 2012. Efeito de sombreamento no estabelecimento de *Panicum maximum* cv.

Mombaça. (en línea). Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 17 (3-4): 97-102. Consultado 15 jun. 2013 Disponible en <http://www.bioline.org.br/pdf?la09014>

43. Torrán, E. A. 2007. Impacto de las plantaciones de *Eucalyptus grandis* sobre el contenido de humedad del suelo. Análisis de un caso en el noreste de la provincia de Entre Ríos. Tesis maestría Ing. Ambiental. Concepción del Uruguay, Entre Ríos, AR. Facultad Regional Concepción del Uruguay. 107 p.

9. ANEXOS

ANEXO 1. VARIABLES ESTUDIADAS BAJO DOSEL DEL BOSQUE

Peso de parte aérea de gramíneas

C.V. fecha 1: 60.45 %

C.V. fecha 2: 124.97 %

Prueba de Fisher: peso de parte aérea de gramíneas a cielo abierto en Fecha1

Tratamiento	Medias	N	E.E.	
Raigrás	0,03	6	0,01	A
Dactylis	0,02	6	0,01	A B
Festuca	0,01	6	0,01	B
$\alpha = 0.05$ DMS = 0.01661 Los tratamientos con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí.				

Prueba de Fisher: peso de parte aérea de gramíneas a cielo abierto en Fecha2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Dactylis	0,53	6	0,17	A
Raigrás	0,29	6	0,17	A
Festuca	0,17	6	0,17	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.51320 Error=0.1693 gl=13 Los tratamientos con letras diferentes son significativamente diferentes.				

Peso de parte radicular de gramíneas

C.V. fecha 1: 65.14 %

C.V. fecha 2: 60.67 %

Prueba de Fisher: peso de parte radicular de gramíneas a cielo abierto en Fecha1.

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Raigrás	0,001	6	1,2E-03	A
Dactylis	3,5E-03	6	1,2E-03	A
Festuca	3,4E-03	6	1,2E-03	A
$\alpha=0.05$ Error 0.000 gl:13 DMS=0.00376 Las medias con letras similares no poseen diferencias significativas				

Prueba de Fisher: peso de parte radicular de gramíneas a cielo abierto en Fecha2.

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Dactylis	0,07	6	0,01	A
Raigrás	0,05	6	0,01	A B
Festuca	0,04	6	0,01	B
$\alpha=0.05$ DMS=0.02857 Error=0.0005 gl=13 Los tratamientos con letras diferentes son significativamente diferentes				

Peso total de gramíneas

C.V. fecha 1: 60,67 %

C.V. fecha 2: 111,25 %

Prueba de Fisher: peso total de gramíneas a cielo abierto en Fecha1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Raigrás	0,04	6	0,01	A
Dactylis	0,02	6	0,01	A B
Festuca	0,02	6	0,01	B
$\alpha=0.05$ DMS=0.02018 Error=0.0003 gl=13 Los tratamientos con letras diferentes son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: peso total de gramíneas a cielo abierto en Fecha2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Dactylis	0,60	6	0,17	A
Raigrás	0,34	6	0,17	A
Festuca	0,21	6	0,17	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.53340 Error=0.1829 gl=13 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Relación pr/pa de gramíneas

C.V. fecha 1: 43.32 %

C.V. fecha 2: 26.43 %

Prueba de Fisher: relación PR/PA de gramíneas a cielo abierto en Fecha1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	0,21	6	0,03	A
Raigrás	0,21	6	0,03	A
Dactylis	0,17	6	0,03	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.10591 Error=0.0072 gl=13 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: relación PR/PA de gramíneas a cielo abierto en Fecha2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	0,24	6	0,02	A
Dactylis	0,21	6	0,02	A
Raigrás	0,20	6	0,02	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.07119 Error=0.0033 gl=13 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Lotus corniculatus peso aéreo

C.V. fecha 1: 39,18 %

C.V. fecha 2: 72,98 %

Prueba de Fisher: peso de parte aérea de *Lotus corniculatus* a cielo abierto en Fecha1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	8,3E-04	6	1,1E-04	A
Raigrás	6,8E-04	6	1,1E-04	A
Dactylis	5,5E-04	5	1,1E-04	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.00036 Error=0.0000 gl=12 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: peso de parte aérea de *Lotus corniculatus* a cielo abierto en Fecha2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	0,01	6	2,4E-03	A
Dactylis	0,01	6	2,4E-03	A
Raigrás	0,01	6	2,4E-03	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.00741 Error=0.0000 gl=13 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Peso radicular de Lotus

C.V. fecha 1: 26,42 %

C.V. fecha 2: 64,57 %

Prueba de Fisher: peso de parte radicular de *Lotus corniculatus* a cielo abierto en Fecha1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	4,8E-03	5	4,6E-04	A
Raigrás	3,4E-03	6	4,6E-04	B
Dactylis	3,1E-03	5	4,6E-04	B
$\alpha=0.05$ DMS=0.00136 Error=0.0000 gl=11 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: peso de parte radicular de *Lotus corniculatus* a cielo abierto en Fecha2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	0,05	6	0,01	A
Dactylis	0,04	6	0,01	A
Raigrás	0,03	6	0,01	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.03155 Error=0.0006 gl=13 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Peso total de Lotus

C.V. fecha 1: 37.95 %

C.V. fecha 2: 65.44 %

Prueba de Fisher: peso total de *Lotus corniculatus* a cielo abierto en Fecha1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	4,9E-03	6	6,6E-04	A
Raigrás	4,1E-03	6	6,6E-04	A
Dactylis	3,6E-03	5	7,4E-04	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.00211 Error=0.0000 gl=12 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: peso total de *Lotus corniculatus* a cielo abierto en Fecha2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	0,06	6	0,01	A
Dactylis	0,05	6	0,01	A
Raigrás	0,03	6	0,01	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.03862 Error=0.001 gl=13 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Relación pr/pa de Lotus

C.V. fecha 1: 33,79 %

C.V. fecha 2: 17,06 %

Prueba de Fisher: relación PR/PA de *Lotus corniculatus* a cielo abierto en Fecha1.

Tratamientos	Media	n	E.E.	
Festuca	6,89	5	0,88	A
Dactylis	5,98	5	0,88	A
Raigrás	5,11	6	0,79	A
$\alpha=0.05$ DMS=2.61754 Error=3.7574 gl=11 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: relación PR/PA de *Lotus corniculatus* a cielo abierto en Fecha2.

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	6,08	6	0,41	A
Dactylis	5,99	6	0,41	A
Raigrás	5,80	6	0,41	A
$\alpha=0.05$ DMS=2.61754 Error=3.7574 gl=11 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Trébol blanco bajo dosel arbóreo

Parte aérea trébol blanco

C.V. fecha 1: 16,48 %

C.V. fecha 2: 62,86 %

Prueba de Fisher: peso de parte aérea de *Trifolium repens* a cielo abierto en Fecha1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Dactylis	1,7E-03	4	2,3E-04	A
Raigrás	2,1E-03	4	2,1E-04	A B
Festuca	2,6E-03	4	2,1E-04	B
$\alpha=0.05$ DMS=0.00068 Error=0.0000 gl=7 Los tratamientos con letras diferentes son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: peso de parte aérea de *Trifolium repens* a cielo abierto en Fecha2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	0,04	6	0,01	A
Dactylis	0,04	4	0,02	A
Raigrás	0,06	6	0,01	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.04039 Error=0.0009 gl=7 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Peso radicular trébol blanco

C.V. fecha 1: 51.29 %

C.V. fecha 2: 56.54 %

Prueba de Fisher: peso de parte radicular de *Trifolium repens* a cielo abierto en Fecha1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Dactylis	2,6E-04	4	1,8E-04	A
Festuca	4,6E-04	4	1,6E-04	A
Raigrás	6,2E-04	4	1,6E-04	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.00053 Error=0.0000 gl=7 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: peso de parte radicular de *Trifolium repens* a cielo abierto en Fecha2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	0,01	6	2,6E-03	A
Dactylis	0,01	4	3,4E-03	A
Raigrás	0,01	6	2,6E-03	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.00864 Error=0.0000 gl=11 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Peso total trébol blanco

C.V. fecha 1: 21.61 %

C.V. fecha 2: 61.27 %

Prueba de Fisher: peso total de *Trifolium repens* a cielo abierto en Fecha1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Dactylis	2,0E-03	4	3,8E-04	A
Raigrás	2,7E-03	4	3,4E-04	A
Festuca	3,1E-01	4	3,4E-04	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.00111 Error=0.0000 gl=7 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: peso total de *Trifolium repens* a cielo abierto en Fecha2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	0,05	6	0,01	A
Dactylis	0,05	4	0,02	A
Raigrás	0,07	6	0,01	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.04874 Error=0.0013 gl=11 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Relación pr/pa trébol blanco

C.V. fecha 1: 38,07 %

C.V. fecha 2: 16,12 %

Prueba de Fisher: relación PR/PA de *Trifolium repens* a cielo abierto en Fecha1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	0,17	4	0,04	A
Dactylis	0,18	4	0,05	A
Raigrás	0,24	4	0,04	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.14712 Error=0.0077 gl=7 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: relación PR/PA de *Trifolium repens* a cielo abierto en Fecha 2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Raigrás	0,21	6	0,02	A
Festuca	0,25	6	0,02	A
Dactylis	0,26	4	0,02	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.05344 Error=0.0015 gl=11 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

ANEXO 2. VARIABLES ESTUDIADAS A CIELO ABIERTO

Gramíneas a cielo abierto

Peso parte aérea gramíneas

C.V. fecha 1 (60 días post siembra) 62,07 %

C.V. fecha 2 (120 días post siembra) 41,95 %

Prueba de Fisher Fecha 1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Raigrás	0,13	2	0,04	A
Dactylis	0,06	2	0,04	A
Festuca	0,06	2	0,04	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.16438 Error=0.0027 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher Fecha 2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Raigrás	0,65	2	0,14	A
Dactylis	0,39	2	0,14	A
Festuca	0,33	2	0,14	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.61180 Error=0.0370 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Peso parte radicular gramíneas

C.V. fecha 1: 57,71 %

C.V. fecha 2: 70,42 %

Prueba de Fisher: peso de parte radicular de gramíneas a cielo abierto en Fecha 1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Raigrás	0,04	2	0,01	A
Dactylis	0,03	2	0,01	A
Festuca	0,02	2	0,01	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.0003 Error=0.0003 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: peso de parte radicular de gramíneas a cielo abierto en Fecha 2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Raigrás	0,19	2	0,07	A
Dactylis	0,13	2	0,07	A
Festuca	0,11	2	0,07	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.32261 Error=0.0103 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Peso total gramíneas

C.V. fecha 1: 60,27 %

C.V. fecha 2: 48,66 %

Prueba de Fisher: peso total de gramíneas a cielo abierto en Fecha 1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Raigrás	0.17	2	0.05	A
Dactylis	0.09	2	0.05	A
Festuca	0.08	2	0.05	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.21767 Error=0.0047 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: peso total de gramíneas a cielo abierto en Fecha 2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Raigrás	0,84	2	0,21	A
Dactylis	0,52	2	0,21	A
Festuca	0,45	2	0,21	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.93254 Error=0.0859 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Relación pr/pa gramíneas

C.V. fecha 1: 19,81 %

C.V. fecha 2: 28,37 %

Prueba de Fisher: relación PR/PA de gramíneas a cielo abierto en Fecha 1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Dactylis	0,48	2	0,06	A
Festuca	0,41	2	0,06	A
Raigrás	0,29	2	0,06	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.24775 Error=0.0061 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: relación PR/PA de gramíneas a cielo abierto en Fecha 2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	0,34	2	0,06	A
Dactylis	0,34	2	0,06	A
Raigrás	0,25	2	0,06	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.28009 Error=0.0077 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Lotus corniculatus a cielo abierto (dca)

Peso parte aérea lotus

C.V. fecha 1: 24.38 %

C.V fecha 2: 13.14 %

Prueba de Fisher: peso de parte aérea de *Lotus corniculatus* a cielo abierto en Fecha 1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Dactylis	0,01	2	1,3E-03	A
Raigrás	0,01	2	1,3E-03	A B
Festuca	3,7E-03	2	1,3E-03	B
$\alpha=0.05$ DMS=0.00606 Error=0.0000 gl=3 Los tratamientos con letras diferentes son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: peso de parte aérea de *Lotus corniculatus* a cielo abierto en Fecha 2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	0,05	2	3,4E-03	A
Raigrás	0,03	2	3,4E-03	B
Dactylis	0,03	2	3,4E-03	B
$\alpha=0.05$ DMS=0.01549 Error=0.0000 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Parte radicular Lotus

C.V. fecha 1: 42.30 %

C.V. fecha 2: 34.33 %

Prueba de Fisher: peso de parte radicular de *Lotus corniculatus* a cielo abierto en Fecha 1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Dactylis	0,03	2	0,01	A
Raigrás	0,03	2	0,01	A
Festuca	0,01	2	0,01	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.03218 Error=0.0001 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: peso de parte radicular de *Lotus corniculatus* a cielo abierto en Fecha 2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	0,27	2	0,04	A
Raigrás	0,13	2	0,04	A
Dactylis	0,12	2	0,04	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.18719 Error=0.0035 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Peso total Lotus

C.V. fecha 1: 33,52 %

C.V. fecha 2: 28,04 %

Prueba de Fisher: peso total de *Lotus corniculatus* a cielo abierto en Fecha 1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Dactylis	0,04	2	0,01	A
Raigrás	0,04	2	0,01	A
Festuca	0,02	2	0,01	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.03384 Error=0.0001 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: peso total de *Lotus corniculatus* a cielo abierto en Fecha 2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	0,32	2	0,04	A
Raigrás	0,16	2	0,04	A
Dactylis	0,14	2	0,04	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.18599 Error=0.0034 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Relación pr/pa Lotus

C.V. fecha 1: 33,03 %

C.V. fecha 2: 33,73 %

Prueba de Fisher: relación PR/PA de *Lotus corniculatus* a cielo abierto en Fecha 1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	3,89	2	0,77	A
Raigrás	3,14	2	0,77	A
Dactylis	2,83	2	0,77	A
$\alpha=0.05$ DMS=3.45202 Error=1.1766 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: relación PR/PA de *Lotus corniculatus* a cielo abierto en Fecha 2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	5,19	2	1,10	A
Dactylis	4,80	2	1,10	A
Raigrás	3,79	2	1,10	A
$\alpha=0.05$ DMS=4.93100 Error=2.4008 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Trébol blanco a cielo abierto (dca)

Peso aéreo trébol blanco

C.V. fecha 1: 50,66 %

C.V. fecha 2: 84,98 %

Prueba de Fisher: peso parte aérea de *Trifolium repens* a cielo abierto en Fecha 1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	0,04	2	0,01	A
Dactylis	0,04	2	0,01	A
Raigrás	0,04	2	0,01	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.06261 Error=0.0004 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: peso parte aérea de *Trifolium repens* a cielo abierto en Fecha 2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Dactylis	0,28	2	0,30	A
Raigrás	0,39	2	0,30	A
Festuca	0,83	2	0,30	A
$\alpha=0.05$ DMS=1.34160 Error=0.1777 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Peso radicular trébol blanco

C.V. fecha 1: 71,42 %

C.V. fecha 2: 50,05 %

Prueba de Fisher: peso parte radicular de *Trifolium repens* a cielo abierto en Fecha 1.

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	0,01	2	0,01	A
Raigrás	0,01	2	0,01	A
Dactylis	0,02	2	0,01	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.03185 Error=0.0001 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: peso parte radicular de *Trifolium repens* a cielo abierto en Fecha 2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Raigrás	0,09	2	0,04	A
Dactylis	0,09	2	0,04	A
Festuca	0,12	2	0,04	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.15993 Error=0.0025 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Peso total trébol blanco

C.V. fecha 1: 55,05 %

C.V. fecha 2: 77,69 %

Prueba de Fisher: peso total de *Trifolium repens* a cielo abierto en Fecha 1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	0,05	2	0,02	A
Raigrás	0,06	2	0,02	A
Dactylis	0,06	2	0,02	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.09258 Error=0.0008 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: peso total de *Trifolium repens* a cielo abierto en Fecha 2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Dactylis	0,37	2	0,33	A
Raigrás	0,47	2	0,33	A
Festuca	0,95	2	0,33	A
$\alpha=0.05$ DMS=1.47481 Error=0.2148 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Relación pr/pa trébol blanco

C.V. fecha 1: 19,90 %

C.V. fecha 2: 34,70 %

Prueba de Fisher: relación PR/PA de *Trifolium repens* a cielo abierto en Fecha 1

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	0,26	2	0,05	A
Raigrás	0,33	2	0,05	A
Dactylis	0,47	2	0,05	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.22385 Error=0.0049 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

Prueba de Fisher: relación PR/PA de *Trifolium repens* a cielo abierto en Fecha 2

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Festuca	0,18	2	0,06	A
Raigrás	0,22	2	0,06	A
Dactylis	0,33	2	0,06	A
$\alpha=0.05$ DMS=0.27062 Error=0.0072 gl=3 Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes.				

ANEXO 3 INTERVALOS DE CONFIANZA DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS

Intervalo de confianza según tratamiento para la variable peso aéreo de leguminosas

FECHA	Variable	Especie	DE	Estimación	LI (95 %)	LS (95 %)
1.00	PA	LC	DBCA	7,0E-04	5,7E-04	8,4E-04
1.00	PA	LC	DCA	0,01	4,9E-03	0,01
1.00	PA	Tb	DBCA	2,5E-03	1,7E-03	3,3E-03
1.00	PA	Tb	DCA	0,04	0,03	0,05
2.00	PA	LC	DBCA	0,01	4,7E-03	0,01
2.00	PA	LC	DCA	0,04	0,03	0,05
2.00	PA	Tb	DBCA	0,05	0,03	0,06
2.00	PA	Tb	DCA	0,50	0,28	0,84

Los iPA: parte aérea, LC: Lotus corniculatus, Tb: Trébol blanco, DCBA: diseño en bloque completamente al azar, DCA: diseño completo al azar.

Intervalo de confianza según tratamiento para la variable peso parte aérea de gramíneas

Fecha	Trat.	DE	Variable	Estimación	Intervalo de confianza	
					LI (95%)	LS (95%)
1.00	dactylis	DBCA	PA	0,02	0,01	0,03
1.00	dactylis	DCA	PA	0,06	0,04	0,08
1.00	festuca	DBCA	PA	0,01	0,01	0,02
1.00	festuca	DCA	PA	0,06	0,05	0,06
1.00	raigrás	DBCA	PA	0,03	0,03	0,04
1.00	raigrás	DCA	PA	0,13	0,07	0,18
2.00	dactylis	DBCA	PA	0,27	0,20	0,32
2.00	dactylis	DCA	PA	0,39	0,37	0,41
2.00	festuca	DBCA	PA	0,17	0,12	0,22
2.00	festuca	DCA	PA	0,33	0,28	0,38
2.00	raigrás	DBCA	PA	0,29	0,21	0,35
2.00	raigrás	DCA	PA	0,66	0,43	0,86

Intervalo de confianza según tratamiento para la variable peso radicular de gramíneas

FECHA	TRATAM	DE	Variable	Estimación	Intervalo de confianza	
					LI (95%)	LS (95%)
1.00	dactylis	DBCA	PR	3,5E-03	1,0E-03	0,01
1.00	dactylis	DCA	PR	0,03	0,02	0,04
1.00	festuca	DBCA	PR	3,4E-03	1,4E-03	0,01
1.00	festuca	DCA	PR	0,02	0,02	0,03
1.00	raigrás	DBCA	PR	0,01	4,9E-03	0,01
1.00	raigrás	DCA	PR	0,04	0,02	0,05
2.00	dactylis	DBCA	PR	0,07	0,05	0,09
2.00	dactylis	DCA	PR	0,13	0,11	0,16
2.00	festuca	DBCA	PR	0,04	0,03	0,05
2.00	festuca	DCA	PR	0,11	0,09	0,13
2.00	raigrás	DBCA	PR	0,05	0,04	0,06
2.00	raigrás	DCA	PR	0,18	0,07	0,29

Intervalo de confianza según tratamiento para la variable peso total de gramíneas

Fecha	Tratamiento	Dis.exp.	Variable	Estimación	Intervalo de confianza	
					LI (95%)	LS (95%)
1.00	dactylis	DBCA	PT	0,02	0,01	0,04
1.00	dactylis	DCA	PT	0,09	0,06	0,12
1.00	festuca	DBCA	PT	0,02	0,01	0,02
1.00	festuca	DCA	PT	0,08	0,08	0,08
1.00	raigrás	DBCA	PT	0,04	0,03	0,05
1.00	raigrás	DCA	PT	0,17	0,09	0,24
2.00	dactylis	DBCA	PT	0,34	0,25	0,41
2.00	dactylis	DCA	PT	0,52	0,48	0,56
2.00	festuca	DBCA	PT	0,21	0,15	0,27
2.00	festuca	DCA	PT	0,45	0,38	0,51
2.00	raigrás	DBCA	PT	0,34	0,26	0,41
2.00	raigrás	DCA	PT	0,85	0,49	1,16

Intervalo de confianza según tratamiento para la variable relación peso radicular/peso aéreo de leguminosas

Fecha	Variable	Especie	Dis.exp.	Estimación	Intervalo de Confianza (95%)	
					LI (95%)	LS (95%)
1.00	Rel PR/PA	LC	DBCA	5,71	4,72	6,68
1.00	Rel PR/PA	LC	DCA	3,29	2,52	3,96
1.00	Rel PR/PA	Tb	DBCA	0,23	0,17	0,28
1.00	Rel PR/PA	Tb	DCA	0,35	0,28	0,44
2.00	Rel PR/PA	LC	DBCA	5,97	5,07	6,80
2.00	Rel PR/PA	LC	DCA	4,58	3,70	5,57
2.00	Rel PR/PA	Tb	DBCA	0,24	0,21	0,28
2.00	Rel PR/PA	Tb	DCA	0,24	0,18	0,32

Intervalo de confianza según tratamiento para la variable relación peso radicular/peso parte aérea de gramíneas

FECHA	TRATAM	DE	Variable	Estimación	Intervalo de confianza	
					LI(95%)	LS (95%)
1.00	dactylis	DBCA	Rel PR/PA	0,17	0,11	0,24
1.00	dactylis	DCA	Rel PR/PA	0,48	0,46	0,49
1.00	festuca	DBCA	Rel PR/PA	0,21	0,12	0,31
1.00	festuca	DCA	Rel PR/PA	0,41	0,32	0,50
1.00	raigrás	DBCA	Rel PR/PA	0,21	0,16	0,25
1.00	raigrás	DCA	Rel PR/PA	0,29	0,29	0,29
2.00	dactylis	DBCA	Rel PR/PA	0,25	0,21	0,29
2.00	dactylis	DCA	Rel PR/PA	0,34	0,29	0,38
2.00	festuca	DBCA	Rel PR/PA	0,24	0,21	0,27
2.00	festuca	DCA	Rel PR/PA	0,34	0,33	0,35
2.00	raigrás	DBCA	Rel PR/PA	0,20	0,17	0,22
2.00	raigrás	DCA	Rel PR/PA	0,24	0,15	0,33