

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DEL NITRÓGENO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE  
VERDEOS INVERNALES PUROS Y MEZCLAS CON LEGUMINOSAS

por

Sepeé CÓRDOBA VALDEZ  
Jacinto FIGURINA VALDEZ  
Guillermo STIRLING CAORSI  
Felipe URIOSTE VIDAL

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2017

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. Ramiro Zanoniani

-----

Ing. Agr. Pablo Boggiano

-----

Ing. Agr. Javier García Favre

Fecha: 30 de junio de 2017

Autores: -----

Sepeé Córdoba Valdez

-----

Jacinto Pigurina Valdez

-----

Guillermo Stirling Caorsi

-----

Felipe Urioste Vidal

## **AGRADECIMIENTOS**

A Ramiro Zanoniani por su apoyo, dedicación y compromiso brindado a lo largo de toda la tesis.

A Javier, Laura y Fernanda por la ayuda brindada.

A Facultad de Agronomía y los departamentos de Proveeduría, Biblioteca y Bedelfás.

A nuestras familias y a todos aquellos que hicieron posible la realización de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	IX
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1. GENERALIDADES DE LAS ESPECIES SEMBRADAS.....	3
2.1.1. <u>Gramíneas invernales anuales</u> .....	3
2.1.2. <u>Leguminosas invernales anuales</u> .....	5
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES A EVALUAR.....	6
2.2.1. <u><i>Lolium multiflorum</i></u> (diploide y tetraploide).....	6
2.2.2. <u><i>Trifolium vesiculosum</i></u> .....	8
2.2.3. <u><i>Trifolium resupinatum</i></u> .....	10
2.3. DINÁMICA DEL CRECIMIENTO DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS.....	11
2.3.1. <u>Gramíneas</u> .....	11
2.3.2. <u>Leguminosas</u> .....	14
2.4. CARACTERÍSTICAS MORFOGENÉTICAS DE LAS GRAMÍNEAS.....	15
2.4.1. <u>Variables morfo genéticas</u> .....	15
2.4.1.1. Tasa de aparición de hojas (TAF).....	17
2.4.1.2. Tasa de elongación de hojas (TEF).....	18
2.4.1.3. Vida media foliar (VMF).....	19
2.4.2. <u>Efecto de los factores ambientales sobre los procesos</u>	

<u>morfogenéticos y las variables estructurales de la pastura</u> .	19
2.4.2.1. Efecto de la temperatura .....	20
2.4.2.2. Efecto de la calidad y cantidad de luz .....	21
2.4.2.3. Efecto del agua sobre la expansión foliar .....	23
2.4.2.4. Efecto de la defoliación .....	24
2.4.2.5 Efecto del enmalezamiento sobre la pastura .....	25
2.5. <u>PRODUCCIÓN DE FORRAJE</u> .....	26
2.5.1. <u>Distribución estacional de la oferta forrajera</u> .....	26
2.5.1.1 Oferta forrajera del <i>Trifolium vesiculosum</i> (cv sagit).....	27
2.5.1.2. Oferta forrajera del <i>Trifolium resupinatum</i> .....	27
2.5.1.3. Oferta forrajera del <i>Lolium multiflorum</i> .....	29
2.5.2. <u>Factores de manejo que determinan la producción</u> .....	30
2.5.2.1. Época de siembra .....	30
2.5.2.2. Defoliación.....	31
2.5.3. <u>Factores que afectan el rebrote</u> .....	32
2.5.3.1. Puntos de crecimiento.....	32
2.5.3.2. Área foliar remanente.....	34
2.5.3.3. Sustancias de reserva.....	35
2.5.4. <u>Macollaje</u> .....	37
2.6. <u>FERTILIZACIÓN</u> .....	38
2.6.1. <u>Nitrógeno</u> .....	39
2.6.1.1. Momento de aplicación .....	40
2.6.1.2. Efecto del nitrógeno en la composición botánica.....	41
2.6.1.3. Efecto del nitrógeno en la producción de materia seca	41
2.6.1.4. Efecto del nitrógeno en las variables morfogenéticas de gramíneas .....	42
2.6.1.5. Efecto del nitrógeno sobre la fijación biológica .....	43

2.6.2. <u>Fósforo</u> .....	44
2.6.2.1. Requerimientos diferenciales de especies.....	45
2.6.2.2. Requerimientos para implantación.....	45
2.6.2.3. Efecto del fósforo en la fijación de nitrógeno .....	47
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	48
3.1. <u>CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES</u> .....	48
3.1.1. <u>Lugar y período experimental</u> .....	48
3.1.2. <u>Información meteorológica</u> .....	48
3.1.3. <u>Descripción del sitio experimental</u> .....	48
3.1.4. <u>Antecedentes del área experimental</u> .....	49
3.1.5. <u>Tratamientos</u> .....	49
3.1.6. <u>Diseño experimental</u> .....	50
3.2. <u>METODOLOGÍA EXPERIMENTAL</u> .....	51
3.2.1. <u>Variables de crecimiento</u> .....	51
3.2.1.1. <u>Altura del disponible</u> .....	51
3.2.1.2. <u>Biomasa disponible</u> .....	52
3.2.1.3. <u>Composición botánica</u> .....	52
3.2.2. <u>Variables de desarrollo</u> .....	53
3.2.2.1. <u>Número de macollos por planta</u> .....	53
3.2.2.2. <u>Número de hojas de trébol por planta</u> .....	54
3.2.2.3 <u>Peso promedio de macollo</u> .....	54
3.2.2.4. <u>Relación lámina/vaina</u> .....	54
3.3. <u>HIPÓTESIS</u> .....	55
3.3.1. <u>Hipótesis biológica</u> .....	55
3.3.2. <u>Hipótesis estadística</u> .....	55
3.4. <u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u> .....	55
3.4.1. <u>Modelo estadístico</u> .....	55

4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	57
4.1. <u>DATOS METEOROLÓGICOS</u> .....	57
4.1.1. <u>Precipitaciones</u> .....	57
4.1.2. <u>Temperatura</u> .....	59
4.2. <u>OTOÑO</u> .....	61
4.2.1. <u>Variables de crecimiento</u> .....	61
4.2.1.1. <u>Producción de materia seca</u> .....	61
4.2.1.2 <u>Altura disponible</u> .....	71
4.2.1.3. <u>Relación entre altura y producción</u> .....	72
4.2.1.4. <u>Composición gravimétrica de la pastura</u> .....	74
4.2.2 <u>Variables de desarrollo</u> .....	83
4.2.2.1 <u>Número de macollos</u> .....	83
4.2.2.2 <u>Peso de macollos</u> .....	85
4.2.2.3 <u>Número de macollos en función del peso</u> .....	86
4.2.2.4 <u>Relación lámina/vaina</u> .....	87
4.3 <u>INVIERNO – PRIMAVERA</u> .....	89
4.3.1 <u>Variables de crecimiento</u> .....	89
4.3.1.1 <u>Producción de materia seca</u> .....	89
4.3.1.2 <u>Composición gravimétrica</u> .....	91
4.3.2 <u>Variables de desarrollo</u> .....	99
4.3.2.1 <u>Número de macollos</u> .....	99
4.3.2.2 <u>Peso de macollos</u> .....	100
4.3.2.3 <u>Número de macollos en función del peso</u> .....	101
4.3.2.1 <u>Relación lámina/vaina</u> .....	102
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	104
6. <u>RESUMEN</u> .....	105
7. <u>SUMMARY</u> .....	107

8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	109
9. <u>ANEXOS</u> .....	121

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Producción de forraje del trébol vesiculoso .....	27
2. Rendimiento de materia seca y tasa de acumulación de materia seca .....	28
3. Producción de materia seca (kg/há) por tratamiento para las seis fechas de mediciones otoñales .....	62
4. Tasa de crecimiento instantánea (kg/há) por tratamiento para las seis fechas de mediciones otoñales .....	64
5. Tasa de crecimiento media (kg/há) por tratamiento para las seis fechas de mediciones otoñales .....	65
6. Evolución de la altura (cm) promedio por tratamiento para las seis fechas de mediciones otoñales .....	71
7. Evolución de la fracción gramíneas en kg de MS/ha para los tratamientos mezcla durante el período otoño-invernal .....	75
8. Evolución de la fracción gramíneas en kg de MS/ha para los tratamientos puros durante el período otoño-invernal .....	77
9. Crecimiento (kg/há de MS) de gramíneas para los tratamientos fertilizados .....	77
10. Evolución de la fracción leguminosas en kg/ha .....	78
11. Relevamiento de la fracción malezas para tratamientos sembrados en mezcla y puros (kg de MS/ha .....	80
12. Evolución del número de macollos/planta en los diferentes tratamientos para las mediciones otoño- invernales .....	83

13. Evolución del número de macollos promedio para las diferentes fechas de corte, analizando diferencias entre fechas .....	84
14. Evolución del peso de macollos (gramos) en los diferentes tratamientos para las mediciones otoño-invernales .....	85
15. Relación lámina/vaina para el período otoñal.....	87
16. Producción de materia seca en kg/ha para cada tratamiento en el período invierno-primaveral .....	89
17. Evolución de la materia seca en kg/ha de la fracción gramíneas para cada tratamiento, en el período invierno-primavera .....	93
18. Evolución de la materia seca en kg/ha de la fracción leguminosas para cada tratamiento, en el período invierno-primaveral .....	95
19. Peso estimado en kg de MS/ha de la fracción malezas para los cuatro tratamientos .....	96
20. Evolución del número de macollos/planta en los diferentes tratamientos para las mediciones invierno-primaverales.....	99
21. Evolución del peso de macollos/planta en los diferentes tratamientos para las mediciones invierno-primaverales .....	100
Figura No.	
1. Representación esquemática de un macollo de gramínea.....	12
2. Relaciones entre características morfogénicas de las plantas y variables estructurales de las pasturas.....	16
3. Producción estacional de dos cultivares de raigrás y uno de avena .....	30
4. Mapa del diseño experimental.....	50
5. Registro de precipitaciones mensuales para el año en estudio y para el registro histórico.....	57
6. Registro de temperaturas medias del año 2016 y la temperatura media	

del promedio histórico.....	59
7. Registro promedio de temperaturas medias, máximas y mínimas para el año 2016, comparadas con la temperatura media del promedio histórico .....	60
8. Evolución del crecimiento (kg/há de MS) en función del tiempo de medición .....	66
9. Evolución del crecimiento (kg/ ha de MS) en función del tiempo térmico (°C/día .....	67
10. Evolución del crecimiento (kg/ ha de MS) en función de la radiación promedio (Watts/m2 .....	69
11. Producción al último corte, en relación con el primero, expresado en porcentaje para los cuatro tratamientos.....	70
12. Correlación de la altura y la producción de materia seca de los diferentes tratamientos en función del tiempo, para el período otoño-invernal .....	72
13. Composición gravimétrica en kg/ha de materia seca, para cada tratamiento en la estación de otoño.....	74
14. Porcentaje fracción gramíneas y leguminosas, en función de la suma de ambas para el primer y último corte de la estación otoño-invernal .....	79
15. Porcentaje de la fracción malezas según tratamiento para la primera y última medición del período otoño-invernal .....	81
16. Porcentaje de materia seca correspondiente a la fracción restos secos según tratamientos para las mediciones del período otoño-invernal .....	82
17 Evolución del número de macollos por planta en función del tiempo para cada tratamiento.....	84
18. Evolución del peso de macollo en función del número de macollos por planta para cada tratamiento.....	86
19. Composición gravimétrica en kg/ha de materia seca, para cada tratamiento en las estaciones de invierno y primavera.....	91

20. Porcentaje de la fracción malezas según tratamiento para la primer y última medición del período invierno-primaveral .....	97
21. Porcentaje de materia seca correspondiente a la fracción restos secos según tratamientos para las mediciones del período invierno-primaveral...	98
22. Evolución del peso de macollo en función del número de macollos por planta para cada tratamiento .....	101
23. Comparación de la relación peso lámina/peso vaina (g) en el primer y último corte de la estación invierno-primaveral.....	102

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista económico-productivo, Uruguay es un país en el cual la producción agropecuaria posee gran importancia, representado en promedio entre los años 2007 y 2014, el 8% del PBI total y casi un 76% de las exportaciones en 2014 (MGAP. DIEA, 2016). La producción agropecuaria promedio por subsector en dólares corrientes correspondió en el año 2014 a 47,4% para la pecuaria, 46,9% para la agricultura y 5,7% para la silvicultura. Si bien la producción pecuaria es superior, se encuentra casi igualada por la agricultura, la cual demuestra un avance teniendo en cuenta que en el año 2008 los porcentajes arrojados para los tres rubros correspondían al 60%, 32% y 8% respectivamente.

Sobre el total de 16.357.000 hectáreas explotadas se han producido cambios referentes a las regiones agropecuarias. Desde la década del 90 hasta 2011, la ganadería pasó de 71% a 40%, cediendo territorio a la agricultura de secano y a la producción arroceras, que avanzaron de 17% a 30% y de 4% a 11% respectivamente. Cabe destacar que el mayor aumento se observó en la región que ocupa el subsector forestal, el cual tuvo un significativo incremento de 1% a 15% (MGAP. DIEA, 2013). Estos cambios sobrevinieron a modo de integración de rubros, aumentando el número de sistemas agrícola-ganaderos, agrícola-arroceros y silvo-pastoriles, mientras que los establecimientos netamente ganaderos disminuyeron. En 2011, 64% del área explotada correspondía a campo natural, 4,2% a campo natural mejorado, 3,6% a cultivos forrajeros anuales y 5,7% a praderas artificiales. La intensificación de los sistemas productivos ha llevado a la disminución de la superficie de campo natural, la cual correspondía a 74,9% (MGAP. DICOSE, 2008), manteniéndose el stock vacuno como la producción de carne sin variaciones significativas. El incremento en el porcentaje de pasturas y verdeos dentro de las rotaciones agrícolas se debió a la aplicación del decreto por el cual el MGAP exige un plan de uso y manejo responsable de suelos, el cual comenzó a regir a partir del año 2013.

Estos factores dan lugar a un incremento en el uso de pasturas sembradas, valorándose los conocimientos desarrollados sobre estas, a fin de poder aumentar su producción y utilización, obteniendo un mejor resultado económico en el desarrollo de la actividad.

Dentro de este marco se planteó el siguiente trabajo de investigación, que traza como objetivo evaluar la curva de crecimiento de una mezcla forrajera

anual, desde otoño hasta primavera. La mezcla, cuyo nombre comercial es "Speed Mix" está compuesta por 70,5% de *Lolium multiflorum* (27% cv.Sabroso, 20% cv.E284, 17,5% cv.Moro y 6% cv.Braçelim), 23,5% de *Trifolium resupinatum* (cv.Maral) y 6% de *Trifolium vesiculosum* (cv.Sagit). Además de construir la curva de crecimiento y evaluar la producción de materia seca, se aplican diversos tratamientos variando los componentes de la mezcla en diferentes parcelas y modificando las dosis de nitrógeno suministradas. Se realiza una evaluación de las principales variables morfogénicas que contribuyen a la estructura de la pastura y cómo dichas variables se ven modificadas en los distintos tratamientos.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. GENERALIDADES DE LAS ESPECIES SEMBRADAS

Los verdeos son cultivos forrajeros anuales que constituyen elementos fundamentales en la producción de materia seca (Carámbula, 2002a). Los cultivos forrajeros cumplen exitosamente la misión de recargar la entrega de forraje en las épocas críticas de invierno y verano, cuando las especies perennes disminuyen su productividad (Carámbula, 2002a).

Las características principales que presentan los cultivos son las de fácil implantación y manejo, integrando cosechas de alta productividad en un período corto de tiempo. Sin embargo, un aspecto que puede considerarse negativo es el alto costo de instalación que posee, siendo superiores a los de las pasturas cultivadas dado que estas últimas son amortizadas de acuerdo con la longevidad de la pastura (Carámbula, 2002a).

Con el fin de que los cultivos sean realmente rentables, deberán ofrecer rendimientos elevados de materia seca de buena calidad en momentos en que las pasturas cultivadas sean incapaces de cubrir los requerimientos animales (Carámbula, 2002a). De esta manera, conocer los principios del crecimiento de las plantas que componen los verdeos o praderas resulta fundamental para el manejo apropiado del pastoreo.

#### 2.1.1. Gramíneas invernales anuales

Los raigrases anuales son pastos que no presentan grandes dificultades para su implantación. Si bien su crecimiento es más lento que el de los cereales al principio del ciclo, resulta este más largo que el de los cereales (Carámbula, 2002a).

La producción se realiza en invierno, sin embargo su mayor entrega de forraje se registra en primavera, cuando presenta altas tasas de crecimiento, provocando un rápido exceso en la producción de forraje. Como consecuencia exige una cuidadosa y acertada administración del forraje y del pastoreo, así como también de la elaboración de ensilaje, henolaje y henificación (Carámbula, 2002a).

Durante la etapa bajo pastoreo directo, los mejores resultados se logran pastoreando en forma intermitente, con aplicaciones de nitrógeno entre pastoreos. Estas gramíneas anuales presentan una respuesta significativamente mayor a la de los cereales, mostrando una eficiencia netamente superior a estos en el uso del nitrógeno y en las posibilidades de ser utilizados en pastoreo diferido luego de la aplicación de dicho nutriente (Colabelli et al., 1998).

Al final de su ciclo florecen y fructifican en abundancia. Al ser especies anuales, su persistencia en la pastura se asegura siempre y cuando se siembren y se resiembren naturalmente, lo que sucede con gran facilidad.

La ocurrencia de veranos muy secos para los cultivares alternativos de raigrás, los cuales no florecen en siembras de primavera, puede ser nefasta para la población de plantas adultas que deben pasar el verano. Ocurre debido a que su semillazón y resiembra natural se produce recién a fines del segundo año, problema que se presenta con igual intensidad en los raigrases bianuales (Carámbula, 2002b).

Con respecto a la época de siembra de otoño, se recomiendan las siembras tempranas con el objetivo de disponer de forraje para el pastoreo lo más temprano posible (Carámbula, 2002b). Estas fechas de siembra pueden reducir el desarrollo del sistema radicular, sin embargo la evolución de las temperaturas del suelo cada vez menores y la disponibilidad de agua cada vez mayor, permitiría a los sistemas radiculares crecer y presentarse más extendidos y activos a medida que avanza la época crítica otoño-invierno (Carámbula, 2002b). Si la época de siembra se atrasa, los suelos comienzan a saturarse de agua y presentan menos oxígeno, pudiendo inhibir el crecimiento de las raíces de las plantas a fines de invierno y principios de primavera (Carámbula, 2002b).

Este comportamiento podrá alterar la relación parte aérea-raíz y como resultado se producirá una disminución de la producción de forraje para la época, provocando fundamentalmente un aumento en la susceptibilidad a los factores negativos que imponen los posibles déficit hídricos a medida que comienza la primavera (Carámbula, 2002b). Los efectos negativos que se hacen más evidentes en las gramíneas anuales invernales en cultivares tardíos, coinciden con las etapas correspondientes al alargamiento de los entrenudos y

la formación de las inflorescencias, las cuales demandan volúmenes elevados de agua (Carámbula, 2002b).

Teniendo en cuenta estos factores, si se realiza la siembra en la fecha correcta se podrá obtener no solamente tasas elevadas de crecimiento diario del cultivo sino además, se podrá completar los procesos de floración y semillazón exitosamente (Carámbula, 2002b). Conduciendo a volúmenes importantes de materia seca de elevada calidad, los cuales permitirán ser destinados a reservas forrajeras, las que ofrecen amplio aprovechamiento en cualquier establecimiento pecuario (Carámbula, 2002b).

### 2.1.2. Leguminosas invernales anuales

De acuerdo a Carámbula (2002a) la gran mayoría de las leguminosas anuales tienen su origen en la cuenca del Mediterráneo, desde donde emigraron hacia otras regiones del mundo con climas similares de inviernos templados, veranos secos y calurosos, así como zonas húmedas templadas.

El rol principal de las leguminosas anuales en esta región consiste en formar parte de pasturas sembradas, conjuntamente con gramíneas y otro tipo de leguminosas, ya sea de ciclo anual o perenne.

Además de producir un forraje rico en el aporte de proteínas, las leguminosas anuales suministran nitrógeno al suelo, el cual resulta necesario para su desarrollo. Debido que el nivel de nitrógeno es elevado en el suelo, podrá ser utilizado por las siguientes gramíneas, permitiendo ahorro energético y leguminosas más exigentes en su fertilidad (Carámbula, 2002a).

Una de las características principales que debe presentar una especie anual es la habilidad de regenerarse por resiembra natural y persistir en una pastura. De nada vale que una forrajera tenga excelentes rendimientos si falla en dicho aspecto (Carámbula, 2002b).

Quinlivan, citado por Carámbula (2002b) enfatiza en que la capacidad para la producción de semillas es un requisito básico que las leguminosas anuales necesitan tener. Sin embargo, no alcanza con que tengan dicho carácter, también deben presentar dureza seminal y/o latencias o letargo embrionario. En el primer caso las semillas no germinan debido a que el pericarpio impide la absorción del agua y por lo tanto su entrada a la semilla. En

el segundo caso, las semillas que están completamente embebidas en agua no germinan debido a la probable falta de madurez del embrión. Es decir, mientras la dureza es un seguro frente a rompimientos falsos en la estación, la latencia dura unos meses, previniendo la germinación temprana en momentos donde las condiciones ambientales son desfavorables. Ambos mecanismos (dureza seminal y latencia embrionaria) resultan de vital importancia en las leguminosas anuales dado que su permanencia en las pasturas depende fundamentalmente de los procesos de semillazón, resiembra natural y germinación al siguiente otoño (Carámbula, 2002b).

## 2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES A EVALUAR

La participación de diferentes especies y/o cultivares que actúan como componentes complementarios asociados en forma inteligente en el espacio y en el tiempo, permiten lograr cultivos forrajeros de alta eficiencia (Carámbula, 2002a).

Lo importante es que para lograr este éxito en cualquier establecimiento, la materia seca debe ser producida de tal forma que permita obtener del producto final — carne, leche o lana — un alto margen de ganancias. Resulta fundamental disponer de forraje en la forma más económica y con técnicas sencillas que promuevan una rentabilidad segura (Carámbula, 2002a).

Frente a estos propósitos, las especies a evaluar en el siguiente trabajo: *Lolium multiflorum*, *Trifolium vesiculosum* y *Trifolium resupinatum* resultan ser especies denominadas de alta eficiencia.

### 2.2.1. *Lolium multiflorum* (diploide y tetraploide)

Se trata de un pasto de origen mediterráneo que se encuentra naturalizado en los campos de la región desde la llegada de los primeros colonizadores. Es una de las mejores gramíneas de invierno y debido a sus excelentes atributos, resulta difícil ser superada por la mayoría de las especies forrajeras (Carámbula, 2002a).

El raigrás es una gramínea anual invernal C3. Presenta un hábito de crecimiento cespitoso, con buen desarrollo radicular y producción de biomasa.

Se adapta a distintos tipos de suelo, aunque expresa mayor productividad en suelos fértiles. Muestra muy buena entrega de forraje en invierno y primavera, variando sus rendimientos de acuerdo a los distintos niveles de fertilidad del suelo. Presenta un alto valor nutritivo y una muy buena apetecibilidad (Carámbula, 2002a).

Posee la capacidad de soportar pastoreos intensos y tiene un excelente rebrote con gran número de macollas. Su capacidad de semillazón es buena y su resiembra es fácil a medida que se incrementa la fertilidad del suelo. Se muestra poco afectado por roya y pulgón (Carámbula, 2002a).

Según Carámbula (2002a), las recomendaciones frente a las densidad de siembra son de 20-30 kg/ha para siembras puras, de 10-15 kg/ha en mezclas con avena o centeno y de 3-5 kg/ha en mezclas mixtas con perennes.

Dentro de sus debilidades, se destaca que esta especie debe reimplantarse todos los años desde la semilla y la precocidad depende de veranos secos y otoños húmedos tempranos. Presenta un rápido descenso del valor nutritivo luego de la emergencia de la inflorescencia (Carámbula, 2002a).

Con respecto al pastoreo directo, los raigrases anuales se ofrecen como plantas rústicas agresivas y muy macolladoras, soportando perfectamente el pisoteo y el diente del animal, además de ofrecer buen piso y rebrote rápido, dado su activo proceso de macollaje.

Los raigrases anuales son gramíneas preferenciales para constituir praderas tanto de corta duración (bianuales) como de larga duración (perennes) a fin de darles precocidad en el año de siembra (Carámbula, 2002a).

Los cultivares correspondientes a la especie *Lolium multiflorum* pueden definirse y clasificarse por los requerimientos de frío para florecer (con y sin requerimientos) y por el nivel de ploidía (2n y 4n), diploides y tetraploides respectivamente. La combinación de estas características genera cuatro grupos distintos. Debido a que se presenta una variación importante en ciclos de crecimiento, existe dentro de cada uno de los grupos, un amplio matiz de cultivares con características diferentes (Carámbula, 2002a).

Con respecto al requerimiento de frío, dentro de la especie *Lolium multiflorum*, el tipo *westerwoldicum* no requiere vernalización y florece con los días largos. Se encuentran cultivares no alternativos, como LE 284 e INIA

Cetus. El *Lolium multiflorum* de tipo *multiflorum* posee requerimientos de frío para florecer. En las siembras tardías de invierno y primavera continúan en estado vegetativo hasta el año siguiente, siempre que las condiciones de humedad del verano lo favorezcan (Carámbula, 2002a).

Los atributos positivos de esta forrajera han llevado a la creación y desarrollo de cultivares tetraploides por el uso de colchicina, los cuales presentan ventajas y desventajas frente a los diploides y constituyen nuevas opciones dentro de la oferta de raigrases.

Las principales diferencias que se encuentran de los cultivares tetraploides frente a los diploides, es la presencia de ciclos más largos, mayor apetecibilidad al presentar mayor contenido de CHO solubles, mayor cantidad de forraje producido en primavera. No obstante presentan producción de forraje similar, mayor tamaño de semilla que permite mayor vigor inicial, menor resistencia al pastoreo, menor densidad de macollas y macollas de mayor tamaño y erectas, requerimiento de suelos más fértiles, menor capacidad de semillazón, resiembra natural y menor persistencia (Carámbula, 2002a).

### 2.2.2. *Trifolium vesiculosum*

El *Trifolium vesiculosum* es una leguminosa anual invernada de hábito de crecimiento erecto. Es una especie que presenta adaptación a suelos arcillosos pero no tolera suelos mal drenados o sujetos a encharcamiento. Posee una considerable tolerancia a la sequía y presenta buen vigor inicial (Carámbula, 2002a).

Esta especie demuestra mayor producción de forraje que otros tréboles anuales y tiene muy buena calidad nutritiva. No acepta pastoreos severos y requiere de rastrojos no inferiores a 10 cm. Muestra una buena capacidad de resiembra natural y un alto potencial de fijación de nitrógeno (Carámbula, 2002a).

Su desarrollo radicular se exhibe profundo, permitiéndole extraer nutrientes y agua, con lo que extiende el período de crecimiento y permanece verde por más tiempo que las pasturas anuales y otras leguminosas tradicionales (Ovalle et al., 2005).

Sus hojas trifoliadas son de gran tamaño. Cada foliolo tiene forma de flecha con una marca grande de color blanco en forma de "V". Las flores son blancas con una leve coloración púrpura. La semilla es de tamaño dos veces mayor que la de trébol blanco (Ovalle et al., 2005).

La principal característica es su raíz pivotante capaz de lograr arraigamiento profundo (1,5 m) permitiéndole mantenerse verde y productivo, aún después que los pastos anuales tradicionales se han secado (Oram, citado por Bustos, 2002).

El trébol vesiculoso aparece más comúnmente en el Estado de Rio Grande del Sur (Brasil).y norte de Uruguay. Se trata de un trébol con alta germinación a temperaturas bajas (Carámbula, 2002a).

Carámbula (2002a) aconseja que su siembra se haga con gramíneas tales como mezclas de avena o raigrás para pastoreo o corte y con algún otro cereal. En esta última opción el cultivo tendría que ser destinado a heno o semilla. La densidad de siembra recomendada es de 6 a 8 kg/ha.

Muestra buena producción en suelos fértiles y bien drenados, sin embargo no se comporta correctamente en suelos ácidos, con mal drenaje y de baja fertilidad. La resiembra natural resulta positiva debido a la elevada producción de semillas duras. *Trifolium vesiculosum* presenta su mayor crecimiento de invierno a primavera y se extiende hasta principios de verano (Frame, s.f.).

Es una leguminosa anual con mayores exigencias en fertilidad que otros tréboles (como el subterráneo) por lo que su primer crecimiento es lento, particularmente en el año de siembra, en el que la producción de forraje es tardía (Carámbula, 2002a). En cambio en las resiembras naturales produce forraje en épocas más tempranas, permitiendo ofrecer una mayor producción invernal como resultado de una germinación adelantada, un proceso rápido de nodulación y una población mayor de semillas, favoreciendo un crecimiento anticipado en otoño (Carámbula, 2002a).

Durante varios meses las plantas permanecen con hábito postrado en forma de roseta, permaneciendo sus meristemos de crecimiento cerca del suelo y fuera del alcance de los animales. Como resultado, permite recibir pastoreos continuos sin inconvenientes serios, aún en inviernos húmedos. No obstante a medida que aumenta la temperatura desarrolla tallos erectos y a pesar de

adoptar este hábito de crecimiento, se adapta al pastoreo sin problemas. Cuando los tallos alcanzan 15-20 cm de altura puede ser pastoreado, pero cuando éstos miden 10 cm el ganado debe ser retirado de la pastura (Carámbula, 2002a).

### 2.2.3. *Trifolium resupinatum*

El *Trifolium resupinatum*, conocido como trébol persa, es originario de Europa Central y Sur, el Mediterráneo y suroeste de Asia, siendo un cultivo de heno importante en regiones frías de Irán, Afganistán y otras zonas de Asia con inviernos fríos (INIA, 2012).

Presenta hojas grandes, raíces robustas y ramificadas, tallos gruesos y huecos que pueden alcanzar 90 cm de altura. Presenta bajos niveles de semillas duras (INIA, 2012). Con respecto al valor nutricional, la especie posee una elevada digestibilidad y altos contenidos en proteína bruta (16-28%). Es una especie muy palatable, sin embargo puede causar meteorismo (UPNA, s.f.).

Esta especie es una leguminosa anual invernal o bianual de resiembra natural y de hábito de crecimiento erecto (INIA, 2012). Se adapta a suelos bajos, pesados y húmedos, tolera las heladas intensas, manteniéndose verde, si bien se desarrolla más lentamente a bajas temperaturas (INIA, 2012) durante el invierno. En primavera presenta una buena producción. Dentro de las variedades más conocidas, las ssp. *majus* son más productivas.

Puede sembrarse en otoño-invierno (desde marzo hasta agosto), no obstante para la producción de forraje se recomiendan siembras tempranas en otoño (marzo-inicios de abril) a fin de potenciar el crecimiento invernal y a inicios de primavera. Siembras más tardías deprimen la producción forrajera aunque podrían aplicarse para sistemas donde se busca la producción de semilla. En siembras tempranas de otoño puede producir 7-8 ton MS/ha/año, sin embargo en años favorables con primavera húmeda e invierno no tan severo, su potencial de producción puede situarse por encima de las 10 ton MS/há/año (INIA, 2012).

La recomendación para la densidad de siembra según INIA (2012), es entre 6 y 8 Kg/ha en siembras puras, mientras que en mezclas con gramíneas se debería utilizar de 4 a 6 kg/ha. Presenta buena respuesta al fósforo y sus

máximos potenciales se alcanzan con niveles de 14 ppm (Bray I).en el suelo (INIA, 2012).

El *Trifolium resupinatum* muestra la capacidad de implantarse correctamente en siembras al voleo en coberturas, si bien puede tener incrementos en producción si se utiliza siembra directa en líneas. Presenta distintas formas de aprovechamiento: la sub. especie *majus* se utiliza preferentemente para la obtención de forraje, donde se realizan los primeros cortes en primavera. Al presentar un rebrote rápido, permite la obtención de 2 a 3 cortes más, todo dependiendo de las condiciones climáticas y edáficas.

La sub. especie *resupinatum* se utiliza para pastoreo. En especial se aconseja las prácticas de pastoreo diferido a fin de permitir la producción de semillas y asegurar la resiembra natural (UPNA, s.f.). La ausencia de semillas duras provoca riesgos de pregerminado de las semillas en la inflorescencia ante eventos de lluvias reiteradas (INIA, 2012).

Su inclusión en verdeos anuales con gramíneas (raigrás/avena) puede contribuir a alargar el ciclo y aumentar la calidad. Se podría asociar con gramíneas y leguminosas bianuales/perennes, realizando un aporte en el primer año y las otras en el segundo y tercer año (INIA, 2012).

Constituye una nueva opción para ser utilizada como cobertura entre cultivos, en forma pura o en mezclas, logrando incorporar nitrógeno al sistema vía fijación biológica (INIA, 2012).

## 2.3. DINÁMICA DEL CRECIMIENTO DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS

### 2.3.1. Gramíneas

El macollo, en gramíneas, se considera como la unidad morfológica central. Está formado por la repetición de unidades similares llamadas fitómeros, que se diferencian a partir del mismo meristema apical. El fitómero consiste en una hoja, nudo, entrenudo, meristema axilar y meristema intercalar (Colabelli et al., 1998).

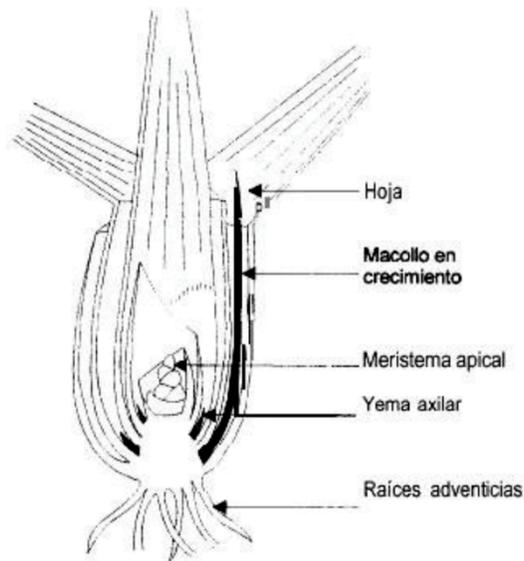


Figura No. 1. Representación esquemática de un macollo de gramínea.

Fuente: Colabelli et al. (1998).

El número y longitud de los fitómeros determina variaciones en macollos individuales y el arreglo espacial de macollos en una planta determina su estructura, pudiéndose encontrar macollos intravaginales que generalmente dan una forma de crecimiento compacta y macollos extravaginales que determinan mayor distancia entre macollos, dando una forma de crecimiento esparcida (Briske, citado por Colabelli et al., 1998).

En la base del macollo se encuentra el ápice del tallo, que es un pequeño cilindro que mide de 1 a 2 mm de longitud, formado por varios segmentos superpuestos unidos por nudos. Estos segmentos se originan por la división de células de la parte terminal del ápice del tallo (domo apical).

Los segmentos no se elongan durante la fase vegetativa, por lo que el ápice del tallo permanece en la base del macollo, cerca del nivel del suelo y por debajo de la altura normal de corte o pastoreo (Beguet y Bavera, 2001).

El encargado de captar la temperatura (vernalización) es el ápice, que recibe además los estímulos fotoperiódicos para la iniciación floral, captados previamente por las hojas (Carámbula, 2002a)

A medida que el domo apical va dando origen a nuevos segmentos, los más viejos van produciendo hojas. Las hojas crecen en forma de vaina cubriendo los segmentos más nuevos y el domo apical. Estos sucesivos segmentos más nuevos dan origen a nuevas hojas que crecen dentro de las vainas y hojas más viejas. Las hojas se forman de manera alternada a cada lado de los segmentos. Al elongarse, las vainas van emergiendo en forma de láminas en el extremo superior de las vainas más viejas. El conjunto de vainas da lugar al pseudotallo o tallo vegetativo (Beguet y Bavera, 2001).

A medida que la hoja crece, recibe metabolitos de la hoja precedente. Cuando se va haciendo visible, se inicia en su punta los procesos de fotosíntesis y transpiración, donde comienza a independizarse desde el punto de vista nutricional (Carámbula, 2002a).

Cuando la lígula queda expuesta a la luz, toda la hoja deja de crecer. Por lo tanto una vez desarrollada, tiene la capacidad de aportar nutrientes a hojas que le suceden, como macollas hijas y raíces. Sin embargo a medida que envejecen, los aportes van disminuyendo y aun estando verdes mucho antes de su muerte, pueden ser ineficientes (Williams, citado por Carámbula, 1977).

En pasturas mal manejadas este aspecto resulta relevante, debido a que la falta de luz por densidad excesiva puede llegar a provocar la muerte anticipada de la hoja madura, lo cual trae como consecuencia la pérdida de materia seca. Sin embargo, luego de una defoliación la velocidad de fotosíntesis de la hoja vieja se incrementa como resultado de una mayor disponibilidad de luz (Carámbula, 1977).

Los segmentos del ápice del tallo (domo apical) cuenta con yemas axilares que pueden originar nuevos macollos (Beguet y Bavera, 2001). A su vez, las hojas de dichos macollos presentan yemas axilares que dan lugar a nuevos macollos (Carámbula, 2002a). Este proceso se denomina como macollaje.

De acuerdo a Jewiss, citado por Carámbula (2002a) el macollaje cumple tres principales funciones: ayuda al establecimiento de las plántulas asegurando la rápida producción de área foliar para interceptar luz y competir con malezas. Resulta esencial para la regeneración de la pastura compensando la mortalidad de plantas vecinas y confiere perennidad a la planta, dada la habilidad que posee para presentar elevada longevidad.

A medida que se va modificando la longitud del día (pasaje de día corto a día largo) sumado a una exposición previa a bajas temperaturas, se induce la diferenciación del meristema apical a reproductivo (Colabelli et al., 1998).

Esta inducción ocurre alrededor de 90 días antes de la aparición de la inflorescencia. Una vez realizado el proceso, se desencadenan cambios morfológicos y fisiológicos importantes. Normalmente en el desarrollo reproductivo se acelera la aparición de hojas. A medida que el alargamiento de entrenudos ocurre y se acelera la velocidad de aparición de hojas, se produce un incremento de hojas vivas por macollo respecto al número máximo durante la etapa vegetativa (Colabelli et al., 1998).

Al momento de iniciación floral cesa la producción de hojas debido a que el punto de crecimiento se transforma en inflorescencia y así comienza el período de dominancia apical, en el cual se ejerce un efecto depresivo en el proceso de macollaje, inhibiendo la aparición de macollas hijas (Carámbula, 2002a).

### 2.3.2. Leguminosas

En las leguminosas de porte erecto, durante su estado vegetativo el tallo principal, originado en el embrión de la semilla, tiene en la parte terminal un meristema que da origen a hojas alternadas con yemas axilares (Beguet y Bavera, 2001). El tallo permanece corto contra el suelo y a medida que aparecen hojas sucesivas, toma el aspecto de roseta. En las axilas de dichas hojas aparecen los tallos secundarios, por lo que al repetirse progresivamente este proceso, da origen a un órgano común a todos los tallos, llamado corona (Carámbula, 2002a).

La corona es un órgano complejo que constituye el asiento de los meristemas axilares. A partir de estos, se desarrollan nuevos tallos (regeneración), particularmente en ciertas épocas del año y luego de pastoreos o cortes (Carámbula, 2002a).

Las leguminosas alargan continuamente sus entrenudos, dado que los meristemas nodales intercalares de los tallos están activos desde el inicio del crecimiento (Formoso, citado por Carámbula, 2002a). El primer crecimiento de las leguminosas erectas en otoño se realiza principalmente a partir de los meristemas basales de la corona. Los crecimientos posteriores se originan a

partir de los meristemas axilares nodales presentes en los entrenudos basales remanentes de los tallos pastoreados (Smith, citado por Carámbula, 2002a).

Con respecto a las leguminosas de porte rastrero, por ejemplo el trébol blanco, los meristemas axilares de la corona producen tallos horizontales rastreros sobre el suelo (estolones) o debajo de la superficie del suelo (rizomas, Carámbula, 2002a).

Al igual que las gramíneas, el desarrollo reproductivo de las leguminosas presenta el mismo comportamiento ya que la interacción genotipo-ambiente produce el alargamiento de entrenudos y la iniciación floral, por lo cual los puntos de crecimiento en estado vegetativo pasan a estado reproductivo (Carámbula, 2002a).

## 2.4. CARACTERÍSTICAS MORFOGENÉTICAS DE LAS GRAMÍNEAS

### 2.4.1. Variables morfogénéticas

La aplicación de conocimientos generados sobre la morfogénesis de las distintas especies vegetales que componen las pasturas, de qué manera la morfogénesis afecta la estructura del pasto y sus consecuencias sobre el comportamiento ingestivo, y el desempeño del animal en pastoreo, es la forma de originar recomendaciones de manejo. El objetivo es lograr un aumento de producción y de renta sin comprometer el ecosistema y agregando nuevos valores que sean efectivamente reconocidos y repasados al productor (Nabinger y De Faccio Carvalho, 2009).

Según Chapman y Lemaire, citados por Carámbula (2002b) la morfogénesis es la dinámica con la cual se generan y expanden las plantas en el espacio. Incluye la tasa de aparición y expansión de nuevos órganos y su tasa de senescencia y descomposición. Dicho concepto puede ser estudiado sobre un individuo, refiriéndose en ese caso a la unidad de crecimiento específica, ya sea el tallo o el estolón en leguminosas, o el macollo en gramíneas.

La morfogénesis de la planta individual de gramínea se define por sus características principales: tasa de aparición de hojas (TAF), tasa de elongación de hojas (TEF) y vida media foliar (VMF). Estas características se encuentran

determinadas genéticamente y son influenciadas por variables ambientales como la temperatura, la radiación solar, el agua, los nutrientes disponibles y las defoliaciones (Lemaire y Chapman, 1996).

Las características morfogenéticas definen las principales características estructurales de las plantas que son el tamaño de hoja, densidad de macollos y estolones, y hojas vivas por macollo, las cuales determinan el índice de área foliar (IAF).

Según Watson, citado por Carámbula (2002b) el índice de área foliar es la relación existente entre el área de hojas de una planta y el área de suelo cubierto por estas, en otras palabras es la densidad de hojas de una pastura.

La relación de estas características morfogenéticas y estructurales con el IAF y las principales variables ambientales, se pueden observar en el esquema de la figura No. 2.

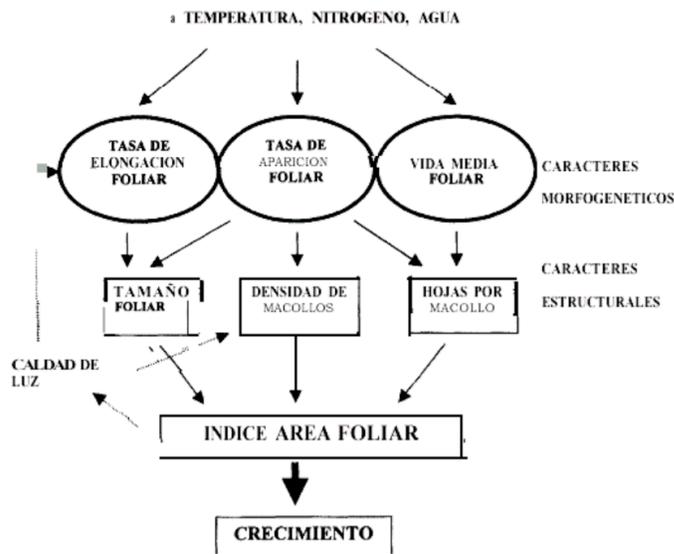


Figura No. 2 Relaciones entre características morfogenéticas de las plantas y variables estructurales de las pasturas.

Fuente: Chapman y Lemaire (1993).

Nabinger y de Faccio Carvalho (2009) afirman que los atributos morfogenéticos determinan la arquitectura de la planta y afectan la accesibilidad de los animales al forraje. Sin embargo, las plantas no crecen en la pastura

como individuos aislados sino como miembros de una comunidad, afectando con su morfología la estructura y el funcionamiento de las poblaciones y comunidades, determinando las interacciones competitivas entre las especies y entre individuos de la misma especie.

Las pasturas son entidades dinámicas en las cuales la producción y pérdida de forraje ocurren en forma simultánea, como resultado de los procesos de crecimiento y senescencia (Hodgson, citado por Colabelli et al., 1998). Por este motivo, el hecho de cuantificar los procesos de aparición, expansión y senescencia foliar a nivel de macollos de gramíneas (morfogénesis), aporta información básica para comprender la dinámica de la producción y pérdida de forraje.

#### 2.4.1.1. Tasa de aparición de hojas (TAF)

En estado vegetativo el macollo está formado por un conjunto de segmentos o fitómetros que se diferencian a partir del meristemo apical. Los fitómetros son unidades compuestas por una hoja, nudo, entrenudo, un meristemo axilar y un meristemo intercalar. Los meristemos axilares son capaces de originar nuevos macollos, los cuales pueden independizarse formando sus propios sistemas radiculares (Carámbula, 2002a).

La tasa de aparición de hojas es la velocidad con la que se producen nuevas hojas en un macollo y se calcula como la inversa del filocrón. El filocrón es el intervalo de tiempo que transcurre entre la aparición de dos hojas sucesivas en un macollo, el cual puede ser expresado en días. Debido a que la temperatura tiene gran efecto sobre este parámetro se utiliza la suma térmica, la cual es el producto del intervalo en días, por la temperatura media diaria del intervalo y la unidad usada es grados/día (Colabelli et al., 1998).

Carámbula (2002a) afirma que a medida que el macollo se desarrolla, continua la aparición de hojas y la velocidad con la que este proceso se da, aumenta si el ambiente es de buena iluminación, temperatura óptima y alto nivel de nutrientes. El número máximo de hojas por macolla puede ser de 7 a 9 para gramíneas anuales y de 14 a 16 en perennes, dependiendo el total de hojas vivas presentes, de la velocidad de aparición y de la vida media de las hojas.

Thomas y Stoddart, citados por Colabelli et al. (1998) sostienen que las gramíneas en particular muestran un sincronismo entre la aparición de una hoja

nueva y el comienzo de la senescencia de la hoja más vieja, explicándose la relación directa que existe entre la velocidad de producción de órganos foliares y el crecimiento neto de la cubierta vegetal (crecimiento neto = crecimiento bruto - senescencia).

El ambiente es capaz de modificar las relaciones mencionadas, variando el número de hojas vivas en una macolla de 3 a 6, de acuerdo con las especies y el medio ambiente (Ryle, citado por Carámbula, 2002a).

A modo de ejemplo, a 10 °C de temperatura diaria promedio, la velocidad de aparición de hojas es aproximadamente 1 cada 11 días para raigrás perenne, mientras que para festuca es 1 cada 23 días. Debido a que el máximo número de hojas que puede tener un macollo es 3 para raigrás y 2,5 para festuca, la senescencia después de un corte ocurre 30 días después para el primero y 55 a 60 días después para el segundo (Colabelli et al., 1998).

Avances de investigación realizados por Anslow, citado por Colabelli et al. (1998) sugieren que el filocrón es una característica genotípica que se muestra bastante estable a variaciones ambientales para el caso de pasturas vegetativas, sin embargo los cambios fisiológicos en la plantas pueden ocasionar variaciones en dicho parámetro. Los diferentes materiales genéticos pueden llegar a duplicar o triplicar los valores del filocrón.

Otro factor que modifica la TAF es el pastoreo, Chapman y Lemaire, citados por Carámbula (2002b) observaron que este parámetro aumentaba bajo tratamientos de pastoreo rotativo aplicado a una pastura de raigrás perenne. Sin embargo, los mismos autores constataron que bajo pastoreo continuo el número de macollos aumentaba, compensando la menor velocidad de aparición de hojas y alcanzando finalmente un número de hojas similar por unidad de área.

#### 2.4.1.2. Tasa de elongación de hojas (TEF)

Según Colabelli et al. (1998) la tasa de elongación foliar hace referencia al aumento en longitud (mm), experimentado por la lámina de las hojas en un determinado período de tiempo o de suma térmica. La tasa de elongación es el principal indicador que expresa el crecimiento de una hoja, ya que el ancho foliar normalmente experimenta incrementos de menor proporción (Lemaire y Agnusdei, 2000).

La TEF es el resultado de dos procesos: la división celular que define el número de células maduras por día y la elongación celular que expresa el crecimiento individual de dichas células, desde que se originan hasta que maduran (Colabelli et al., 1998).

#### 2.4.1.3. Vida media foliar (VMF)

Como todo proceso natural, las hojas en una planta aparecen y luego de transcurrido cierto tiempo comienzan a senescer, ese período es conocido como vida media foliar. La duración es una característica relativamente estable dentro de cada genotipo (Colabelli et al., 1998).

La misma se modifica con la TAF, de manera que al incrementar la aparición de hojas la VMF se reduce en una misma proporción (Nabinger, 1997). A pesar de esta sincronía, el número de hojas por macollo no siempre es constante. Factores como el estrés hídrico o nutricional (en especial el nitrógeno) pueden acelerar el proceso de senescencia, independientemente de los mecanismos de crecimiento foliar, modificando el número máximo de hojas por macollo (Azanza et al., 2004).

La VMF define el total de hojas vivas de un macollo o estolón, lo cual es determinante para explicar la dinámica de crecimiento de la pastura luego de ser cosechada. Existen dos características esenciales definidas por esta variable, la duración de la fase corte-inicio de la senescencia foliar y la máxima cantidad de biomasa viva acumulada o máximo rendimiento (Chapman y Lemaire, 1993). De este modo, la vida media foliar es un indicador que caracteriza la acumulación de tejido foliar de las distintas especies forrajeras, mostrando variaciones dependiendo de la estación.

#### 2.4.2. Efecto de los factores ambientales sobre los procesos morfogenéticos y las variables estructurales de la pastura

Los factores abióticos como la luz, la temperatura, la disponibilidad de agua y nutrientes son sumamente importantes y poseen efectos significativos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los efectos pueden ser positivos o negativos, dependiendo de las características de estos factores. El balance entre efectos positivos y negativos, ya sea de carácter inmediato o a

largo plazo, define los requerimientos de las plantas que deben ser suplidos en los procesos de asimilación, mayormente a través de la fotosíntesis (Colabelli et al., 1998).

Las plantas captan información del ambiente, modificando en diferentes condiciones su morfogénesis. Dentro de los factores involucrados, la temperatura es el que causa una respuesta instantánea y es el principal regulador del programa morfogénético (Colabelli et al., 1998).

#### 2.4.2.1. Efecto de la temperatura

La temperatura, en conjunto con la radiación son factores del ambiente sobre los cuales el hombre no puede asumir control en situaciones de campo. Ambos definen la base de condiciones para el crecimiento de una pastura, considerándose la temperatura como principal determinante de la producción de biomasa aérea (Anslow y Green, 1967).

Tanto el desarrollo como el crecimiento de los órganos foliares, es decir la morfogénesis, tienen una clara respuesta positiva al incremento de la temperatura. Esta respuesta explica la dinámica de generación de tejido foliar de las plantas y por ende su adaptación a la defoliación. Adquiere efectos directos sobre variables morfogénéticas, principalmente la tasa de aparición foliar, la tasa de elongación foliar y la senescencia foliar (Thomas y Norris, 1981).

Según Agnusdei (1999) la longitud de hoja tiende a ser menor en las estaciones de otoño e invierno debido a la disminución de la temperatura y luego se ve incrementada progresivamente con los aumentos de primavera y verano. La tasa de elongación tiene una respuesta rápida a los cambios de temperatura y en acumulación se ve reflejado en la producción de tejido aéreo estacional. Por otro lado, la tasa de senescencia promedio no presenta una respuesta inmediata a los cambios de temperatura, sino que depende de la cantidad de hojas producidas con una vida media foliar dada con anterioridad.

En momentos del año en que la temperatura desciende (otoño) la cantidad de tejido foliar que muere es mayor al que se produce, siendo negativo el balance entre crecimiento y senescencia, disminuyendo la eficiencia de utilización del forraje. En invierno, la baja eficiencia se acentúa ya que las hojas producidas en otoño senescen y son reemplazadas por hojas de menor tamaño,

producidas a menores temperaturas. En el período de incremento de temperatura (primavera), el balance se torna positivo y se obtiene una alta eficiencia de utilización (Agnusdei, 1999).

El aumento de la temperatura provoca un aumento en la tasa de elongación foliar y largo final de hoja, generando incrementos en la tasa de crecimiento de la pastura sin modificar la senescencia, generando un mejor balance entre los flujos de tejido (Agnusdei, 1999).

La tasa de elongación foliar (TEF) al igual que la tasa de aparición foliar (TAF), tienen una relación proporcionalmente directa con la temperatura. Sin embargo a una misma temperatura y en condiciones de nitrógeno no limitante, la TEF de primavera es mayor que la de otoño (García y Mazzanti, 1993).

Las relaciones entre la TEF y la temperatura se describen como lineales o exponenciales en diferentes estudios. Lemaire y Chapman (1996) sostienen que las respuestas encontradas en la tasa de elongación foliar es de carácter exponencial en un rango de temperatura diaria promedio de 0 a 12°C, mientras que para temperaturas de 12 a 20-25°C la respuesta es lineal. Agnusdei (1999) describe una respuesta aproximadamente exponencial de 12 a 20°C para especies de tipo C4 y de 5 a 17°C para especies C3.

Es de importancia conocer el efecto que genera la temperatura sobre las principales variables morfogenéticas a fin de comprender la evolución estacional de forraje, explicada por el balance entre crecimiento y senescencia, siendo el resultado la cantidad de forraje cosechable de una pastura (Colabelli et al., 1998).

#### 2.4.2.2. Efecto de la calidad y cantidad de luz

Si bien la intensidad de la luz es dependiente de la estación del año y la latitud geográfica, la capacidad de una planta de interceptarla es dependiente de su hábito de crecimiento, de la forma en que se orientan las hojas, del ángulo de incidencia de la luz y de la transmisión de la luz a través de su trama de vegetación (Carámbula, 2002b).

Colabelli et al. (1998) afirman que el índice de área foliar y la forma de intercepción, modifican la calidad de luz incidente sobre una pastura, ocasionando cambios en la estructura (densidad y tamaño de macollos) como

respuesta a una alteración de las principales variables morfogenéticas (TAF y TEF).

La luz fotosintéticamente activa (PAR) es la fracción de la luz absorbida por los pigmentos fotosintéticos y su rango de longitud de onda va de 400 a 700 nm. Esta fracción es interceptada en la superficie de la pastura y se transfiere hacia estratos inferiores del conopeo, generándose ambientes lumínicos heterogéneos, siendo esa diferencia más acentuada en tapices más densos y menos acentuada en conopeos bajos y abiertos (Colabelli et al., 1998).

Cuando el haz de luz es interceptado por las hojas disminuye la relación entre los colores rojo (600-700 nm) y rojo lejano (700-800 nm), a medida que se realizan cortes o defoliaciones, aumenta la relación R/RL. Las diferencias entre esta relación son percibidas por las plantas debido a que alteran el estado de equilibrio del fotocromo, desencadenando cambios morfológicos (Casal et al., 1984).

Deregibus et al., Casal et al., citados por Colabelli et al. (1998) sostienen que las principales tres respuestas ocasionadas por una baja intensidad de luz y una baja relación R/RL son una mayor asignación de recursos a la parte aérea, elongación de los órganos aéreos presentes en la planta y la reducción del macollaje, conllevando a una menor aparición de hojas nuevas. Como resultado se obtiene una pastura menos densa (menor número de macollos), con macollos de mayor tamaño y en casos de sombreado prolongado, menor desarrollo de raíces, mayor susceptibilidad al pastoreo y déficit hídrico.

Según Bradshaw, citado por Colabelli et al. (1998) los cambios en la morfología de las plantas ocasionados por el efecto de la calidad y cantidad de luz, están relacionados a mecanismos de plasticidad fenotípica que las mismas han desarrollado. Frente a ello, el pastoreo resulta un importante regulador de la estructura morfológica de la pastura ya que regula el impacto que el factor lumínico posee. Manejando diferentes presiones de pastoreo es posible compensar entre tamaño y número de macollos, logrando una producción de biomasa por unidad de área aproximadamente similar con pasturas estructuralmente contrastantes (Colabelli et al., 1998).

#### 2.4.2.3. Efecto del agua sobre la expansión foliar

El agua es un factor sumamente importante puesto que en casos de ser limitante guarda efectos directos sobre los demás factores que inciden sobre el crecimiento y desarrollo vegetal. La disponibilidad de agua es dependiente de las precipitaciones, así como de la profundidad y textura del suelo (Carámbula, 1998).

Los déficit hídricos generan reacciones en las plantas, siendo estas capaces de modificar su morfología y fisiología a fin de disminuir las pérdidas de agua y mejorar su utilización (Passioura, citado por Colabelli et al., 1998). La expansión foliar es un proceso negativamente afectado por el déficit hídrico.

Tumer y Begg, citados por Colabelli et al. (1998) afirman que generalmente la elongación celular se ve más afectada que la división celular, deprimiendo la elongación de las hojas y obteniéndose consecuentemente un menor tamaño final de hojas en pasturas con condiciones de déficit hídrico. Se han observado disminuciones en la tasa de macollaje y en el número de hojas vivas por macollo, junto con una aceleración en el proceso de muerte de hojas y macollos, tendiendo a reducirse la vida media foliar y la densidad de la pastura (Colabelli et al., 1998).

La disminución de las variables morfogenéticas afecta negativamente las características estructurales, incidiendo sobre el desarrollo del IAF. La menor performance de una pastura en condiciones de deficiencia hídrica puede deberse a una menor intercepción de radicación explicada por un bajo IAF (Colabelli et al., 1998).

Según Tumer y Begg, citados por Colabelli et al. (1998) la disminución de la capacidad fotosintética de las hojas durante una sequía se origina luego de la reducción de crecimiento de la parte aérea. En dichas condiciones se da un aumento en la relación raíz-parte aérea. La zona radicular también sufre modificaciones, siendo mayor la colonización de las raíces en profundidad que lateralmente.

Gales, citado por Colabelli et al. (1998) sostiene que en condiciones de estrés hídrico las plantas de raigrás perenne deprimen fuertemente el desarrollo radicular en las capas superiores del suelo. Las capas o estratos superiores del suelo son los que acumulan la mayor cantidad de nutrientes disponibles y a su vez son los primeros en secarse, por lo tanto la disponibilidad de esos

nutrientes se ve limitada en condiciones de sequía. Jones, citado por Colabelli et al. (1998) afirma que es posible que la reducción de crecimiento de la parte aérea puede estar explicada no solo por un efecto directo sino por una deficiencia nutricional.

#### 2.4.2.4. Efecto de la defoliación

Dentro de las diversas especies vegetales, las especies forrajeras tienen la capacidad de rebrotar frente a eventos de defoliación. Debido a que esta capacidad resulta de carácter genético, el criterio para manejar la defoliación deberán ser las características morfogénicas específicas de la pastura en cuestión (Colabelli et al., 1998).

La adaptación de las especies forrajeras a la defoliación está fundamentalmente explicada por la “plasticidad fenotípica” (Bradshaw, 1965). La plasticidad confiere resistencia al pastoreo a través de la tolerancia y la evasión. La tolerancia al pastoreo permite mediante mecanismos fisiológicos, maximizar el crecimiento de la pastura luego del corte, restaurando la capacidad de absorción y redistribuyendo sustratos de C y N hacia los meristemas remanentes (Lemaire, 1997). Diferentes grados de tolerancia dentro de especies forrajeras depende de la capacidad de acumulación y utilización de reservas con el objetivo de abastecer a los tejidos foliares en formación (Thornton y Millard, 1997).

La evasión o escape al pastoreo es un mecanismo que interrumpe o dificulta las variables del pastoreo (frecuencia y severidad) a través de diferentes maneras. La planta se adapta morfo genéticamente, modificando su arquitectura adopta un hábito más postrado o produciendo sustancias bioquímicas repelentes que no son apetecidas por los animales (Lemaire, 1997).

Lemaire (1997) afirma que las plantas que son defoliadas frecuente y severamente producen hojas con vainas más cortas y láminas más horizontales, ubicando las lígulas por debajo del horizonte de pastoreo. Cuando la frecuencia de corte disminuye, las plantas tienden a volver a su hábito normal recuperando gradualmente el tamaño inicial de las vainas. Este mecanismo es evidencia de la plasticidad fenotípica, la cual es expresada como la densidad poblacional y el tamaño de los individuos en una comunidad bajo pastoreo (Lemaire y Chapman, 1996).

#### 2.4.2.5 Efecto del enmalezamiento sobre la pastura

Carámbula (2002a) ha demostrado que las malezas son un importante factor que afecta negativamente la persistencia y estabilidad de las praderas, alterando además su productividad y calidad. Cuando la especie sembrada comparte el mismo ambiente con una maleza, se da una relación de competencia, siendo esta una interacción negativamente recíproca. El parasitismo, la alelopatía y la competencia por los recursos son resultados de estas interacciones y en consecuencia se generan pérdidas de rendimiento de la pastura (Fernández, 1996).

La interacción entre los factores abióticos como la luz, el agua y los nutrientes, originan el ambiente en que crecen las plantas. La competencia por la luz no está asociada a la disponibilidad de la misma sino a la capacidad de las plantas de interceptarla. El rápido crecimiento inicial y el hábito de crecimiento son determinantes para lograr la rápida interceptación de la luz y el sombreado de las plantas competidoras (Fernández, 1996).

Ante el uso de nutrientes la habilidad competitiva de las malezas se debe al rápido crecimiento radicular, sistemas radiculares de mayor densidad y actividad, obteniendo un mayor consumo de nutrientes. En el caso del agua, la competencia por dicho factor se acentúa cuando este es limitante, siendo fundamental la velocidad de desarrollo del sistema radicular (Fernández, 1996).

No se produce competencia entre plantas por condiciones ambientales tales como estructura del suelo y temperatura, no obstante estos factores pueden incidir en su crecimiento y desarrollo, afectando su competitividad frente a otras (Rodríguez, 1988)

Rodríguez (1988) afirma que la plasticidad morfológica y fisiológica de las malezas es la clave de su exitosa capacidad para colonizar ambientes diversos. El ciclo fotosintético es una de las características que marcan las principales diferencias entre las plantas, conformándose tres grupos que incluyen C3 (Ciclo de Calvin—Benson), C4 (Ciclo HatchSlack) y CAM.

La vía C4 resulta la más común entre las principales malezas. A pesar de que otros estudios demostraron que solo el 0,4% de la flora posee esta vía de incorporación de CO<sub>2</sub>, de las 18 malezas más agresivas el 78% corresponde

a C4. Estas plantas por lo general tienen tasas fotosintéticas netas mayores que las C3, debido a que la PEP (fosfoenolpiruvato) carboxilasa (enzima fijadora de CO<sub>2</sub>) tiene más afinidad por este gas que la enzima del ciclo C3 (RuBP (ribulosadifosfato carboxilasa). Anatómicamente las C4 poseen la capacidad de concentrar el CO<sub>2</sub> en células del mesófilo y así mantener el proceso fotosintético en condiciones donde los estomas se encuentran prácticamente cerrados o la concentración de este gas en el aire es menor. En consecuencia de la alta concentración interna de CO<sub>2</sub>, la fotorespiración disminuye considerablemente debido a que el oxígeno no es captado por la enzima, incrementando el balance neto fotosintético de las C4, constituyendo una ventaja (Rodríguez, 1988).

Rodríguez (1988) sostiene que las malezas predominantes en verano son de tipo C4 debido a las altas temperaturas y posible estrés hídrico que se da en esta estación, mientras que las invernales son de ciclo C3. La adaptación al estrés hídrico de las C4 se explica por una mayor eficiencia en el uso del agua transpirada, un mayor desarrollo del sistema radicular y una mayor producción de materia seca. De acuerdo al autor, las especies cultivadas han perdido flexibilidad morfológica y fisiológica ante cambios ambientales debido al intenso proceso de mejoramiento que han sufrido.

## 2.5. PRODUCCIÓN DE FORRAJE

Las especies anuales empleadas para conformar mezclas forrajeras, poseen características distintas en cuanto a morfología, ciclo y rendimiento. Dentro de cada una existen diversos cultivares que presentan variaciones de alta significancia entre ellas. La complejidad implícita de conformar una mezcla forrajera se encuentra en seleccionar especies complementarias, ya sea en estacionalidad de oferta de forraje, calidad, época de siembra, momentos de fertilizaciones y manejo de la defoliación. Factores que, en conjunto, determinan el potencial productivo de la pastura anual en cuestión (Zanoniani, 2009)

### 2.5.1. Distribución estacional de la oferta forrajera

El verdeo mezcla, referenciado en el presente trabajo, se compone de dos especies de leguminosas del género *Trifolium* (*T. vesiculosum* y *T. resupinatum*), los cuales se encuentran en el verdeo mezcla con dos variedades

de raigrás (diploide y tetraploide). Frente a esta aclaración, se caracterizará la oferta estacional de cada componente de la mezcla por separado.

#### 2.5.1.1 Oferta forrajera del *Trifolium vesiculosum* (cv sagit)

El trébol vesiculoso es uno de los tréboles anuales más tardíos (Ovalle et al., 2005). En efecto, la floración es 20 días más tardía que en trébol subterráneo, siendo el período entre emergencia y floración de 160 días.

Las características antes mencionadas definen una gran entrega de forraje hacia fines de invierno y fundamentalmente primaveral (setiembre-octubre).

En la producción de forraje en kg de MS, el *Trifolium vesiculosum* es notoriamente superior a los anuales del género según una evaluación realizada en Chile, en la precordillera Andina (Ovalle et al., 2005).

Cuadro No. 1. Producción de forraje del trébol vesiculoso

Especie	Producción de forraje (kg /ha)		
	2000	2001	2002
<i>T. subterraneum</i>	2583	2154	3280
<i>T. vesiculosum</i>	3916	625	4876
<i>T. michelianum</i>	1018	2825	1861
<i>T. resupinatum</i>	1661	1229	1169

Fuente: Ovalle et al. (2005).

#### 2.5.1.2. Oferta forrajera del *Trifolium resupinatum*

Conocido vulgarmente como trébol persa, produce folíolos de pequeño tamaño, abundantes ramificaciones laterales y una producción de semillas con alto porcentaje de semillas duras (95%).

La producción media anual se sitúa entre los 1700 a 9600 kg/ha, dependiendo del año y el tipo de suelo en el que se desarrolla (Gutiérrez, 2013).

El período de descanso entre pastoreos es de gran relevancia. Estudios realizados en el sur de Brasil, ilustran diferencias significativas en las ofertas de forraje en un verdeo compuesto por *T. resupinatum* y *L. multiflorum*, demostrando la gran significancia que presenta el hecho de respetar adecuados período de descansos.

Cuadro No. 2. Rendimiento de materia seca y tasa de acumulación de materia seca

Materia seca (kg/ha)	Intervalo entre pastoreos (No. de hojas expandidas)			
Año 2009	2,5	3,5	4,5	5,5
Raigrás	589,3 C	868,7 BC	1296 AB	1814 A
Material muerto	7,3 C	48 BC	90,7 AB	148,7 A
Malezas	9,3 B	22,7 B	105,3 AB	198,7 A
T. Persa	256 A	204,7 A	414 A	244 A
Total	861,9 C	1144,1 BC	1906 AB	2405,4 A
Año 2010	2,5	3,5	4,5	5,5
T. Persa	1840,7 A	1126 B	1680 AB	2150 A
Raigrás	200,7 A	108 A	154,7 A	260,7 A
Malezas	396 A	268 A	205,3 A	249,3 A
Material muerto	173,3 A	134,7 A	186 A	153,3 A
Total	2610,7 AB	1636,7 C	2226 B	2813,3 A
Tasa de acumulación de materia seca total (kg/ha/día)	94,25 A	47,45 B	58,58 B	56,28 B

Se observa el rendimiento de materia seca y la tasa de acumulación de materia seca de los diferentes componentes de una mezcla de trébol persa con raigrás, en diferentes intervalos entre pastoreos (años 2009 y 2010).

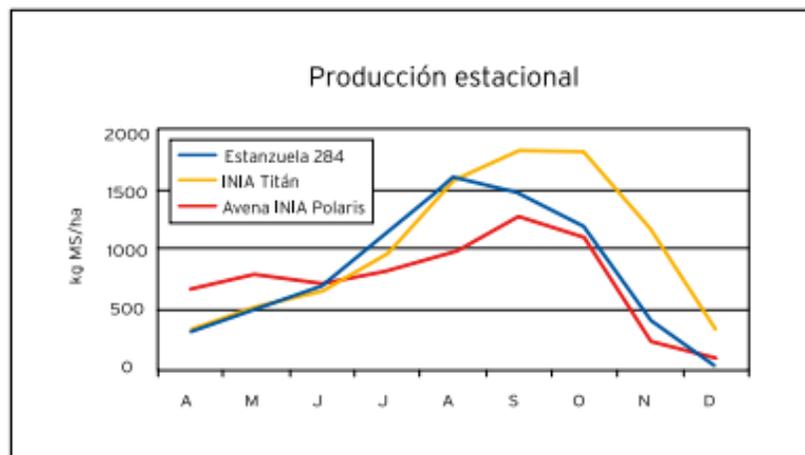
Fuente: Sganzerla et al. (2015).

### 2.5.1.3. Oferta forrajera del *Lolium multiflorum*

Como fue mencionado, los raigrases anuales se agrupan de acuerdo a los tipos productivos como raigrases de tipo westerwoldicum, tipo multiflorum o italiano y raigrases híbridos o de rotación corta. A su vez existen raigrases diploides, conteniendo 14 cromosomas por célula y tetraploides con 28 cromosomas (Gutiérrez, 2013).

La fecha de floración de las distintas variedades determinan el ciclo o precocidad de las mismas, en esta línea se clasifican cultivares de ciclo corto o tempranos (floración entre el 25/9 y 5 / 10), intermedio (floración 5/10 y 15/10) y tardíos (15/10 y 25/10). La diversificación en fechas de floración de raigrás en un mismo predio, permite un manejo más ajustado de los picos de producción, manteniendo alta calidad de la oferta global de verdes por más tiempo y constituyendo un seguro importante en esquemas de producción de semilla, donde la concentración de fechas de floración y cosecha puede ser de alto riesgo (Gutiérrez, 2013).

Dada la alta concentración de semilla de raigrás en la mezcla del cultivar Estanzuela 284 (20%), diploide, tipo westerwoldicum de ciclo corto, como del cultivar sabroso (27%), tetraploide de floración tardía. Resulta adecuado representar gráficamente la estacionalidad de oferta forrajera de estos grupos de raigrases, a modo de visualizar la alta complementariedad que presentan al momento de estabilizar una alta oferta forrajera en un período de tiempo más prolongado (García, 2010).



Se ilustra el correcto grado de complementariedad que presenta un cultivar tetraploide con uno diploide en la oferta de forraje.

Figura No. 3. Producción estacional de dos cultivares de raigrás y uno de avena.

Fuente: García (2010).

## 2.5.2. Factores de manejo que determinan la producción

### 2.5.2.1. Época de siembra

Dadas las condiciones en las que se desarrollan los verdeos de invierno, adquiere gran relevancia el corto período de tiempo en el que estos deben realizar la oferta forrajera (8 meses aproximadamente). La época de siembra es un factor determinante con el objetivo de lograr altas producciones de MS con adecuada calidad, maximizando el aprovechamiento de la pastura.

Son dos las ventajas que se potencian sembrando temprano. Se logra adelantar la utilización del verdeo y se aumenta el período de aprovechamiento total de la pastura dadas las favorables condiciones de implantación como subsiguientes etapas de desarrollo que se logran (Carámbula, 1977).

Al modificar la época de siembra en verdeos de invierno, se registraron variaciones en el momento de iniciación del primer pastoreo, manteniéndose constante la fecha del último pastoreo (Faggi, 1978).

Siembras tardías, fuera del momento óptimo de siembra, poseen la desventaja de la rápida pérdida de calidad de los verdeos. Al llegar las condiciones favorables para que se dé el desarrollo reproductivo, se registra el encañado de las especies, ocasionando una abrupta caída en la calidad del forraje ofrecido y una caída en su utilización (Carámbula, 1977).

#### 2.5.2.2. Defoliación

El manejo de la defoliación a través del momento, frecuencia (intervalo entre cortes), severidad e intensidad es otro factor determinante del potencial de aprovechamiento de un verdeo, puesto que implica un efecto directo en el tiempo que se puede pastorear el verdeo, como de la calidad en la entrega de forraje estacional. El manejo que maximiza la producción de forraje varía según el verdeo en cuestión que se esté pastoreando (Díaz, 1993).

La defoliación es causante de una detención del crecimiento de la parte aérea, como del sistema radicular. Pudiéndose demorar el reinicio del crecimiento entre tres a seis días, dependiendo lógicamente de que tan severa haya sido dicha defoliación. La absorción de agua y nutrientes registran marcadas disminuciones luego de dicho estrés (Díaz, 1993).

La tasa de aparición de hojas y el macollaje también se ven afectados luego de una defoliación, registrando disminuciones del crecimiento de vainas de las hojas, diámetro de los tallos y pérdida de tallos y corona, indicando una reducción en el nivel de carbohidratos acumulados como reservas. La lámina no se ve afectada, apareciendo nuevas hojas a igual tasa que en plantas que no han sufrido defoliación, Altie, Thakur y Shands, Dann, Holt, Cook y Lowtt, citados por Díaz (1993).

Un efecto favorable de la defoliación sobre el macollaje, es explicado por el estímulo que provoca la luz de alta calidad a nivel del meristema apical y axilar, como consecuencia de la remoción del material foliar de los estratos superiores, que provocan el sombreado en las zonas bajas (Carámbula, 1977). Este incremento del macollaje produce mayor cobertura del suelo y mejor

aprovechamiento de la luz incidente, así como un aumento del número de tallos fértiles (Carámbula, 1977)

Por otro lado, una mayor intensidad de pastoreo durante la etapa vegetativa del verdeo, produce una remoción de buena parte del área fotosintética y de las bases de las vainas, lo que conlleva a correr el riesgo de pérdida de plantas. Consecuencia de la reducción de la cantidad de sustancias de reserva, necesarias para generar un correcto rebrote (Davies y Thomas, 1983). El intervalo entre pastoreos varía con la especie, condiciones climáticas y estación del año, estando entre los cuarenta y cinco días durante los períodos de menor crecimiento para la mayoría de los verdeos (Carámbula, 1977). Por estos motivos, se recomiendan sobre verdeos, pastoreos rotativos con altas cargas, permitiendo menor cantidad de material muerto y mayor producción de energía digestible. De este modo, el pastoreo debería iniciarse cuando las plantas cubren un área importante del suelo y la parte aérea se entrelaza, lo que ocurre cuando la altura de las plantas supera los quince centímetros. Dejando un remanente no menor a cinco centímetros ya que es en este estrato donde se encuentran las reservas que facilitan el próximo rebrote (Carámbula, 1977).

De no existir interés de cosechar grano, es aconsejable evitar que las plantas pasen al estado reproductivo (encañazón), realizando pastoreos intensos en esta etapa (Carámbula, 1977).

### 2.5.3. Factores que afectan el rebrote

Ante el estrés generado por la defoliación, las plantas ordenan y priorizan diversos procesos de forma continua en el espacio y en el tiempo, tratando de maximizar la velocidad de refoliación, la cual se encuentra determinada por factores morfológicos (número de meristemas refoliadores y área foliar remanente) y fisiológicos (sustancias de reservas, Formoso, 1995).

#### 2.5.3.1. Puntos de crecimiento

Los puntos de crecimiento o meristemas son el principal centro de actividad de las plantas forrajeras, en ellos se determina tanto el número de órganos producidos, como el tipo de órgano y en cierto grado, el tamaño final (Carámbula, 1977)

Luego de una defoliación, se establece una priorización entre los diferentes meristemas presentes en la planta por medio de un sistema interno de “señales”, estimulándose y/o activándose primariamente los que solo necesitan expansión celular para desarrollar área foliar y en segundo término los que requieren actividad mitótica (Formoso, 1995).

Una de las principales características morfológicas que define a las gramíneas como plantas bien adaptadas al pastoreo, es la posición que toman los puntos de crecimiento, próximos al suelo, posición que les brinda una técnica de “escape” al pastoreo (García, 1997). Esta característica puede sufrir modificaciones de acuerdo con la especie, la época del año, el hábito de crecimiento y las condiciones climáticas.

Acerca de las leguminosas que conforman la mezcla del verdeo en cuestión (*T. vesiculosum* y *T. resupinatum*), no se encontró información sobre el manejo de pastoreo. La similitud en estructura de estas dos variedades del género *Trifolium* con el trébol rojo (*T. pratense*) en lo que refiere a hábito de crecimiento y momento de entrega de forraje (erectas invernales) como el modo de rebrote similar, justifica recomendaciones de pastoreo de estas dos “nuevas especies” similares a las recomendaciones para trébol rojo. Para esta especie, que presenta los meristemas basales a nivel de suelo (cinco centímetros) y los axilares en estratos superiores, Scheneiter et al. (2006) registraron un incremento en el número de tallos/m<sup>2</sup> para intensidades de pastoreo de cinco centímetros comparadas con intensidades de diez centímetros.

Otro proceso de gran importancia, el cual es necesario conocer a efectos de determinar el manejo a realizar, es el momento en el cual el ápice del tallo pasa a estado reproductivo (iniciación floral), ya que dicho proceso provoca la inhibición del desarrollo de nuevos meristemas axilares y macollos, así como la iniciación de nuevas hojas (Carámbula, 1977). La defoliación durante esta época controlaría este proceso, permitiendo el crecimiento de los macollos vegetativos existentes y la aparición de nuevos macollos primaverales. Langer (1981) sostiene que con el pastoreo se puede prolongar la longevidad de las especies anuales, siempre que el suministro de agua y nutrientes sea abundante.

La obtención de altas velocidades de rebrote depende del número de puntos de crecimiento activos remanentes después de la defoliación. Altas velocidades de rebrote, se ven condicionadas por el horizonte de pastoreo

adoptado en relación a la posición en el estrato vertical del tapiz de los distintos tejidos meristemáticos (Formoso, 1995).

#### 2.5.3.2. Área foliar remanente

La tasa de crecimiento de la pastura, como la producción total acumulada de materia seca, dependerá directamente de la eficiencia de utilización de la luz por dicha pastura. En este sentido, es de suma importancia mantener un área foliar óptima desde el punto de vista de la eficiencia fotosintética, la que le permitirá obtener máximas tasas de crecimiento. Las máximas tasas de crecimiento son alcanzables siempre que la pastura no se encuentre con limitaciones hídricas ni de nutrientes, es decir en un ambiente óptimo (Carámbula, 2002a).

Watson, citado por Langer (1981) propuso un índice para medir esta densidad de hojas llamado Índice de Área Foliar (IAF). Presenta un valor crítico en el que la tasa de crecimiento se hace máxima y coincide con el área foliar capaz de interceptar toda la luz incidente, impidiendo el desperdicio de luz por penetración al suelo y logrando que el proceso de fotosíntesis sea máximo. Se debe a que la cantidad de follaje es suficiente para evitar pérdidas de energía, pero no excedente como para provocar mermas en calidad de la luz en los estratos inferiores del follaje que repriman la eficiencia del proceso fotosintético por unidad de área (Donald y Bloch, citados por García, 1997). El arte del manejo del pastoreo se encuentra en ajustar la defoliación en los momentos dónde el IAF supera al óptimo en buena medida, producto de un exceso de hojas a remover. Logrando retirar el pastoreo de la pastura, dejándola con una alta proporción de hojas nuevas, capaces de elevar la tasa de crecimiento y maximizar de esta manera la producción de forraje.

El crecimiento de la pastura luego de ser defoliada, se relaciona directamente con la superficie foliar remanente. Dicha superficie se halla determinada por el momento e intensidad de la defoliación en cuestión, como por el tipo de crecimiento de la especie (Carámbula, 1977). Las gramíneas erectas, al requerir mayor superficie foliar por unidad de área para interceptar luz, determinan una mayor eficiencia en conversión de energía y una producción de forraje potencialmente superior en comparación con las leguminosas. Las segundas, al igual que el área foliar remanente, tienen un rebrote superior a las gramíneas, alcanzando antes el IAF óptimo, producto de la disposición planófila de sus hojas. Al alcanzar antes el IAF crítico, con menor

área foliar, los rendimientos en términos de entrega de forraje son en general menores que las gramíneas de tipo erectas (Carámbula, 1977).

Una mayor área foliar remanente luego de una defoliación, producto de una menor intensidad de pastoreo, permitiría que la pastura presente una rápida recuperación de su actividad fotosintética, disminuyendo el período para alcanzar el IAF crítico y con él, la máxima tasa de crecimiento (Bommer, citado por Carámbula, 1977). A fin de lograr que se cumpla la rápida recuperación de la pastura, es necesario que el área foliar remanente sea realmente eficiente fotosintéticamente. Por tal motivo, el pastoreo debe haber sido lo suficientemente eficiente en remover buen porcentaje de hojas viejas de baja capacidad fotosintética, dejando un tapiz dominado por hojas nuevas en crecimiento.

Al mismo tiempo, el material muerto presente en el tapiz, intercepta y absorbe energía luminosa inútilmente sombreando las hojas verdes y consecuentemente reduciendo la tasa de rebrote y enlenteciendo la iniciación de nuevos macollos (Langer, 1981). De este modo, el retraso del pastoreo genera un enlentecimiento del rebrote de la pastura luego de ser defoliada, puesto que al retirarse los animales, se registrará en el tapiz un alto porcentaje de forraje senescente.

La cantidad de área foliar remanente, luego de cada pastoreo, debe ser distinta para cada estación y dependerá de la especie, de su estado fisiológico y de las condiciones ambientales presentes (Carámbula, 1977).

#### 2.5.3.3. Sustancias de reserva

El rebrote de una pastura dependerá de la interacción entre el área foliar remanente y las sustancias de reserva presentes en las plantas, las que serán removidas para el crecimiento inmediato a la defoliación, como también serán responsables de la respiración en estos momentos post defoliación. Por lo que una alta concentración de carbohidratos de reserva debería ser un requisito para altas tasas de rebrote (Carámbula, 1977).

Las sustancias de reserva son compuestos orgánicos sintetizados por las plantas a partir de azúcares simples, producidos por la fotosíntesis y almacenados. Estas serán utilizadas como fuente de energía o como material constructor (Carámbula, 1977).

En las plantas forrajeras los compuestos de reserva más importantes son los carbohidratos no estructurales (azúcares, fructosanos y almidón), los carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa) y los compuestos proteicos (Wnmann, Milhorpe y Davidson, citados por Carámbula, 1977). Los órganos más comunes en los que se almacenan dichas sustancias de reservas son las raíces, bases de los tallos, vainas foliares, base de la hoja y rizomas. Puntos estratégicos lejos del alcance del diente animal, característica de adaptación al pastoreo por estas plantas forrajeras (Carámbula, 1977).

La acumulación de reservas es la resultante del balance positivo de los procesos de producción de fotoasimilados, consumo por crecimiento de los diferentes órganos y la respiración de las pasturas, por lo que un exceso en el nivel de sustancias de reservas, se debe a un crecimiento no realizado (Carámbula, 1977). Se afirma que estas sustancias de reserva son producidas en los momentos de lento crecimiento de la pastura, producto de temperaturas inferiores a las óptimas para las determinadas especies, déficit de humedad, nitrógeno, entre otros. Momentos en que el crecimiento se reduce en niveles comparativos superiores a la reducción de la fotosíntesis. Demostrando de esta manera que las condiciones ambientales serían el factor crítico que afectaría las cantidades de sustancias de reserva.

Morley (1981) describe un patrón común para la evolución de la concentración de carbohidratos de reserva en la planta luego de sufrir una defoliación. Afirma que en una primera fase, se produce una marcada disminución en el nivel de reservas durante un período mínimo de diez días, pasando a ser negativo el balance energético. Posteriormente, se produce una fase de recuperación de los niveles de reservas, donde el comienzo y la duración de la misma dependerán lógicamente del ritmo de crecimiento de la pastura, consecuentemente de las condiciones ambientales, como de la frecuencia y severidad del manejo del pastoreo a la que se someta. De este modo, al tener un manejo de pastoreo severo y no respetar un período de descanso suficientemente largo entre pastoreos para lograr una recuperación total de reservas, los rebrotes se tornarán más lentos con un consecuente descenso en el rendimiento de la pastura en cuestión (Langer, 1981).

Al disminuir el nivel de reservas en forma notoria, la severa defoliación puede causar efectos depresivos en la aparición de hojas de cada macollo y en la velocidad de macollaje, producto de una modificación en el balance entre

carbohidratos y auxinas, así como también una reducción considerable en los sistemas radiculares (Carámbula, 1977).

#### 2.5.4. Macollaje

Son dos las características en la morfología y hábito de crecimiento de las gramíneas que determinan su éxito en lo que refiere a adaptación al pastoreo. Capacidad de producir hojas desde meristemas basales durante la etapa de crecimiento vegetativo, evitando el daño generado por la defoliación. Y el modo de ramificación mediante renuevos basales o macollos, la más importante de ambas (Jewiss, 1997).

Los macollos se originan en las yemas situadas en las axilas de las hojas y cada uno es réplica completa de la que le dio origen. En la axila de cada nueva hoja se encuentran yemas que darán origen a nuevos macollos y así sucesivamente, formándose una población heterogénea que difiere en edad, tamaño y posición dentro de la planta. Como resultado, presentarán un comportamiento diferencial frente a las mismas condiciones ambientales (Carámbula, 1977).

La importancia del macollaje se basa en la contribución al correcto establecimiento de la plántula, puesto que un rápido macollaje asegura la producción de suficiente área foliar. La capacidad de macollaje en una especie anual dependerá directamente del tamaño de la semilla, profundidad de siembra y del medio ambiente. El macollaje también le permite a la pastura la regeneración del tapiz, compensando la mortalidad de plantas, completando los espacios libres mediante la producción de nuevos macollos, que permiten prolongar la longevidad del tapiz (Carámbula, 1977).

El proceso de macollaje puede verse restringido por determinados factores, tales como carencia de nutrientes, en especial nitrógeno, balance negativo entre fotosíntesis y respiración por baja intensidad de luz y temperaturas altas en la noche, así como por una baja disponibilidad de agua (Carámbula y Elizondo, 1968). La época del año, resulta un factor importante ya que influye sobre los demás factores mencionados (Formoso, 1995) y la defoliación favorece el macollaje al incrementar la calidad de la luz en los estratos inferiores de la pastura (Carámbula, 1977).

Jewiss (1997) establece tres posibles explicaciones de la inhibición del macollaje durante la floración. Existe una competencia por nutrientes entre las yemas axilares y el ápice caulinar, instancia en la cual la elongación de los entrenudos logra inhibir el desarrollo de macollos. Reguladores de crecimiento como las auxinas, originadas por el ápice en desarrollo, por los meristemos intercalares responsables de la elongación del tallo o por ambos, inhiben el desarrollo de yemas axilares. O la combinación de las dos anteriores.

El rendimiento de forraje está directamente relacionado al macollaje del cultivo, durante el estado vegetativo el número de macollos por unidad de área es el principal componente en determinarlo.

La población de macollos es sumamente dinámica debido a las diferentes tasas de aparición y mortalidad que posee, por lo que su longevidad es un factor que determina el posible rendimiento en un momento determinado. Otro componente de suma importancia que influye al rendimiento de una pastura, es el peso de los macollos. Depende de la tasa de aparición de hojas durante el estado vegetativo y del incremento en tamaño de las macollas fértiles al pasar al estado reproductivas (Carámbula, 1977).

## 2.6. FERTILIZACIÓN

Es conocida la deficiencia de ciertos nutrientes minerales en los suelos de nuestro país, especialmente nitrógeno y fósforo, lo que afecta sensiblemente el crecimiento de las pasturas. Es por tal motivo que la fertilización de pasturas y verdeos es una de las mejores herramientas para incrementar la producción tanto de pasturas como de verdeos y la producción animal. La mayor oferta de nutrientes para la pastura también mejora aspectos como la eficiencia del uso del agua y de la radiación, la calidad forrajera, la duración del período de utilización, la persistencia de leguminosas en pasturas y el aporte de nitrógeno (N), por fijación biológica, además de la producción agrícola al finalizar el período bajo pastura, ya que se recuperan las propiedades físicas y biológicas del suelo (García et al., 1999).

Según Carámbula (2002b) cuando se refiere a plantas, se conoce como macronutrientes a aquellos nutrientes que son necesarios para su mayor crecimiento y desarrollo, en mayor grado que el resto de los nutrientes. Los macronutrientes son nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), calcio

(Ca) y magnesio (Mg). Resultan vitales para las plantas, por cumplir funciones específicas e insustituibles por otros nutrientes.

Tomando en cuenta lo antedicho, la aplicación de fertilizantes de forma adecuada es el recurso más importante y viable para ajustar la presencia de aquellos nutrientes que requieren las plantas (Carámbula, 2002b).

### 2.6.1. Nitrógeno

El nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales más importantes para las plantas y se requiere en cantidades comparativamente grandes. En la planta se puede encontrar en los aminoácidos, por tanto forma parte de las proteínas y las amidas, la clorofila y hormonas (auxinas y citoquininas, nucleótidos, vitaminas, alcaloides y ácidos nucleicos). Una buena gestión del nitrógeno puede optimizar los rendimientos del cultivo y pasturas, aumentar la rentabilidad y reducir al mínimo las pérdidas de nitrógeno (Formoso, 1994).

Se absorbe por raíz, en formas iónicas, como el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Como la mayor parte del N del suelo está en forma orgánica es necesaria una actividad microbiológica que lo convierta en amonio o nitrato. Si la planta absorbe nitrato tiene que reducirlo a forma amoniaca antes de que pase a formar parte de los compuestos orgánicos. El amonio no se acumula sino que se incorpora directamente a compuestos como la glutamina, procedentes del ciclo de Krebs (Formoso, 1994).

La deficiencia de N en plantas disminuye el crecimiento y la producción de clorofila, de este modo aparece clorosis (hojas de color amarillo). La clorosis empieza en las hojas de mayor edad, aunque puede aparecer clorosis en las hojas más jóvenes. Además produce disminución del tamaño de los frutos y su cuajado (Formoso, 1994).

Se cuenta con dos fuentes importantes de nitrógeno, ambas tomadas de la atmósfera, una por medios biológicos y la otra por medios químicos para producción de fertilizantes. La utilización de una u otra fuente depende tanto de la preferencia del productor como del tipo de cultivo, es decir las necesidades impuestas por las pasturas. La posibilidad de manejar la oferta de nitrógeno químico en función de las dosis y momentos de aplicación a lo largo de las fases de desarrollo de cultivo, permite direccionar parcialmente el crecimiento

para maximizar los componentes de los rendimientos de forraje (Risso, 1994) o de semillas (Formoso, 1994).

#### 2.6.1.1. Momento de aplicación

La fertilización nitrogenada no sólo es capaz de llevar a incrementos globales de materia seca, sino que además puede producir desplazamientos o incrementos estacionales de la producción (Rebuffo, 1994).

La respuesta a la fertilización dependerá de la dosis y el momento de aplicación, es decir de la tasa potencial de crecimiento de la pastura en ese momento, condicionada por su estado y composición botánica (Ayala y Carámbula, 1994). En general, las mejores condiciones se dan en pasturas de alta producción dominadas por gramíneas y con buena capacidad para incrementar el número de macollas y el tamaño de las mismas.

En cuanto a las fertilizaciones nitrogenadas iniciales del primer año en pasturas mezcla, cuando se utiliza nitrógeno en forma cuidadosa durante el período de implantación, es posible incrementar la producción de materia seca manteniendo un buen equilibrio gramínea-leguminosa. Puede resultar una herramienta estratégica para aumentar la oferta de forraje en invierno (Rebuffo, 1994). Aunque las respuestas al nitrógeno en este período son relativamente bajas, la producción de forraje adicional en junio-agosto puede ser extremadamente valiosa. Las menores tasas de crecimiento en invierno, debido a bajas temperaturas y menor luminosidad, reducen la respuesta potencial.

Asimismo autores como Bottaro y Zabala (1973), Díaz-Zorita (1997) concluyeron que la aplicación fraccionada del nitrógeno permite generar una distribución más homogénea de la producción, con un período de crecimiento más largo, tanto por una promoción de crecimiento temprano de la pastura como también una mayor persistencia en fase vegetativa.

Dosis de 50-60 kg/ha de N por aplicación producen respuestas seguras en la mayoría de los suelos ganaderos, dosis menores del orden de 25-30 kg/ha son menos predecibles, pudiendo obtenerse respuestas menores que duplicando la dosis en la mitad de la superficie. Las aplicaciones anuales de fertilizante nitrogenado no deberían superar los 250 kg/ha de N fraccionadas en no más de dos veces en otoño y de tres veces entre fin de invierno e inicio de primavera (Agnusdei et al., citados por Carámbula, 2002b).

### 2.6.1.2. Efecto del nitrógeno en la composición botánica

El porcentaje de gramíneas presente en una pastura, mezcla de gramíneas y leguminosas, serán el factor que determine el éxito de una fertilización nitrogenada. Se recomienda la aplicación estratégica de nitrógeno en pasturas mezcla de alta producción, dominadas por gramíneas y sólo cuando las condiciones climáticas favorezcan el crecimiento de la pastura (O'Connor et al., citados por Rebuffo, 1994). Las excesivas acumulaciones de forraje incrementarán las pérdidas por material muerto, afectando en mayor grado a las leguminosas con el sombreado (Rebuffo, 1994).

En cambio, en pasturas dominadas por leguminosas, normalmente no se esperan respuestas importantes al agregado de N. La baja población de gramíneas en tales pasturas restringe severamente el potencial de cualquier respuesta y el N aplicado normalmente resulta en una sustitución de leguminosas por gramíneas (Mazzanti et al., 1997).

Dentro de la composición botánica, el enmalezamiento es un factor determinante a la hora de decidir una fertilización. El grado de enmalezamiento esta inversamente relacionado al potencial de respuesta de la pastura al N (Fernández, 1996).

### 2.6.1.3. Efecto del nitrógeno en la producción de materia seca

Mazzanti et al. (1997) concluyeron que con dosis crecientes de nitrógeno se incrementó la producción de forraje, hasta un máximo de 250 kg/ha, aunque a partir de 100 y 150 kg/ha de nitrógeno no hay diferencia estadística para raigrás y avena, donde los tratamientos fertilizados resultaron aproximadamente tres veces superiores a los tratamientos no fertilizados. Agnusdei et al. (2001) observaron que además del aumento de producción, las aplicaciones invernales de N adelantaron la máxima acumulación de forraje de los verdeos entre 20 y 30 días.

Para cuantificar el grado de respuesta, Zanoniani y Noël (1997) definieron rangos de respuesta para verdeos de invierno, donde una alta respuesta es aquella en la que se obtienen más de 25 kg de materia seca de

forraje por cada kg de nitrógeno agregado. Alta respuesta es la que produce entre 10 y 25 kg de forraje por kg de nitrógeno y respuesta media se refiere a 5 a 10 kg de materia seca por kg de nitrógeno.

La expresión del potencial de crecimiento se encuentra limitada por la disponibilidad de nitrógeno aportada por los suelos en determinada época del año (Fernández et al., Marino et al., Mazzanti et al., citados por Mazzanti et al., 1997). Experimentos realizados por Kruger y Vananzi (2010) en Argentina, concluyeron que en suelos con alta fertilidad inicial (107 kg de N/ha en primeros 60 cm) no hubo respuesta a la dosis de N agregada sobre una avena en forma de urea, en cambio en suelos de baja fertilidad (31 kg de N/ha en primeros 60cm) hubo respuesta para todas las aplicaciones mayores a 40 kg de N/ha.

#### 2.6.1.4. Efecto del nitrógeno en las variables morfogénicas de gramíneas

La fertilización nitrogenada sobre gramíneas promueve el macollaje. En condiciones no limitantes de nutrientes y de agua, el nitrógeno aumenta el número de macollos por planta y por unidad de superficie (Ferri et al., 2000). Sin embargo, el aumento en el número de macollos se traduce en una disminución del número de hojas por macollo (Anslow, citado por Zanoniani, 2009).

Una fertilización con 200 kg de N/ha/año incrementó 6,6 veces el número de macollos en pasturas de *Lolium perenne* defoliadas a intervalos de 4-5 semanas. Para el mismo nivel de N, el aumento de los intervalos entre cortes redujo el número de macollos. Probablemente esta interacción entre la fertilización y la frecuencia de cortes esté determinada por las modificaciones inducidas por el corte en la calidad de la luz. El pastoreo favorece la entrada de luz a los estratos inferiores y por lo tanto provoca aumento en la relación Rojo/Rojo Lejano (R/RL), lo que promueve el macollaje. Esta señal se reduce a medida que se acumula área foliar (Scheneiter y Bertín 2005a, Deregibus et al., Carámbula, Matthew et al., citados por Zanoniani 2009) hasta el punto en que estos excesos de follaje producidos por nitrógeno y subpastoreo, provocan muerte de los macollos más pequeños y jóvenes, bajando la densidad de los macollos (Pirez González, 2012).

En cuanto a la morfología de las plantas, Mazzanti et al. (1997) observaron que el nitrógeno modifica variables como tamaño final de hojas, largo del pseudotallo y tallo, densidad y peso promedio de los macollos. Por

ejemplo, sus trabajos sobre raigrás anual y avena mostraron la capacidad de incrementar la tasa de elongación foliar en respuesta a la fertilización nitrogenada. La tasa de elongación foliar evolucionó en forma exponencial con la temperatura para las dos especies en todos los niveles de fertilización. La respuesta de la TEF a la fertilización nitrogenada tiende a ser limitada cuando la temperatura media diaria del aire es menor a 8°C. Sin embargo, los tratamientos fertilizados, mostraron mayor tasa de elongación foliar que los no fertilizados para una misma temperatura (Marino, 1996). Trabajos de Wilman y Wright, citados por Azanza et al. (2004) reportan aumento en la tasa de elongación foliar de 0,64 a 1,34 cm/día debido a la aplicación de 500 kg/ha/año de N respecto a cultivos sin nitrógeno.

Rodríguez (1998) en Balcarce observó que la fertilización nitrogenada incrementó la tasa de elongación foliar de *Lolium multiflorum*, *Stipa neesiana* (*Stipa setigera*) y *Hordeum stenostachys*, tanto en invierno como en primavera. Dicho incremento fue del 17% ante una aplicación de 100 kg N/ha.

Ante la variable aparición de hojas, Gastal y Lemaire, citados por Mazzanti et al. (1997) no encontraron respuesta a esta variable en función del N agregado, aunque Anslow, citado por Mazzanti et al. (1997) demostró que ante situaciones de carencias severas de nitrógeno, con la fertilización nitrogenada se visualizan incrementos en la tasa de aparición de hojas en gramíneas forrajeras.

#### 2.6.1.5. Efecto del nitrógeno sobre la fijación biológica

La fijación biológica de nitrógeno (FBN) en las leguminosas contribuye significativamente a la nutrición nitrogenada y productividad de las praderas. Es sabido que la fijación de nitrógeno está inversamente afectada por la aplicación de nitrógeno (Scheneiter y Bertín, 2005a).

Trabajos citados por Scheneiter y Bertín (2005a) acerca de experimentos realizados con trébol blanco y trébol rojo en Uruguay, en suelo Argisol típico, registraron valores de fijación biológica de N de 86 y 164 kg ha/año en pasturas de festuca y trébol blanco, y de 103 y 255 kg ha/año en pasturas de festuca y trébol rojo. En ambos casos, a pesar del alto potencial para fijar N biológicamente, la deficiencia de N del suelo impone el límite a la producción de forraje dado que el trébol progresará únicamente bajo una deficiencia tal que limite el crecimiento de las gramíneas, quienes compiten con

el trébol. La proporción de trébol en la pastura puede estar relacionada negativamente con la cantidad total transferida.

En cuanto a la relación entre la FBN y la aplicación de N, trabajos realizados por Gonzáles (1982) en pradera de festuca y trébol, se constató que al aplicar 30 Kg de N/ha se reduce el contenido de trébol en la pradera alrededor de un 45-60% y a su vez, lleva a una reducción de la fijación de nitrógeno de alrededor del 20-30%. En cambio, aplicando 60 Kg de N/ha no hubo una notable reducción del contenido de trébol con relación a la aplicación de 30 Kg de N/ha. Sin embargo, la fijación de nitrógeno descendió de un 35 a un 25%. Desde estos aportes, se observó que aunque los totales anuales de fijación por hectárea fueron similares en el primer y segundo año, su distribución fue dependiente del manejo y climatología del año. La sequía de verano anuló la fijación de N en 31 a 44 días en el 1° y 2° año, respectivamente. La fijación de N en invierno fue muy baja por las limitaciones climáticas y bajos contenidos de trébol. En el segundo invierno tras aplicar dos veces los tratamientos de N, se constataron 62 días de fijación de N nula. La fijación por unidad de trébol fue menor en el segundo corte que en el primero en ambos años y en el segundo año menor que en el primero, a pesar de tener contenidos de trébol mayores. Se concluyó que no hay una relación directa entre el contenido de trébol y fijación de N, sino que se ve afectada por la climatología y en mayor medida por el enriquecimiento de N del suelo provocada por la fijación biológica de N en cortes o años anteriores, o por la repetición de la aplicación de fertilizante nitrogenado.

### 2.6.2. Fósforo

El P es absorbido del suelo como fosfato mono o diácido en solución y en la planta compone enzimas, fosfoproteínas y fosfolípidos. Como componente de los ácidos nucleicos, participa de los procesos de transferencia genética. Integra el ADP y el ATP, participando en el almacenamiento y transferencia de energía en la planta. Posee un alto grado de recirculación interna, por lo que los órganos en proceso de senescencia poseen un menor contenido relativo de este elemento (Quintero et al., 1997).

Es un nutriente esencial para las pasturas, ya que afectan la producción de las leguminosas y por ende, el aporte de N que éstas le harán al sistema a través de la fijación biológica. Los suelos del país presentan niveles muy bajos de P disponible, lo cual limita el crecimiento de pasturas, especialmente de

leguminosas. Derivando a que la fertilización fosfatada conlleve un costo importante en el establecimiento y mantenimiento de una pastura (Quintero et al., 1997).

#### 2.6.2.1. Requerimientos diferenciales de especies

Las diferentes especies presentan diferentes requerimientos debido a sus diferencias morfofisiológicas. Con base en esta conjetura, Bordoli (1998) explica los diferentes requerimientos, asentado en los siguientes parámetros:

a) Capacidad de absorber P del suelo: se explica por los caracteres morfológicos de las raíces y fisiológicos de absorción. Dentro de las diferencias en morfología radicular, son claves características como extensión, ramificación y grosor de las raíces, así como el número y longitud de los pelos radiculares, la presencia de micorrizas, entre otros. Por ejemplo las gramíneas, por su sistema radicular más desarrollado y ramificado, poseen mayor capacidad de explorar el suelo y absorber P que las leguminosas, con un sistema radicular pivotante y menos ramificado. Dentro de los aspectos fisiológicos que explicarían diferencias en absorción de P se destaca la tasa de absorción a nivel celular, acidificación de la rizósfera, excreción de fosfatasa a la rizósfera, entre otros.

b) Utilización del P dentro de la planta: la diferente eficiencia interna del P para la producción de MS se debe a distintos requerimientos o concentraciones de P necesarios en la planta y a distinta eficiencia en la translocación interna del P desde la raíz al tallo, estolones y hojas.

#### 2.6.2.2. Requerimientos para implantación

Es de común acuerdo entre los investigadores y entendidos que la instalación de una pastura es la etapa más crítica para obtener una pastura productiva. El escaso volumen radicular debido a su lenta implantación exige un alto nivel de fósforo por unidad de suelo. Por tratarse de un nutriente poco móvil en el suelo, el momento tradicional de aplicación de P en un verdeo es a la siembra, por debajo y al costado de la línea de siembra. Cuando no es posible

separar la semilla del fertilizante o las dosis son elevadas (riesgo de fitotoxicidad), la fertilización al voleo podría ser una opción

A partir de ensayos de campo de leguminosas puras y mezclas de gramíneas-leguminosas en suelos de textura medias y pesadas, realizados entre 1976-1989 por UdelaR. FA. Cátedra de Suelos, citados por Bordoli (1998), se plantearon niveles críticos de P (Bray 1) para implantación de 15-16 mg/kg y 8-10 mg/kg para trébol blanco y gramíneas respectivamente.

Estos niveles están fuertemente afectados por el equilibrio entre P retenido, P lábil y P solución. Como resultado, todas las variables que afecten este equilibrio afectaran la oferta de fósforo del suelo. Por ejemplo, bajas temperaturas por siembras de otoño reducen la disponibilidad de P del suelo por enlentecer el pasaje de P lábil a P en solución y además producir menor mineralización de P orgánico que podría contribuir a mantener P en la solución. Bajas temperaturas, escaso volumen radicular y exploración del suelo, y altos requerimientos internos de P, hacen que los requisitos de implantación sean mayores que para mantenimiento de una pastura establecida (Bordoli, 1998).

Referente al suelo, la dosis a aplicar deberá ser mayor cuando menor sea la disponibilidad en el suelo y mayor sea el poder de retención de P del suelo. Trabajos realizados por Quintero et al. (1997) estiman que se requieren de 10 a 30 kg de superfosfato por hectárea para aumentar 1 ppm de P Bray en el suelo. Estos valores varían en función del tipo de suelo especialmente por su textura y en función de la forma de aplicación. Estas dosis son para aplicaciones del fertilizante al voleo y mezclado con el suelo, para fertilizaciones en líneas las dosis pueden reducirse hasta un 20%.

El P aplicado a la siembra permite su incorporación al suelo y por esto puede ser aprovechado desde el inicio de la pastura, por lo cual es el que mayor respuesta da y el que se utiliza con mayor eficiencia (Quintero et al., 1997).

Autores como Berardo y Marino, Bono et al., Bordoli, Loewy y Ron, Morón, Quintero et al., Quintero et al., Vivas, citados por Quintero y Boschetti (2005) concordaron en que la eficiencia de utilización del fertilizante fosforado es inferior en dosis divididas respecto a un aplicación única a la siembra. En términos generales se puede esperar una respuesta de 150 a 200 kg de materia seca por kg de P aplicado, aunque se han observado valores muy superiores.

Para el caso de las leguminosas, los resultados que presentan a la adición de P es mayor a la observada en otras familias debido posiblemente al efecto positivo que posee el agregado de este nutriente sobre la nodulación y la fijación de N (Boschetti et al., 1998).

Por último, Sanderson y Jones, citados por Quintero y Boschetti (2005) concluyeron que el P tiene efecto sobre el crecimiento y distribución de las raíces. En suelos con niveles bajos de P, hasta un 80% de la masa radicular se encuentra en los primeros 20 cm del suelo, mientras que en suelos fertilizados esa proporción de raíces alcanza los 50 cm de profundidad, confiriéndole mayor resistencia a la sequía junto con un mayor volumen de suelo explorado.

#### 2.6.2.3. Efecto del fósforo en la fijación de nitrógeno

El fósforo es un nutriente fundamental para las pasturas porque afecta especialmente la producción de las leguminosas, que aportan N al sistema. La producción y calidad de las pasturas está fuertemente asociada a la presencia de leguminosas, siendo muchas veces causante de la roturación de las praderas por baja productividad. Las leguminosas presentan por lo general, una mayor demanda y respuesta a la fertilización que las gramíneas. El equilibrio entre ambos grupos de especies depende en buena medida de la disponibilidad de este elemento (Bordoli, 1998).

La deficiencia de P restringe el crecimiento radicular, el proceso de fotosíntesis, el transporte de azúcares y otras importantes funciones que influyen directa o indirectamente la fijación de N en las leguminosas.

Los nódulos se desarrollan cuando los pelos radiculares en crecimiento se infectan con la bacteria *Rhizobium*. El tejido de la planta crece alrededor del área infectada, formando el nódulo donde crece la bacteria y fija N elemental de la atmósfera del suelo. Cualquier restricción al desarrollo de la raíz como escasez de nutrientes esenciales como P y molibdeno (Mo), suelo ácido o una reducción en la fotosíntesis pueden restringir la nodulación y la fijación de N (Bordoli, 1998).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

##### 3.1.1. Lugar y período experimental

El trabajo fue realizado en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (Facultad de Agronomía, Universidad de la República; Paysandú, Uruguay). La cual se encuentra ubicada al este sobre la ruta nacional No. 3, Km 363. El estudio comenzó el 04/05/2016 y finalizó el 26/10/2016.

##### 3.1.2. Información meteorológica

La región geográfica en la cual se ubica Uruguay presenta un clima subtropical húmedo, en donde las precipitaciones tienen distribución isohigro con variabilidad interanual y estacional. El promedio anual registrado para todo el territorio es de 1200 mm (Durán, 1985).

Con respecto a la temperatura, las más altas se presentan en el mes de enero y febrero y las más bajas en junio y julio de acuerdo a la región, de igual manera los cambios de temperaturas son frecuentes y pronunciados en cualquier época del año. La media anual es de 17,5°C, variando de 20°C en la zona noreste, hasta 16°C en la costa atlántica. Las temperaturas extremas presentan grandes diferencias y según 50 años de registros, el valor máximo fue de 44°C (observada en la ciudad de Rivera en el mes de enero).y la mínima de 11°C (observada en Melo en el mes de julio, Severova, 1997).

##### 3.1.3. Descripción del sitio experimental

El lugar físico específico se denomina potrero 35, latitud 32°22'26.09"S y longitud 58° 3'52.92"O.

El área experimental está ubicada sobre la Unidad San Manuel, que pertenece a la formación geológica Fray Bentos, según se observa en la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (escala 1:1.000.000). Los suelos

dominantes encontrados en esta unidad son Brunosoles Éútricos Típicos (Háplicos), de superficiales a moderadamente profundos de textura limo-arcilloso (limosa). Asociados a estos, también se encuentran Brunosoles Éútricos Lúvicos, de textura limosa y Solonetz Solodizados Melánicos de textura franca (Altamirano et al., 1976).

#### 3.1.4. Antecedentes del área experimental

La fecha de siembra de la pastura en estudio fue el 17 de marzo del 2016 para las parcelas en las que el tratamiento comprendió la siembra pura de la especie *Lolium multiflorum* (mismos cultivares y proporciones que la mezcla) y 24 de marzo para aquellas en que se sembró la mezcla forrajera “Speed mix”. La mezcla se compone de 70,5% de *Lolium multiflorum* (27% cv.Sabroso, 20% cv.E284, 17,5% cv.Moro y 6% cv.Braçelim), 23,5% de *Trifolium resupinatum* (cv.Maral) y 6% *Trifolium vesiculosum* (cv.Sagit).

Ambos tratamientos se sembraron en la línea con sembradora a chorrillo en un área total de 4,98 ha. El área sembrada con raigrás puro fue de 2,62 ha. a una densidad de siembra de 19,8 kg/ha, con un peso de mil semillas de aproximadamente 3,06 gramos. Por otro lado, el área de las parcelas mezclas fue de 2,36 ha., a una densidad de siembra de 18,8 kg/ha, con un correspondiente peso de 1,59 gramos para mil semillas.

#### 3.1.5. Tratamientos

El experimento consta de cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. El total de parcelas (16) se dividen en 4 bloques iguales (BI, BII, BIII y BIV, de 4 parcelas c/u), en los que se repite una vez cada tratamiento.

Los tratamientos poseen como objetivo evaluar la interacción entre las mezclas forrajeras y la fertilización nitrogenada, siendo mezcla fertilizada, mezcla sin fertilizar, raigrás puro fertilizado y raigrás puro sin fertilizar. Los tratamientos “fertilizados”, corresponden a la aplicación de Nitrógeno en forma de urea, a una dosis de 64 kg de N.ha<sup>-1</sup> fraccionados en dos aplicaciones de 32 kg cada una. Esta fertilización no incluye la aplicación de 120 kg.ha<sup>-1</sup> de 7-40/40-0 (NPK) realizada a la siembra (común para todos los tratamientos del experimento).

La primera aplicación de urea (70 kg/ha) se realizó el 12/05/2016 en todos los bloques, en cambio la segunda se realizó el 29/07/2016 en los bloques II y IV, y el 16/08/2016 en los bloques I y III. Se realizaron tres períodos de pastoreo con terneros de la raza Holando durante el transcurso del experimento. El primer pastoreo se desarrolló desde el 06/06 al 21/07/2016 para los bloques II y IV, mientras que para los bloques I y III fue desde el 21/07 al 11/08/2016. El segundo pastoreo tuvo como fecha de inicio el 11/08 y 14/09/2016, con fecha de salida el 22/08 y el 30/09/2016, para los bloques II y IV, y I y III respectivamente. Por último el tercer pastoreo se realizó desde el 30/09 al 22/10/2016 en los bloques II y IV y luego los animales pasaron a las parcelas pertenecientes al bloque I y III el 22/10 hasta el 29/10/2016. Cabe destacar, que si bien el pastoreo no forma parte de los tratamientos de este trabajo experimental, tiene influencia sobre los parámetros estudiados y resulta de importancia tenerlo en cuenta a la hora de analizar los resultados obtenidos.

### 3.1.6. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar. Con un área total experimental de 4,98 ha, dividida en 4 bloques de 1,14 ha (BI), 1,26 ha (BII), 1,61 ha (BIII) y 0,97ha (BIV) que se dividieron en 4 parcelas cada uno, tal como fue mencionado. El análisis estadístico es una factorial doble, es decir dos factores a dos variables.

Parcela	1	2	3	4	N ↓					
Tratamiento	raigras 64	mezcla 64	mezcla 0	raigras 0	B III					
B I	0,27	0,28	0,26	0,34	0,47				raigras 64	9
					0,41				mezcla 0	10
					0,34				mezcla 64	11
					0,40				raigras 0	12
B II	0,23	0,38	0,29	0,35	0,27	0,24	0,21	0,25	B IV	
					raigras 64				raigras 64	13
					mezcla 64				mezcla 0	14
					raigras 0				mezcla 64	15
Tratamiento	mezcla 0	mezcla 64	raigras 0	raigras 64	raigras 64	mezcla 0	mezcla 64	raigras 0		
Parcela	5	6	7	8	13	14	15	16		

Figura No. 4. Mapa del diseño experimental

## 3.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La metodología experimental empleada en este trabajo se basó en la medición de variables de crecimiento y de desarrollo para la mezcla forrajera en estudio.

### 3.2.1. Variables de crecimiento

Las variables de crecimiento son aquellas que cuantifican el incremento de biomasa de la pastura para un período determinado de tiempo.

Es de importancia mencionar que para evaluar las diferentes variables de crecimiento en el período estacional de invierno-primavera, se optó por tomar 2 bloques (2 y 4) de los cuatro que componen el experimento. La razón por la cual se tomó esta decisión fue la metodología con que se manejaban los animales, generando una marcada disparidad de condiciones entre grupos de bloques (1 y 3 vs 2 y 4). A los bloques 2 y 4 se les retiraron los animales 1 semana previa al comienzo del período de medición y se mantuvieron libres de pastoreo para todas las fechas de corte. Por otro lado, los bloques 1 y 3 se encontraban sin animales, los cuales ingresaron a pastorear luego de la segunda fecha de corte. Por lo que el crecimiento de estos dos grupos de bloques se ve influenciado por condiciones de pastoreo muy contrastantes.

#### 3.2.1.1. Altura del disponible

La altura del forraje fue contabilizada como la distancia en cm desde el suelo al punto de contacto de la hoja verde más larga del tapiz con la regla, es una variable que se correlaciona directamente con la cantidad de materia seca existente.

Con el fin de medir la altura de la parcela en cada fecha, se realizaron tres mediciones por cada muestra extraída. La muestra corresponde a un marco de hierro de 0,10 m<sup>2</sup>, en el que se trazó una línea imaginaria desde un vértice a otro, obteniendo la medida de los dos extremos y del centro. Estas 3 medidas se promediaron, obteniéndose 6 datos por parcela, que a su vez fueron promediados nuevamente, arrojando un dato de altura representativo.

### 3.2.1.2. Biomasa disponible

La presente variable expresa los kg de materia seca por hectárea en el momento que se tomó la muestra.

El procedimiento consistió en la extracción de 6 muestras por parcela, usando un marco de hierro de 20 por 50 cm (0,10 m<sup>2</sup>) en los que se realizó el corte del forraje al ras mediante el uso de una trincheta. Las 6 muestras fueron introducidas en la misma bolsa y mezcladas totalmente, a modo de obtener una muestra homogénea. Posteriormente en el laboratorio se pesó en fresco y se extrajo aproximadamente la mitad de la muestra, luego se pesó la submuestra en fresco y se introdujo en la estufa de aire forzado a 60°C durante 48 horas a fin de volverla a pesar después de perder el agua. Finalmente con ambos pesos se calculó el porcentaje de materia seca.

Conociendo el peso fresco de la submuestra y del total, se calculó la proporción (en %) de la primera en la segunda. Luego se realizó una regla de tres con los porcentajes y el peso seco de la submuestra, a modo de estimar la cantidad de materia seca de la muestra total. Dicho peso se pasó de gramos a kilogramos y luego de 0,10 m<sup>2</sup> a hectáreas. De esta manera se obtuvo los kg de MS/ha promedio para cada parcela, las cuales se promediaron para cada tratamiento (4 parcelas por tratamiento).

Para el estudio de ésta variable se empleó un método que consta en restar al último corte el valor del primero y la diferencia, dividirla entre el primero y luego multiplicarla por 100. El resultado corresponde al incremento de biomasa alcanzado en términos porcentuales durante ese periodo, dicho incremento porcentual sirve para tener una idea más clara de la magnitud del crecimiento de cada tratamiento, comparando el inicio con el fin de la estación. Cabe aclarar que esta comparación no describe como fue la evolución de las tasas de crecimiento, únicamente expresa la comparación en diferencias de peso.

### 3.2.1.3. Composición botánica

Para evaluar la composición botánica de la pastura se utilizó el método gravimétrico ya que el mismo permite estimar los kg de materia seca que aporta cada componente de la pastura. *“Se entiende por análisis gravimétricos el*

*conjunto de técnicas de análisis en las que se mide la masa de un producto para determinar la masa de un analito presente en una muestra. Se cuentan entre los métodos más exactos de la Química Analítica Cuantitativa” (CIN, 2009).*

De la muestra total recolectada, la cual se mencionó en el ítem anterior, se extrajo además de la submuestra 1, una submuestra 2. Sobre esta última se realizó el análisis de composición botánica. Se pesó la muestra en fresco, luego se clasificó sobre una bandeja utilizando una pinza, en cuatro fracciones: gramínea, leguminosa, malezas y restos secos. Las fracciones fueron pesadas por separado tanto en fresco como en seco y a partir del peso seco se calculó la cantidad de materia seca equivalente en el total de la muestra, correspondiente a cada componente botánico.

### 3.2.2. Variables de desarrollo

Las variables de desarrollo registran las modificaciones morfológicas que le suceden a la planta durante el ciclo de vida y en este caso para un período determinado de tiempo dentro de ese ciclo.

#### 3.2.2.1. Número de macollos por planta

El número de macollos por planta es una variable que expresa la evolución del proceso de macollaje, la cual es en gran medida uno de los principales factores que determinan la producción de forraje. Se puede analizar la evolución del mismo en función del clima y del ambiente generado en los diferentes tratamientos (fertilización nitrogenada, en la mezcla y en el raigrás puro) a modo de entender mejor cómo se comportan dichos cultivares de raigrás en esas condiciones.

Para medir esta variable se realizó en las mismas fechas en las que se extrajo las muestras de biomasa, una colecta de 10 plantas por parcela arrancadas a mano, contabilizando un total de 40 plantas por tratamiento. Dichas plantas de raigrás fueron limpiadas en el laboratorio y se realizó un conteo de hojas y de macollos por planta que luego se promedió para cada parcela en la fecha específica.

#### 3.2.2.2. Número de hojas de trébol por planta

De igual manera que se realizó la colecta y el conteo de plantas de raigrás, también se realizó para trébol una colecta de 10 plantas por parcela. Se contabilizó el número de hojas completamente desarrolladas y el número de hojas en proceso de desarrollo. Para realizar el gráfico no se utilizó el período en el cual se pastoreó el verdeo ya que afecta directamente el número de hojas.

#### 3.2.2.3 Peso promedio de macollo

El peso de macollos se utilizó para observar como varió el mismo en relación al número de macollos existentes.

Como se mencionó anteriormente, se muestrearon 10 plantas de raigrás por parcela para realizar el conteo de hojas y macollos. Posteriormente fueron cortadas separando lámina de vaina y el total acumulado por parcela de cada componente, se pesó en fresco y después se introdujo en una estufa de aire forzado a 60°C durante 48 horas para luego pesar la muestra en seco.

A modo de obtener el peso promedio de los macollos se sumó el peso seco de láminas y vainas, y se dividió entre el número total de macollos registrados en esas 10 plantas.

#### 3.2.2.4. Relación lámina/vaina

Teniendo en cuenta las diferencias existentes en cuanto a composición química de los diferentes órganos vegetales y cómo influye en la calidad nutritiva de las pasturas a la hora de generar incrementos de producción en los animales, se determinó importante la evolución de la relación lámina/vaina de las plantas de raigrás.

Para ello se dividió el peso promedio de lámina y de vaina para cada tratamiento y se graficó para todo el periodo de estudio.

### 3.3. HIPÓTESIS

#### 3.3.1. Hipótesis biológica

Los tratamientos mezcla muestran una superioridad frente a los tratamientos de raigrás puro.

Los tratamientos fertilizados muestran una clara superioridad a los tratamientos sin fertilizar, producto de la respuesta expresada por el raigrás de las mezclas.

Los tratamientos mezcla fertilizados muestran disminuciones en la fracción leguminosas en relación a los tratamientos mezcla sin fertilizar.

La fertilización nitrogenada provoca incrementos en la productividad del tratamiento de raigrás puro, con respecto al raigrás puro sin fertilizar.

#### 3.3.2. Hipótesis estadística

Ho:  $T_1=T_2=T_3=T_4=0$

Ha: existe algún tratamiento distinto de 0.

### 3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

#### 3.4.1. Modelo estadístico

Modelo estadístico

$$Y = \mu + \alpha_i + \beta_j + \beta_t + (\beta_{jt}) + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

- Y - es el valor del i-ésimo tratamiento, en la j-ésima repetición
- $\mu$  - media poblacional
- $\alpha_i$  - efecto bloque
- $\beta_j$  - efecto mezcla
- $\beta_t$  - efecto nitrógeno
- $\epsilon_{ij}$  - error experimental entre U.E. • i - 1; 2.... 4 tratamientos
- j - 1; 2.....4 repeticiones

El modelo presenta los siguientes supuestos:

-El modelo es correcto y aditivo.

-A los errores experimentales: que los mismos son variables aleatorias, que  $\varepsilon$  tiene una distribución normal con media cero y tiene una varianza poblacional y que son independientes.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. DATOS METEOROLÓGICOS

#### 4.1.1. Precipitaciones

A continuación se presenta la comparación entre los registros de las precipitaciones promedio mensuales de una serie histórica correspondiente al período 1961-1990 y los registros mensuales para el año 2016.

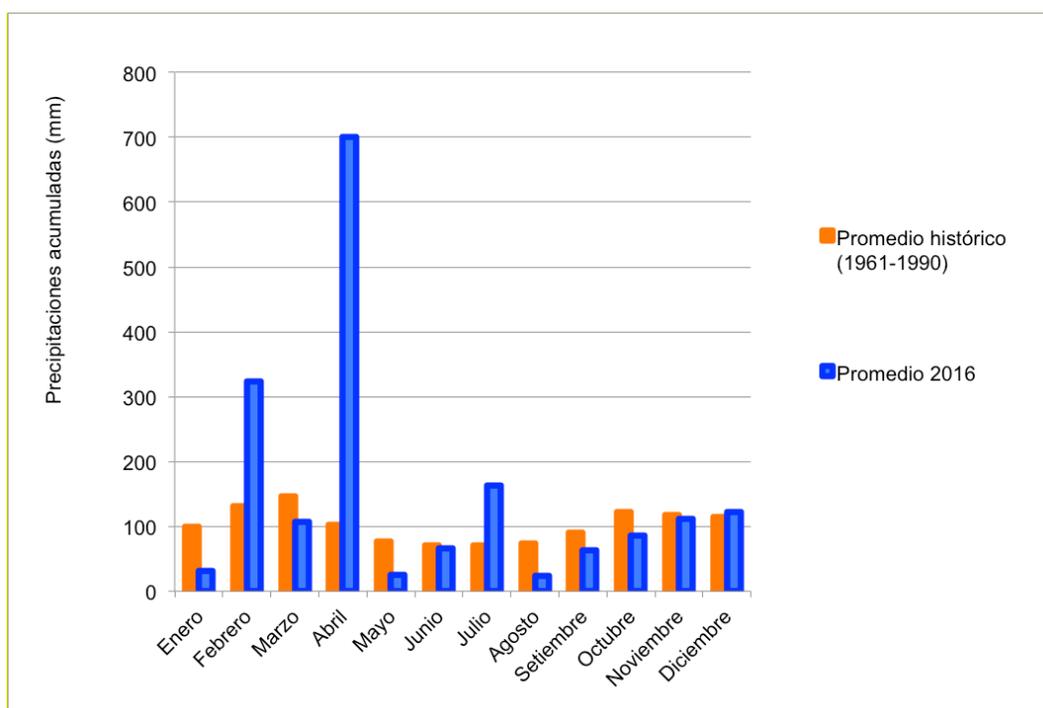


Figura No. 5. Registro de precipitaciones mensuales para el año de estudio y para el registro histórico.

En la figura anterior se puede observar las abundantes precipitaciones ocurridas durante el período estivo-otoñal, concentradas en el mes de febrero y principalmente en el mes de abril (más de 1000 mm solamente en estos dos meses). Posteriormente se identifica una disminución de las mismas en el

período invierno-primaveral, especialmente para los meses de agosto, setiembre y octubre.

Teniendo en cuenta las precipitaciones al comienzo de la estación de crecimiento, las cuales superaron ampliamente los promedios históricos mensuales, resulta previsible esperar un escenario limitante para poder lograr una buena implantación de la pastura. El exceso de lluvias de febrero determinó una alta humedad para la siembra, con sucesivas acumulaciones de agua en el perfil del suelo que generaron condiciones predisponentes al fenómeno de erosión laminar provocando pérdida de semillas y plántulas, generando zonas de escasa cobertura y posterior desarrollo de foco de malezas.

Sumado a esto, los 700 mm registrados en abril generaron saturación del suelo y condiciones de anaerobiosis dado que la capacidad de almacenaje de agua de los suelos en cuestión es de 120-160 mm, clasificada como alta (Durán y García Préchac, 2007). Esto perjudicó el desarrollo normal de las plántulas, ya que la absorción radicular de nutrientes disueltos en el agua del suelo, es un proceso que requiere de energía, proveniente de la respiración, siendo imprescindible el oxígeno en el suelo (Carámbula, 2002b). Por este motivo, no solo se interrumpe la absorción de nutrientes, sino que es frecuente la muerte de plántulas por anoxia radicular.

Otro de los efectos relacionados con el exceso hídrico, es la pérdida por lavado de nitrógeno del suelo a través del proceso denominado lixiviación. Ocurre debido a que el nitrógeno, en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) tiene carga negativa y por ese motivo no queda retenido a la fracción coloidal del suelo, por eso puede ser arrastrado por el agua a medida que esta desciende hacia los horizontes inferiores del suelo (Shepherd y Lucci, 2011).

Estos factores conformaron un ambiente inadecuado para lograr una buena implantación, la cual es un proceso clave para lograr generar la máxima expresión del potencial productivo de una pastura.

Para el resto de los meses en que se llevó a cabo el experimento, el registro de precipitaciones se mantuvo similar al promedio histórico, salvo para el mes de agosto que las precipitaciones estuvieron muy por debajo del promedio. Este pequeño déficit hídrico al comienzo de la primavera pudo haber generado un retraso en la producción de materia seca, la cual alcanza sus máximos en esta estación.

#### 4.1.2. Temperatura

En los siguientes párrafos se realiza una descripción del factor temperatura durante el período de estudio, realizando a su vez una comparación con la temperatura promedio de 29 años como punto de referencia. En la figura a continuación se muestran los promedios mensuales de temperatura para ambos períodos de tiempo.

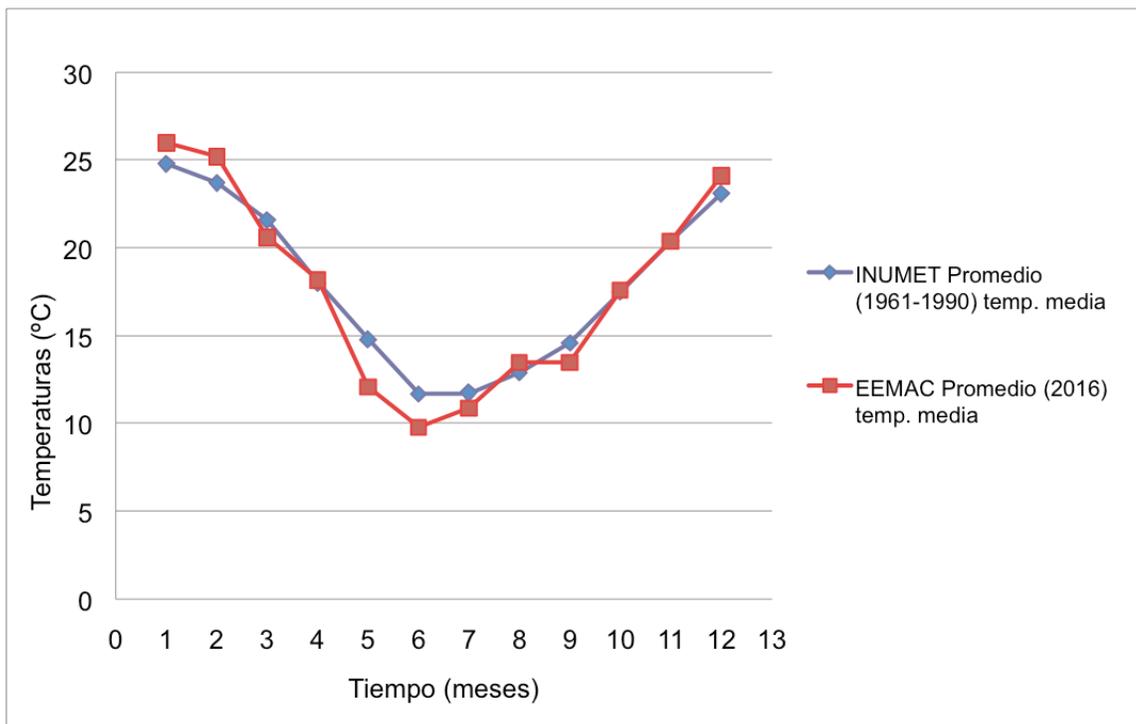


Figura No. 6. Registro de temperaturas medias del año 2016, y la temperatura media del promedio histórico.

Las temperaturas promedio del período experimental (marzo a octubre) variaron entre 9,9°C y 21°C, mientras que para el promedio histórico la variación fue de 12°C a 22°C.

Se puede decir que el año en estudio fue más frío que el promedio, en especial en los meses de otoño-invierno, en los cuales hay diferencias de entre 1 y 3°C menos. Además se destaca la abrupta caída de la temperatura de abril a mayo, de aproximadamente 6°C, cuando históricamente la disminución es en torno a 3°C.

Estas bajas temperaturas otoñales sumadas al exceso de agua ya comentado previamente, pudieron haber generado un enlentecimiento del crecimiento de las especies evaluadas. Los restantes meses en los cual se llevó a cabo el experimento, se mantuvieron dentro de los rangos normales en comparación al promedio histórico.

En la figura se incluyen además de las temperaturas medias, las temperaturas máximas y mínimas registradas durante el 2016, para poder tener una idea más clara del comportamiento de este factor ambiental durante el año en estudio.

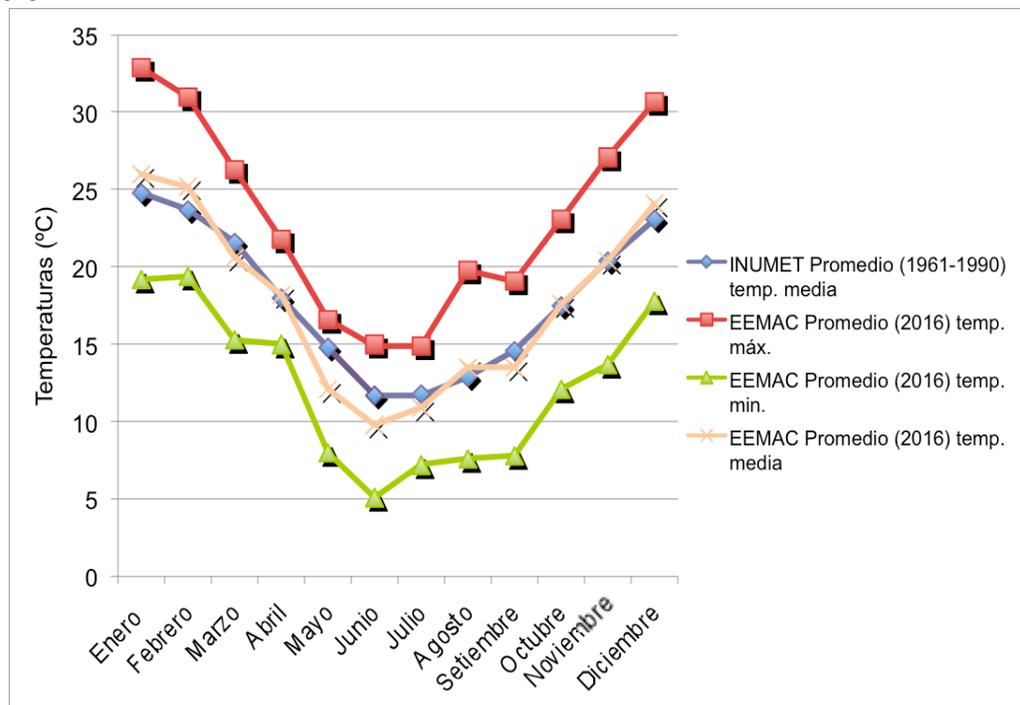


Figura No. 7. Registro promedio de temperaturas medias, máximas y mínimas para el año 2016, comparadas con la temperatura media del promedio histórico.

En la figura anterior se observa la menor amplitud térmica registrada en el mes de abril, causada por una mayor temperatura mínima. A su vez, se puede ver que en los meses de junio y julio se registraron temperaturas medias inferiores a los registros históricos, lo que se asocia a que las temperaturas máximas no superaron los 15°C. Se destaca un incremento, tanto en la

temperatura media como en la máxima para el año 2016 en el mes de agosto. Este marcado aumento, generó estímulos en la pastura ya que los rangos de temperatura que se dieron en ese mes se encuentran más cercanos al óptimo, el cuál según Agnusdei (1999) va de 5 a 17°C para especies C3, siendo la respuesta al incremento aproximadamente exponencial dentro de ese rango. Más específicamente, para *Lolium multiflorum*, estudios realizados en Nueva Zelanda sobre producción de forraje, número de macollos, largo y cantidad de hojas, así como otras variables, mencionan una temperatura óptima entre 18 y 21°C (Mitchell, 1956).

Como conclusión general de los datos meteorológicos que caracterizaron el período experimental, se puede decir que a pesar de que ocurrieron algunos eventos que significaron momentos de estrés para la pastura, estos no fueron de gran impacto al punto de afectar seriamente su desarrollo y crecimiento. La implantación obtuvo resultados aceptables del entorno de 45,2% (García Favre et al., 2016), muy superiores al 21% obtenido por Brito Del Pino et al. (2008) para leguminosas perennes en mezclas. En las etapas iniciales las bajas temperaturas y el exceso de precipitaciones pudo enlentecer el crecimiento inicial de la pastura. Por otro lado en el comienzo de la primavera se registró un leve déficit hídrico que posiblemente haya limitado la expresión del potencial productivo en esa estación, el cual se encuentra en torno a 42% de la producción total (Leborgne, 2014).

## 4.2. OTOÑO

### 4.2.1. Variables de crecimiento

#### 4.2.1.1. Producción de materia seca

En el siguiente cuadro se muestra las producciones de materia seca promedio registradas en otoño para cada uno de los tratamientos analizados.

Cuadro No. 3. Producción de materia seca (kg/ha) por tratamiento para las seis fechas de mediciones otoñales.

	4 may.	11 may.	18 may.	25 may.	1 jun.	10 jun.
R64	558,9 A	762,2 A	1024,7A	1154,6 A	1472,0	2188,6
M64	366,8 B	482,8 B	837,2 B	948,8 B	1282,8	1757,3
M0	450,1 A B	546,3 B	789,1 B	890,9 B	1424,4	1821,4
R0	610,5 A	647,5 A	948,5 A	1120,1 A	1372,4	1702,2
CV (%)	21,3%	26,8%	20,4%	21,6%	25,7%	13,8%

Datos con letra distinta difieren estadísticamente ( $p>0.1$ ), datos sin letra dentro de la misma fecha no presentan diferencias significativas.

Se observaron diferencias significativas de los tratamientos puros sobre las mezclas para las primeras cuatro fechas de medición, para las últimas dos no se detectaron diferencias estadísticamente significativas.

La menor producción de la mezcla con y sin agregado de N se explica por el factor competencia, característico en etapas tempranas de desarrollo, acentuado por un ambiente restrictivo. La superioridad por parte de las gramíneas se puede explicar por una mayor capacidad de germinación y crecimiento inicial, con respecto a las leguminosas en general. Específicamente para las especies en estudio, Formoso (1994) encontró que el número de días post siembra para acumular 1000 kg/há ha de MS para el raigrás es 95 a 100 días, en cambio para tréboles anuales (trébol alejandrino) es 130 días.

Según Leborgne (2014) la producción de materia seca del raigrás anual correspondiente al mes de mayo representa en torno a un 18% de la producción total anual, este porcentaje equivale aproximadamente a unos 1260 kg/há ha de materia seca.

En comparación con estos datos, se puede decir que a pesar de que las condiciones en las que se implantó el verdeo no fueron las ideales, se obtuvo

una producción aceptable. Para el caso de las mezclas, aunque no se tiene información sobre la producción de estas especies ni de otras mezclas semejantes (verdeos anuales gramínea/leguminosa), estas fueron muy similares a las del raigrás puro.

En cuanto a la fertilización nitrogenada, no hubo diferencias estadísticamente significativas al último corte entre los tratamientos fertilizados y los no fertilizados. Tomando en cuenta la fertilización de  $32 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de N realizada el 12/5 año, los tratamientos fertilizados deberían tener aproximadamente entre 320 a 640 kg más de MS/ha, es decir una respuesta del orden de 20 kg de MS/kg de N agregado (Leborgne, 2014). A pesar de no ser significativa la diferencia, esta respuesta se vio en el caso del raigrás puro, donde el fertilizado produjo 486,4 kg de MS/ha más que el no fertilizado.

La respuesta al agregado de nitrógeno de raigrás puro (15,2 kg de MS/kg de N) se considera media a baja para esta estación. Según la respuesta a la fertilización en este momento del año varía de 10 a 30 kg de MS/kg de N agregado si la fertilización se realiza más cercana al invierno que al otoño respectivamente, siendo un factor determinante la temperatura y la luminosidad.

Con el fin de realizar un análisis más descriptivo sobre el crecimiento de la pastura con respecto a los diferentes tratamientos, se presentan a continuación los cuadros comparativos con las tasas de crecimiento instantánea y media para las diferentes fechas de corte otoñal.

Cuadro No. 4. Tasa de crecimiento instantánea (kg/ha) por tratamiento para las seis fechas de mediciones otoñales.

Tc. instantánea (kg MS/ha)	4 may.	11 may.	18 may.	25 may.	1 jun.	10 jun.
R64	11,6 <sup>A</sup> ab	29,0 ab	37,5 bc	27,6 ab	61,3 bc	74,9 c
M64	8,95 <sup>B</sup> ab	16,6 ab	50,6 abcd	2,4 a	92,4 d	33,4 abc
M0	11,0 <sup>B</sup> a	14,2 a	34,7 ab	17,8 ab	104,2 d	20,8 ab
R0	12,7 <sup>A</sup> ab	8,5 a	43,0 abc	20,5 ab	61,7 abc	33,6 ab

Datos con letra distinta difieren estadísticamente ( $p < 0.1$ ), datos sin letra dentro de la misma fecha no presentan diferencias significativas. Letras azules son diferencias entre tratamientos para la misma fecha, y letras negras son diferencias entre fechas dentro de un mismo tratamiento.

Para las tasas de crecimiento instantánea en las mediciones otoñales se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos con superioridad a favor de los 2 tratamientos con raigrás puro, únicamente para la fecha 4 de mayo.

Entre fechas no se registran diferencias estadísticamente significativas entre primer y segundo corte para ninguno de los tratamientos ya que se encontraban en las etapas iniciales del crecimiento.

A partir de la 3 fecha de medición en adelante, si se registran diferencias significativas entre las tasas, pero sin una tendencia definida, probablemente debido al alto coeficiente de variación presente en estos datos (56,2%).

Debido a esto se procederá al análisis de las tasas de crecimiento promedio, que se presentan a continuación.

Cuadro No. 5. Tasa de crecimiento media (kg/ha) por tratamiento para las seis fechas de mediciones otoñales.

Tc. promedio (kg MS/ha)	11 may.	18 may.	25 may.	1 jun.	10 jun.
R64	29,0 AB	33,3 AB	24,0 AB	33,8 AB	37,4 B
M64	16,6	33,6	18,2	33,9	32,2
M0	14,2	24,2	19,0	36,1	32,3
R0	8,5 A	24,1 AB	20,2 AB	28,2 AB	27,9 AB

Datos con letra distinta difieren estadísticamente ( $p < 0.1$ ), datos sin letra dentro de la misma fecha no presentan diferencias significativas.

En cuanto a las diferencias observadas, se puede decir que los tratamientos puros tuvieron mayores valores de producción inicial (crecimientos a tasas superiores), por lo que se generaron diferencias significativas con los tratamientos mezcla en el primer corte, asociado a la mayor precocidad de las gramíneas respecto a las leguminosas (Formoso, 1994). Un desarrollo más temprano pudo generar incrementos en la intercepción de luz lo que provoca aumentos en la tasa fotosintética, promoviendo el crecimiento de hojas y macollos (Nabinger, 1997).

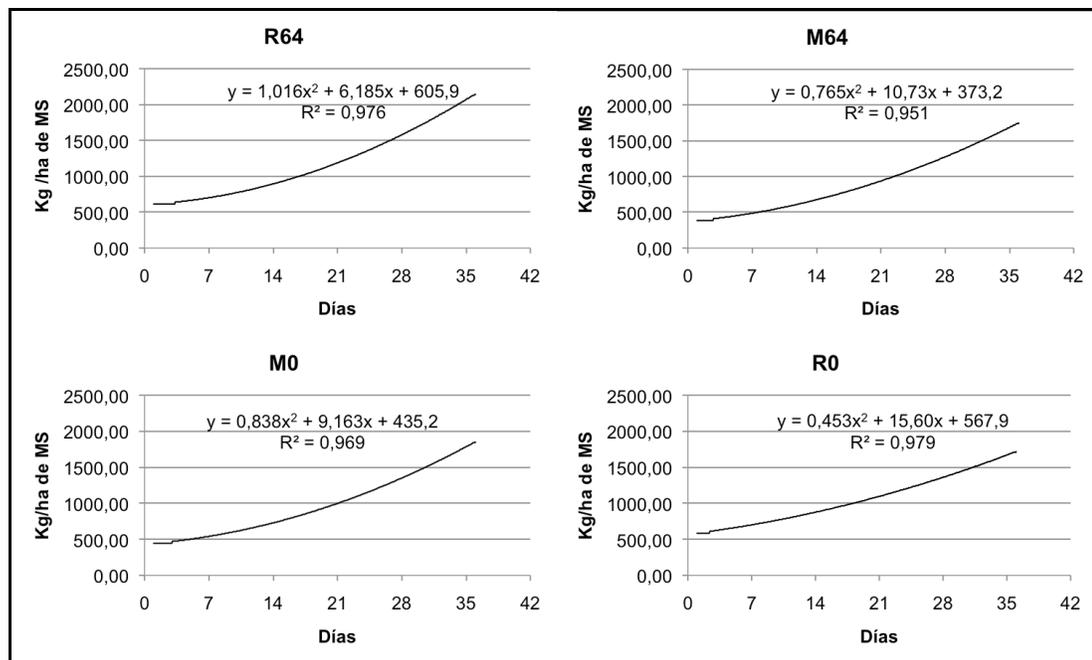
A partir de la tercer semana, se observó un incremento en las tasas de crecimiento para la mayoría de los tratamientos (R64, M64 y M0), atribuible a un incremento del IAF. Para el caso de los tratamientos mezcla (M64 y M0), el aumento de las tasas, puede explicarse por el crecimiento de la fracción leguminosas, la cual por lo general presentó un más lento establecimiento y producción inicial que la fracción gramíneas (Formoso, 1994).

La fertilización es otro factor que pudo haber influenciado en el aumento de las tasas de crecimiento. Esto se ve reflejado al comparar el tratamiento de raigrás fertilizado contra el tratamiento no fertilizado (R64 vs. R0), ya que para el primer caso la producción de MS aumenta a tasas instantáneas crecientes hasta el final de la estación, mientras que para R0, la producción presentó aumentos hacia el final del otoño, pero a tasas decrecientes, hasta que se estabiliza entorno a los 40kg MS/ha/día para las últimas tres semanas de la estación. El nitrógeno tiene efectos directos sobre la fotosíntesis, ya que además de formar parte de diversas enzimas y de la clorofila, aproximadamente

un 40% del nitrógeno foliar en plantas C3 se encuentra en la proteína Rubisco (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

Para el caso de los tratamientos mezcla, la respuesta a la fertilización no se ve tan claramente, ya que en ambos casos la producción de forraje aumentó hacia el final de la estación a tasas crecientes. Al analizar más profundamente estos aumentos de producción, especialmente para la segunda mitad del otoño (12/5 al 10/6) se puede observar una tasa de crecimiento 10% mayor para el tratamiento M64 con respecto al M0 (3,6 a 3,3kg de MS/ha/día, respectivamente). Esto puede ser atribuido a un aumento de la producción de raigrás en respuesta a la fertilización nitrogenada.

En la figura siguiente se presentan los gráficos de producción de materia seca en función del tiempo, en los cuales se puede analizar mejor como fue el crecimiento de cada tratamiento durante la estación de otoño.



Resultados estadísticamente significativos ( $p < 0.1$ ). P=valor R64= 0,08; M64= 0,22; M0= 0,13; R0=0,16.

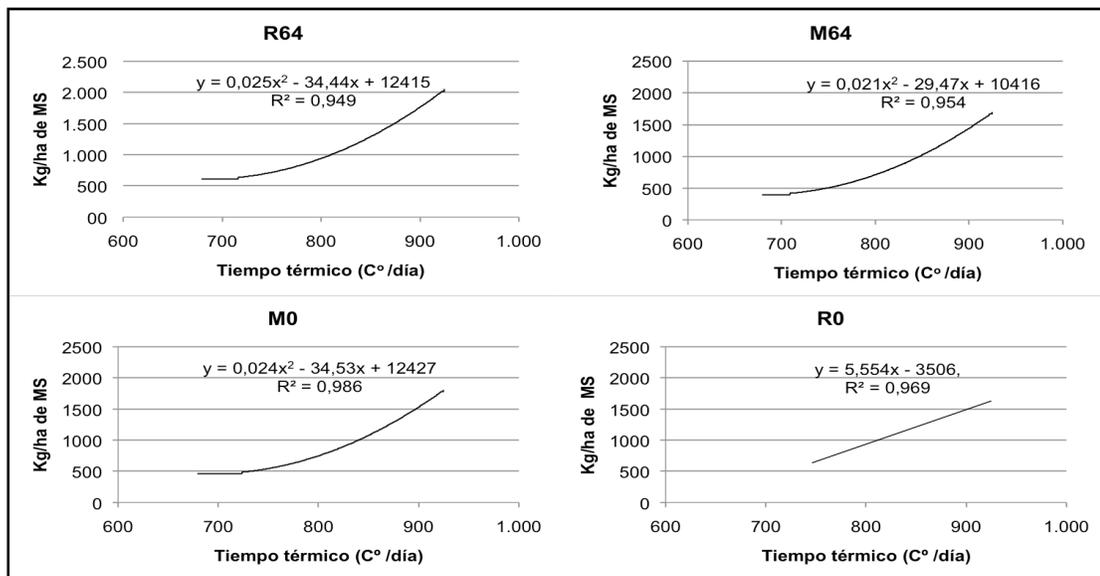
Figura No. 8. Evolución del crecimiento (kg/ha de MS) en función del tiempo.

Como se puede observar en los gráficos, para todos los tratamientos la MS/ha creció de forma exponencial en función de los días.

A partir de la regresión se observó que R64 es el único tratamiento que presentó un p valor menor a 0,1 afirmando que el aumento en producción es explicado en más de un 90% por el correr del tiempo en días. Para los tratamientos M0 y R0, pese a la ausencia de significancia ( $p > 0,1$ ), se registra una tendencia ( $p < 0,15$ ) de comportamiento similar al tratamiento R64.

La diferencia notoria de evolución en crecimiento entre tratamientos se encuentra entre el tratamiento raigrás puro fertilizado (R64) y el raigrás puro no fertilizado (R0), con una clara superioridad en cuanto al crecimiento para el tratamiento fertilizado hacia las últimas mediciones, ajustándose el crecimiento a una ecuación exponencial en función del tiempo, mientras el tratamiento sin fertilizar se ajusta a una ecuación lineal. En cambio para M64 el aumento en la producción obtenido es producto del aumento de los días.

Con el fin de profundizar el análisis del crecimiento otoñal de los diferentes tratamientos, se graficó la evolución del crecimiento en función del tiempo térmico como de la radiación acumulada.



Resultados estadísticamente significativos ( $p < 0,1$ ). P=valor R6= 0,11; M64= 0,11; M0< 0,1; R0< 0,1.

Figura No. 9. Evolución del crecimiento (kg/ ha de MS) en función del

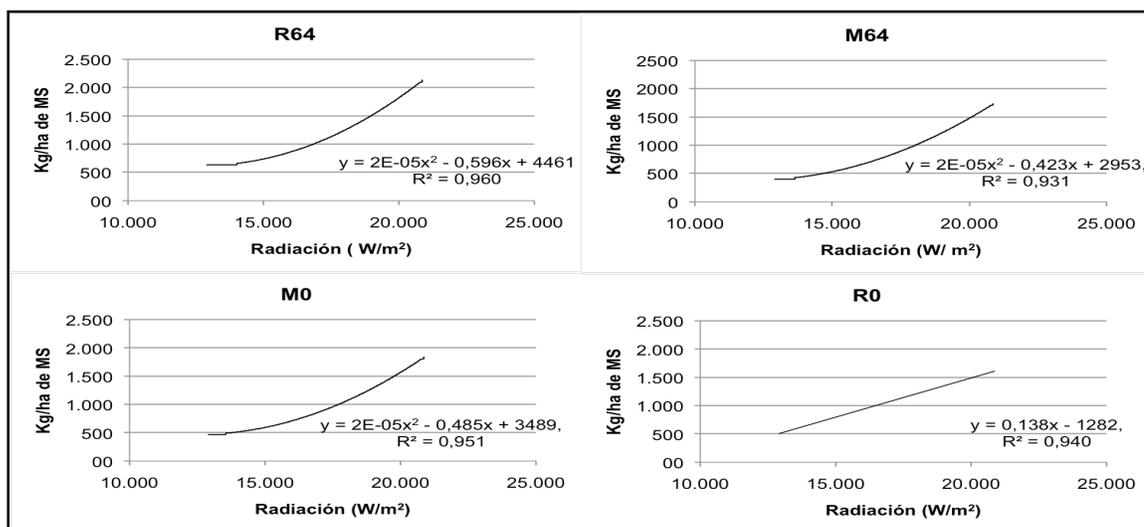
tiempo térmico ( $^{\circ}\text{C día}$ ).

Como se observa en las gráficas de la figura anterior, el crecimiento de los diferentes tratamientos se explicó en buena medida por la acumulación de tiempo térmico ( $p=\text{valor} \leq 0,1$ ).

Los tres factores influenciados por esta variable ambiental son, la tasa de aparición de hojas, la tasa de elongación y la vida media foliar (Chapman y Lemaire, 1993).

Posiblemente, el tipo de respuesta creciente en función del tiempo térmico para toda la estación y para la totalidad de los tratamientos, sin alcanzar un estancamiento de la misma, se explique por no haber alcanzado un IAF óptimo.

Los tratamientos R64, M64 y M0, presentan un crecimiento exponencial en función del tiempo térmico, mientras que el tratamiento R0 se ajusta a una función lineal, posiblemente producto de los bajos niveles de N en el suelo, limitando la capacidad de respuesta a la suma térmica, puesto que la temperatura es el principal factor ambiental que determina el desarrollo foliar. La dinámica de producción y pérdida de forraje se puede ajustar por medio de la relación que existe entre la aparición de hojas y la temperatura, relacionándose éstas con la tasa de expansión de las mismas, variable influenciada fuertemente por la disponibilidad de N del suelo (Colabelli et al., 1998).



Resultados estadísticamente significativos ( $p < 0.1$ ). P=valor R64 < 0,1; M64 = 0,22; M0 = 0,14; R0 < 0,1.

Figura No. 10. Evolución del crecimiento (kg/ ha de MS) en función de la radiación promedio (Watts/m<sup>2</sup>).

Se encontró una respuesta de peso estadístico significativo para los tratamientos sembrados con raigrás puro (R64 y R0), no así para los tratamientos sembrados en mezcla, viéndose una tendencia para el tratamiento M0, mientras que para el tratamiento M64 aumento en la producción es producto de la acumulación de radiación.

La proporción de rojo (600-700 nm) y rojo lejano (700-800 nm) de la luz que llega a las plantas es consecuencia del número de hojas, su ángulo de disposición y la contribución relativa de la radiación difusa y directa recibidas (Smith, 1981).

Los tréboles presentes en los tratamientos mezcla (*T. vesiculosum* y *T. resupinatum*), a pesar de ser de hábito de crecimiento erecto, en etapas tempranas presentan disposición de hojas planófilas, por lo que su k (coeficiente de extinción de luz) es mayor que el de las gramíneas, llegando antes al IAF óptimo, provocando una disminución en la tasa de crecimiento del cultivo (Broughman, 1956). Esta disposición de las hojas de las leguminosas que conforman la mezcla de los tratamientos M64 y M0, formen parte posiblemente de uno de los motivos que expliquen la ausencia de correlación del aumento de radiación con el aumento de crecimiento de estos tratamientos, siendo otros los factores ambientales y no este los que expliquen dichos

incrementos crecientes hacia la última fecha de medición otoñal (Pagliaricci et al., 2008).

Como complemento para el análisis del crecimiento de la pastura, se utilizó el gráfico de la siguiente figura, en el cual se puede ver el incremento porcentual que tuvo cada uno de los tratamientos, desde el comienzo hasta el final del período de medición otoñal.

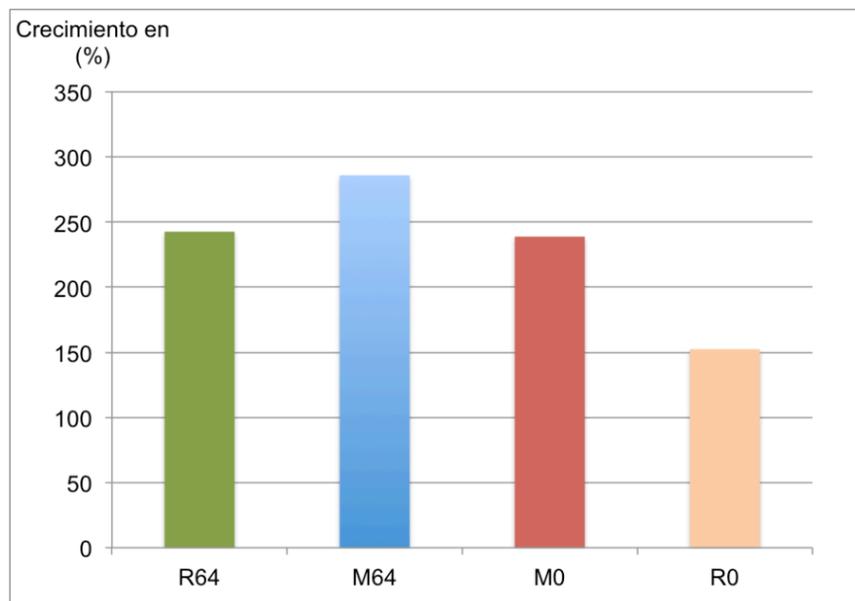


Figura No. 11. Producción al último corte, en relación con el primero, expresado en porcentaje para los cuatro tratamientos.

No se detectó diferencia estadísticamente significativa en el crecimiento porcentual de los cuatro tratamientos, esto se explica por el alto coeficiente de variación de 64%. Descriptivamente se puede decir que ambos tratamientos mezcla tuvieron un buen crecimiento hacia el final de la estación, lo cual compensó el crecimiento lento inicial que presentan las leguminosas de la mezcla. Según Elgersma et al. (2000) la aplicación de N en mezclas, provoca competencia, favoreciendo el crecimiento de la gramínea, mientras que en la misma mezcla sin fertilizar, la producción se ve compensada por una mayor producción de trébol, tal como se visualiza más adelante en el ítem composición gravimétrica.

#### 4.2.1.2 Altura disponible

A continuación se presenta el cuadro No. 6 con las alturas promedio que se registraron durante la estación otoñal.

Cuadro No. 6. Evolución de la altura (cm) promedio por tratamiento para las seis fechas de mediciones otoñales.

	4 may.	11 may.	18 may.	25 may.	1 jun.	10 jun.
R64	9,0	11,7 A	11,0	12,8	15,3	18,5
M64	8,6	8,8 B	10,2	11,7	13,3	14,7
R0	11,6	10,6 A B	11,1	11,7	12,5	13,4
M0	7,7	10,0 A B	9,3	11,3	12,9	13,0
CV (%)	29,2%	13,5%	19,2%	9%	16,9%	24,5%

Datos con letra distinta difieren estadísticamente ( $p < 0.1$ ), datos sin letra dentro de la misma fecha no presentan diferencias significativas.

Para la variable altura, se encontró una única superioridad significativa a favor del tratamiento de raigrás puro para el 11/5. Dicha diferencia no se puede atribuir a la aplicación de fertilizante puesto que la primera aplicación se realizó después de esta fecha de medición. Para el resto de las mediciones no hubo diferencias de altura entre tratamientos.

Se observó que para las últimas dos fechas de medición los tratamientos fertilizados presentaron alturas apropiadas para el ingreso de pastoreo, en torno a 15 cm para raigrás (Leborgne, 2014).

En general la altura de la pastura se comporta de manera similar a la producción de forraje, siendo ambas variables directamente proporcionales. Del mismo modo, este cuadro es semejante al de producción de materia seca, encontrándose muy pocas diferencias entre tratamientos.

#### 4.2.1.3. Relación entre altura y producción

Luego de analizar la producción de materia seca y la altura de los diferentes tratamientos, para comprender como se relacionan estas dos variables y qué interacción tienen las mismas con los tratamientos del experimento, se graficaron los datos presentados en la figura siguiente.

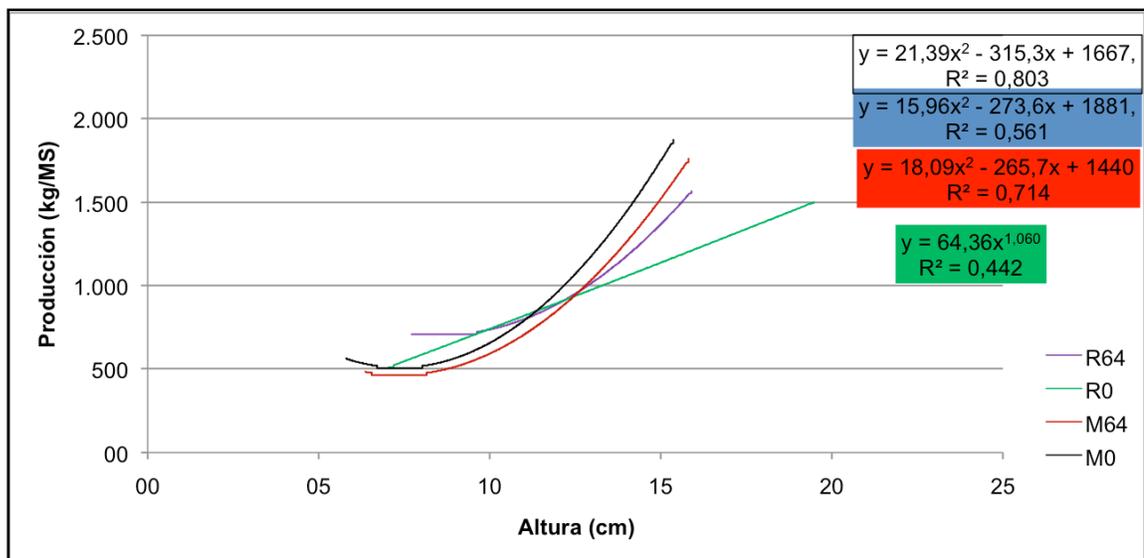


Figura No. 12. Correlación de la altura y la producción de materia seca de los diferentes tratamientos en función del tiempo, para el período otoño-invernal.

En la figura anterior se observa la correlación positiva que tienen estas dos variables, observándose el comportamiento diferencial entre tratamientos (P-valor < 0,1) pudiéndose ver a su vez cuál es el coeficiente de ajuste a las correspondientes ecuaciones, para cada tratamiento.

Con respecto al raigrás puro y en especial el testigo (R0) que presenta el menor coeficiente de ajuste, puede estar relacionado a una menor actividad de macollaje producida y por lo tanto a una menor cobertura de suelo, por lo que menos se ajusta la producción de materia seca en relación a la altura de la pastura.

Lo más relevante a destacar de la figura anterior es la diferencia que se observa entre el tratamiento R0 y los demás tratamientos. Puesto que el primero requiere más altura para alcanzar iguales valores de producción, explicado por una menor densidad de la pastura en este tratamiento. La menor densidad en comparación al R64 se atribuye a un aumento en el número de macollos y de hojas en este último, así como un mayor tamaño de los mismo debido al aporte de nitrógeno (Ferri et al., 2000), como se observa en ítem 4.2.2.1.

Por otro lado, en los tratamientos mezcla a pesar de que la fracción leguminosas no tuvo aportes importantes sobre el total de producción, el porte arrosado al inicio del crecimiento de los tréboles pudo generar valores de producción mayores a menores alturas, es decir un pastura más densa en los estratos inferiores del perfil.

Los tratamientos mezcla M64 y M0, presentan un coeficiente de ajuste de la recta al diagrama de dispersión superior (0,71 y 0,8 respectivamente) que los tratamientos compuestos únicamente por raigrás (R64 y R0), los que presentan un coeficiente de ajuste un tanto menor (0,56 y 0,44 respectivamente).

Posiblemente, los tratamientos mezcla presentan una correlación superior a la ecuación de ajuste que los tratamientos puros, puesto que los primeros podrían presentar una estratificación del perfil más homogénea, ajustándose mejor a la ecuación de tipo polinómica logrando una predicción más precisa de una variable conociendo la otra (altura/producción o viceversa).

#### 4.2.1.4. Composición gravimétrica de la pastura

Se evaluó el aporte de los distintos componentes de la pastura para las mediciones otoñales, con el fin de analizar el comportamiento de cada fracción frente a los diferentes tratamientos en cuestión.

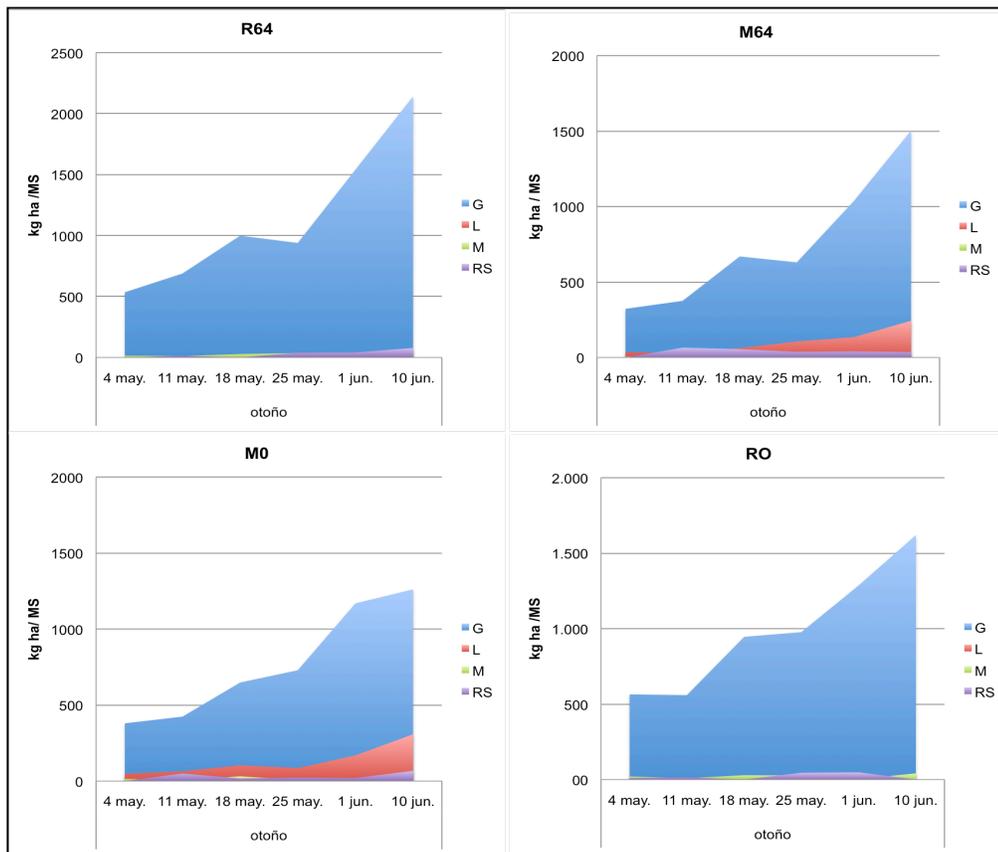


Figura No. 13. Composición gravimétrica en kg/ha de materia seca, para cada tratamiento en la estación de otoño.

Como se observa en la figura 13, el principal componente de las pasturas en estudio, para todos los tratamientos corresponde a la fracción gramínea. Según García y Millot (1978), una buena pradera presenta un 70% de gramíneas y el restante 30% de leguminosas. Las gramíneas representan la

columna vertebral de la pastura por su mayor potencial de producción, por su fisiología y disposición foliar, siendo sumamente importantes para garantizar la longevidad de la pastura.

Con el objetivo de lograr un correcto análisis de las fracciones, se procederá a desglosar cada una de estas fracciones, analizando la posible influencia de los diferentes tratamientos sobre las mismas.

La fracción gramíneas está compuesta por raigrás anuales (diploides y tetraploides). Para el análisis de la evolución de esta fracción en la estación de otoño se decidió analizar por separado los tratamientos mezcla de los puros, ya que las densidades de siembra para dicha fracción fue diferente para cada tratamiento.

Cuadro No. 7. Evolución de la fracción gramíneas en kg de MS/ha para los tratamientos mezcla durante el período otoño-invernal.

	4 may.	11 may.	18 may.	25 may.	1 jun.	10 jun.
M64	322,3 B	375,1	669,2	819,2	1036,6	1450,1
M0	379,7 AB	423,7	648,1	780,8	1168,6	1527,1

Datos con letra distinta difieren estadísticamente ( $p > 0.1$ ), datos sin letra dentro de la misma fecha no presentan diferencias significativas.

En los tratamientos mezcla no se encontró deferencia significativa en cuanto a cantidad de gramíneas por efecto de la fertilización para ninguna de las fechas de corte, lo que no coincide con lo expresado por diferentes autores.

Teniendo en cuenta la fertilización nitrogenada realizada el 12/5 año, era de esperarse algún tipo de respuesta hacia fines de estación. Rebuffo (1994) concluyó que con fertilizaciones nitrogenadas del primer año en pasturas mezcla, cuando se utiliza nitrógeno en forma cuidadosa durante el periodo de

establecimiento, es posible incrementar la producción de materia seca manteniendo un buen equilibrio gramínea-leguminosa, además puede ser una herramienta estratégica para aumentar la oferta de forraje en invierno.

Analizando los factores que afectan la respuesta a la fertilización, la disponibilidad de nitrógeno en los suelos al momento de la fertilización es de gran relevancia (Fernández et al., Marino et al., Mazzanti et al., citados por Mazzanti et al., 1997). Sobre esto, experimentos realizados por Kruger y Vananzi (2010) en Argentina, concluyeron que en suelos con alta fertilidad inicial (107kg de N/ha en primeros 60 cm), no hubo respuesta a la dosis de N agregada sobre una avena en forma de urea, en cambio en suelos de baja fertilidad (31kg de N/ha en primeros 60cm) hubo respuesta para todas las aplicaciones mayores a 40kg de N/ha. Para la pastura en estudio, la cual recibió en el orden de 700mm de precipitaciones durante implantación, se esperaba en teoría un suelo con muy bajos niveles de N (entorno a 3ppm de N como nitrato), consecuencia del lavado del mismo, por lo que la respuesta al agregado tiende a ser baja o nula, ya que el nitrógeno aplicado es utilizado para cubrir los requerimientos y no es capaz de expresar una respuesta en crecimientos (Zanoniani, 2009).

Otros factores que inciden en la respuesta son la dosis y el momento de aplicación (Ayala y Carámbula, 1994). Para estos autores, la tasa potencial de crecimiento de la pastura en ese momento, condicionada por su estado y composición botánica afectan directamente la respuesta. En general, las mejores condiciones se dan en pasturas de alta producción dominadas por gramíneas, como es el caso de la pastura en estudio, y con muy buena capacidad para incrementar el número de macollas y el tamaño de las mismas. Esto pudo haber condicionado aún más la respuesta, debido al estado regular que presentaba la pastura (375,1 kg/ha y 423,7 kg/ha para M64 y M0 respectivamente) al momento de la aplicación de N (55 días post siembra).

En los tratamientos de raigrás puro se encontró diferencia significativa para ésta variable en la fecha 11 de mayo con 129 kg de MS/ha más para el tratamiento fertilizado, dicha diferencia no se explica por la fertilización ya que ésta se realizó después de esa fecha.

Cuadro No. 8. Evolución de la fracción gramíneas en kg de MS/ha para los tratamientos puros durante el período otoño-invernal.

	4 may.	11 may.	18 may.	25 may.	1 jun.	10 jun.
R64	534,6 AB	688,6 A	998,9	1098,6	1539,5	2070,4
R0	564,5 A	559,5 AB	945,7	1067,7	1286,1	1574,6

Valores con letra distinta difieren estadísticamente ( $p < 0.1$ ), datos sin en la misma fecha no presentan diferencias estadísticamente significativas.

Para las cuatro fechas posteriores a la fertilización, cuando era esperable obtener respuestas con peso significativo producto de los bajos niveles de nitrógeno en el suelo, no se encontraron diferencias significativas en producción entre los tratamientos.

Cabe mencionar, que aunque sin diferencia significativa, se aprecia una superioridad agronómica a favor del raigrás puro fertilizado que presenta a fines de estación 496 kg/ha más que el raigrás puro sin fertilizar. Esto representa una respuesta en torno a 7,7 kg/ha de MS por kg de nitrógeno aplicado, la cual se encuentra dentro de una respuesta media para los grados de respuesta descritos por Zanoniani y Noël (1997) .

Cuadro No. 9. Crecimiento (kg/ha de MS) de gramíneas para los tratamientos fertilizados.

	4-may.	11-may.	18-may.	25-may.	1-jun.	10-jun.
R64	534,6 AB	688,6 A	998,9	1098,6	1539,5	2070,4
M64	322,3 B	375,1 B	669,2	819,2	1036,6	1450,1

Se encontraron diferencias significativas para las dos primeras fechas

de medición a favor del raigrás fertilizado. Explicado por la precocidad del raigrás en comparación a la fracción leguminosas (Formoso, 1994). Por otra parte, para la última fecha de medición, se destaca la superioridad agronómica del tratamiento R64, con 620 kg/ha más que la fracción gramínea del tratamiento M64, a pesar de haber sido fertilizado con la misma cantidad de nitrógeno y estar en iguales condiciones experimentales. Esta diferencia difícilmente se explique por la competencia de las leguminosas, ya que estas al momento de fertilización solo presentaban 32,2 kg/ha de MS. En cambio sí se puede atribuir al diferente potencial de respuesta entre M64 y R64 que genera el estado de la pastura y el nivel inicial de gramíneas (Ayala y Carámbula, 1994), en estos tratamientos, con 375,1 kg de gramínea/ha para M64 y 688,6 kg de gramínea/ha para R64, atribuidos a la diferente densidad de siembra entre estos tratamientos, 19,8 kg de semilla por ha para los puros, mientras que los sembrados en mezcla fue de 13, 25 kg de semilla por ha.

Esta inferioridad de la fracción gramínea en el tratamiento mezcla, concuerda con lo analizado por Berreta (1996), quien concluyó que ante deficiencia de cobertura del tapiz, el primer año se destina el N para el recubrimiento del suelo, no traduciéndose en aumentos de producción.

Las leguminosas en los tratamientos mezcla son de marcada importancia, tanto en el crecimiento en general de la mezcla, como en el aporte de calidad.

Por tales motivos se analizó la evolución de dicha fracción en los tratamientos mezcla (M64 y M0).

Cuadro No. 10. Evolución de la fracción leguminosas en kg/ha.

	4 may.	11 may.	18 may.	25 may.	1 jun.	10 jun.
M64	34,7	32,2 A B	63,1 A B	105,9	134,8	203,8
M0	47,3	64,7 A	103,4 A	85,3	169,1	134,7
Cv. (%)	111,5%	77,0%	72,9%	44,1%	94,4%	27,9%

Datos con letra distinta difieren estadísticamente ( $p < 0.1$ ), datos sin letra dentro de la misma fecha no presentan diferencias estadísticamente significativas.

Se registraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos únicamente para dos fechas de corte. Tanto para el día 11 como para el día 18 de mayo, el tratamientos M0 presentaron una superioridad en kilogramos de materia seca con respecto a el M64.

Puesto que la aplicación de fertilizante en el tratamiento M64 se realizó al 12/5, se descarta la posibilidad de que éste haya generado una influencia en el crecimiento de las leguminosas en etapas tempranas. Viendo las escasa producciones de MS de esta fracción en éstas primeras etapas del cultivo <100kg/ha, pierden relevancia las diferencias dentro de los tratamientos mezcla en estas fechas de medición. El menor aporte de leguminosas se relaciona con el menor vigor inicial de esta fracción en relación a las gramíneas.

Para lograr una mejor comprensión del comportamiento de cada fracción de los tratamientos mezcla, a continuación se presentan dos figuras, para el primer y último corte del porcentaje correspondiente a las mismas.

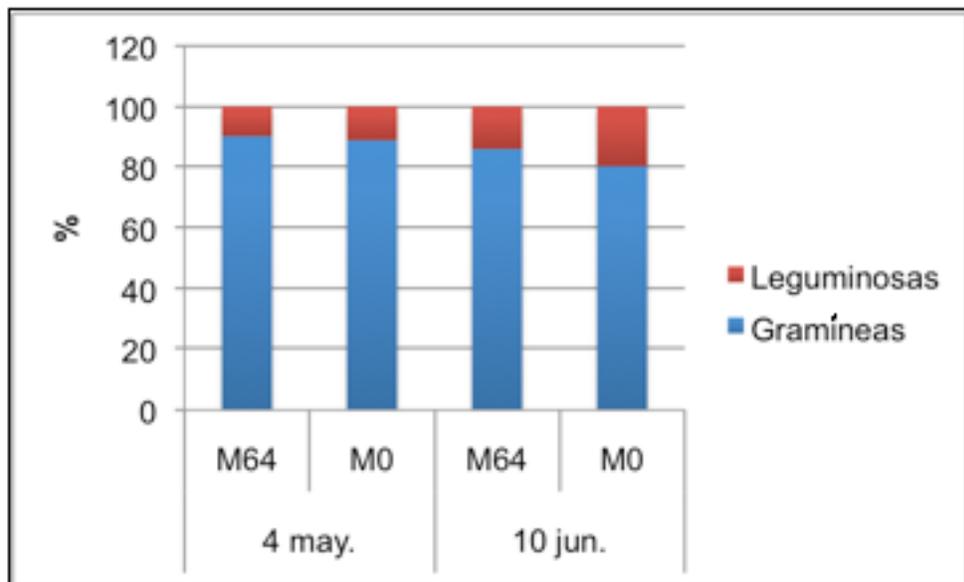


Figura No. 14. Porcentaje fracción gramíneas y leguminosas, en función de la suma de ambas para el primer y último corte de la estación otoño-invernal.

Como se comentó anteriormente, en la figura 14 se observa la baja proporción de la fracción leguminosa en comparación con las gramíneas tanto

en el primer corte como en el último. Cabe destacar que dicha proporción aumenta hacia el último corte (de 9,7% a 13,9% y de 11,08% a 19,6% en M64 y M0, respectivamente) ratificando lo comentado anteriormente sobre el crecimiento más tardío de los tréboles (Formoso, 1994).

Posiblemente la superioridad ejercida por parte de la fracción gramíneas sobre la fracción leguminosas se explique por el menor filocrón de la primera (entre 15 y 17 días), como de una menor temperatura base (4-5°C en especies templadas), factores que explican mayores respuestas en crecimiento a las condiciones climáticas otoñales (Saldanha et al., 2013).

Con respecto al factor fertilizante, se ve que el tratamiento no fertilizado presentó una mayor proporción de leguminosas, posiblemente debido a la menor competencia del raigrás que favorece el desarrollo de las leguminosas de la mezcla.

En cuanto a las malezas, debido a los ya nombrados efectos de las mismas sobre las pasturas en estudio, se realizó un análisis de evolución de dicha fracción para los diferentes tratamientos. Las principales especies arvenses encontradas en este período fueron *Echium plantagineum* y *Medicago lupulina*.

Se analizaron los valores para estudiar la posible influencia de los factores mezcla y fertilizante sobre la fracción malezas. Como resultado se registraron diferencias significativas para el factor mezcla únicamente.

A continuación se presenta el cuadro con los valores de kg/ha de MS de malezas para el promedio de los tratamientos puros y el promedio de los tratamientos mezcla.

Cuadro No. 11. Relevamiento de la fracción malezas para tratamientos sembrados en mezcla y puros (kg de MS/ha).

kg/ha de MS	4 may.	11 may.	18 may.	25 may.	1 jun.	10 jun.	Promedio
Raigrás	18,1	10,4	28,8	32,0 B	14,8	73,9	25,1 B
Mezcla	10,0	7,19	28,8	6,5 A	12,3	13,1	12,7 A

CV (%)	126,9%	116,5%	108,7%	108,6%	118,8%	137,8%	66,4%
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------

Datos con letra distinta difieren estadísticamente ( $p < 0.1$ ), datos sin letra dentro de la misma fecha no presentan diferencias significativas.

Las diferencia significativa se encontró para el corte realizado el 25 de mayo y para el promedio de los cortes, en ambos casos dando superior la cantidad de malezas para los tratamientos de raigrás puro.

Es de importancia aclarar que las cantidades son mínimas, puesto que se trataban de chacras limpias de malezas. Observando los datos del cuadro, la gran variabilidad de los mismos ( $>100\%$ ) no permite obtener conclusiones claras de la evolución de malezas.

Por este motivo se presenta a continuación la siguiente figura comparando únicamente datos del primer y último corte.

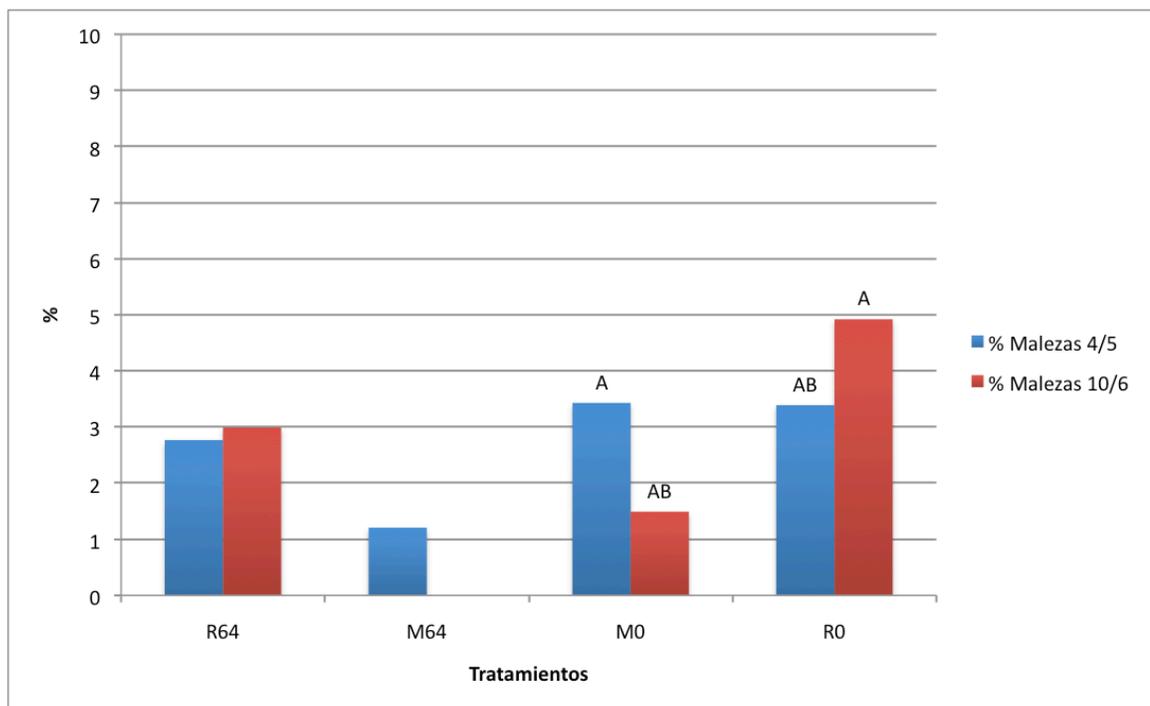


Figura No. 15. Porcentaje de la fracción malezas según tratamiento para la primera y última medición del período otoño-invernal.

Como se observa en la figura, el porcentaje de enmalezamiento para los 4 tratamientos es bajo (menor al 5 %), lo que se adjudica principalmente a que era una chacra sin malezas. Carámbula (1991) estima enmalezamientos para la estación de otoño para verdes mezcla anuales que rondan entre 20 % y 40 %, con una marcada presencia de especies estivales y latifoliadas invernales en sus estados vegetativos tempranos.

Para la evaluación de la fracción restos secos se presenta una figura con el porcentaje de los mismos para el período otoño-invernal en función del promedio de producción de MS para cada tratamiento.

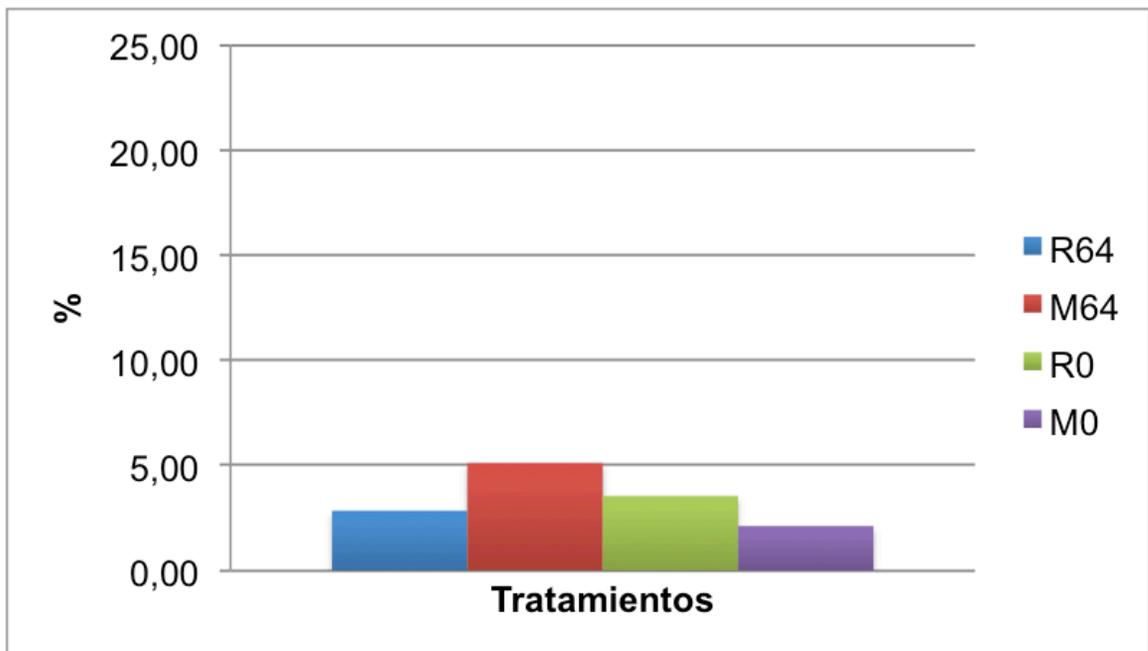


Figura No. 16. Porcentaje de materia seca correspondiente a la fracción restos secos según tratamientos para las mediciones del período otoño-invernal.

Al tratarse de pasturas anuales invernales, era predecible que los registros para la fracción restos secos sean muy bajos o nulos en etapas tempranas. No se registraron diferencias significativas entre tratamientos, posiblemente producto de los bajos niveles de la fracción, como de un elevado coeficiente de variación (CV: 48%).

## 4.2.2 Variables de desarrollo

### 4.2.2.1 Número de macollos

El siguiente cuadro presenta la evolución del número de macollos para los diferentes tratamientos durante la estación otoño-invernal.

Cuadro No. 12. Evolución del número de macollos/planta en los diferentes tratamientos para las mediciones otoño-invernales.

	11 may.	18 may.	25 may.	1 jun.	10 jun.
R64	8,1	5,3 B	7,3	10,8	9,6
M64	5,9	4,4 B	6,9	10,1	8,5
M0	5,2	6,9 A	6,7	8,5	7,5
R0	6,3	5 B	7,2	11,2	8,1

Datos con letra distinta difieren estadísticamente ( $p > 0.1$ ), datos sin letra dentro de la misma fecha no presentan diferencias estadísticamente significativas.

Se observan diferencias significativas entre tratamientos para las mediciones del 18 de mayo, en donde el tratamiento mezcla sin aplicación de fertilizante (M0), es superior. Sabiendo que hasta el 18 de mayo el efecto del fertilizante no genera respuesta porque recién había sido aplicado, se descarta la posibilidad de que las diferencias sean explicadas por este factor (32kg de N al 12 de mayo). Posiblemente los motivos que expliquen dicha diferencia se encuentran relacionados al menor forraje aéreo, registrado por los tratamientos mezcla en etapas tempranas de la estación, logrando una mayor relación R/RL en la base de los tallos promoviendo el macollaje (Deregibus et al., 1983). Sin embargo, el comportamiento diferencial de M64 sin nitrógeno a esa fecha relativiza lo anteriormente expresado. Para las demás fechas no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, siendo muy similar el número de macollos en la totalidad de los tratamientos.

A continuación se presenta el número de macollos promedio de todos

los tratamientos para cada fecha de corte, con el fin de realizar un posible análisis entre fechas.

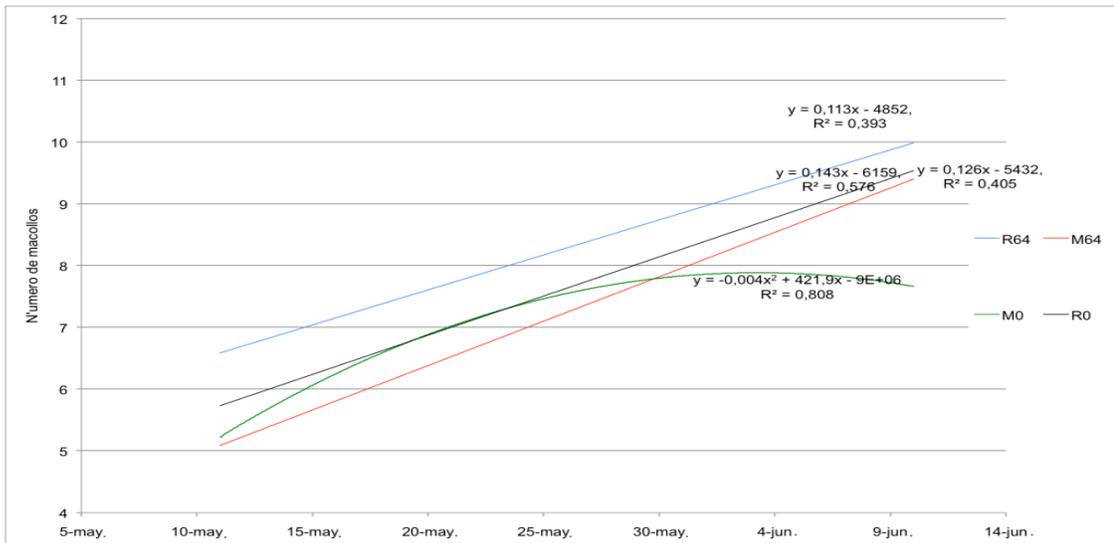
Cuadro No. 13. Evolución del número de macollos promedio para las diferentes fechas de corte, analizando diferencias entre fechas.

	11 may.	18 may.	25 may.	01 jun.	10 jun.
No. Macollos	6,4 AB	5,4 AB	7,1 A	10,2 A	8,5 A
Probabilidad	0,0002	0,002	0,002	0,31	0,33

Datos con letra distinta difieren estadísticamente ( $p < 0.1$ ), datos sin letra dentro de la misma fecha no presentan diferencias estadísticamente significativas.

Se observó un aumento estadísticamente significativo en el número de macollos hacia el final del período. Esto se debe a la respuesta de la planta a una alta relación R/RL (Colabelli et al., 1998), en las dos primeras semanas de medición. Para la segunda mitad del otoño la relación disminuye, provocando un enlentecimiento en la generación de nuevos macollos.

Para poder comprender mejor como fue la evolución de esta variable se presenta la siguiente figura que contiene un gráfico de número de macollos en función del tiempo para cada tratamiento.



P=valor R64: 0,25, M64:0,13, M0: 0,3, R0: 0,26.

Figura No. 17. Evolución del número de macollos por planta en función del tiempo para cada tratamiento.

Como se aprecia gráficamente el número de macollos tiende a aumentar a lo largo del período para todos los tratamientos, aumento ajustado para la mayoría de ellos (M64, R64 y R0) a una ecuación lineal de pendiente similar (0,13; 0,11 y 0,14 respectivamente).

Se destaca la diferencia agronómica de la tendencia diferencial entre los tratamientos M0 y M64, aunque sin valor significativo ( $p=valor < 0,1$  para los 4 tratamientos) donde el número de macollos por planta del M0 aumenta hasta llegar a un máximo de 8 macollos en la tercer semana de medición, en cambio el tratamiento M64 continua aumentando linealmente.

Dicha diferencia agronómica podría estar explicada por la respuesta a la aplicación de fertilizante nitrogenado, la cual promueve el macollaje del raigrás, siempre y cuando el agua no sea limitante (Ferri et al., 2000). A su vez en la mezcla no fertilizada, la deficiencia de este nutriente limita la capacidad de competencia de las gramíneas, acentuado aún más por la competencia por espacio que le generan las leguminosas.

#### 4.2.2.2 Peso de macollos

Profundizando el estudio del proceso de macollaje y la posible influencia de los tratamientos sobre el mismo, se midió el peso medio de cada macollo según tratamiento.

Cuadro No. 14. Evolución del peso de macollos (gramos) en los diferentes tratamientos para las mediciones otoño-invernales.

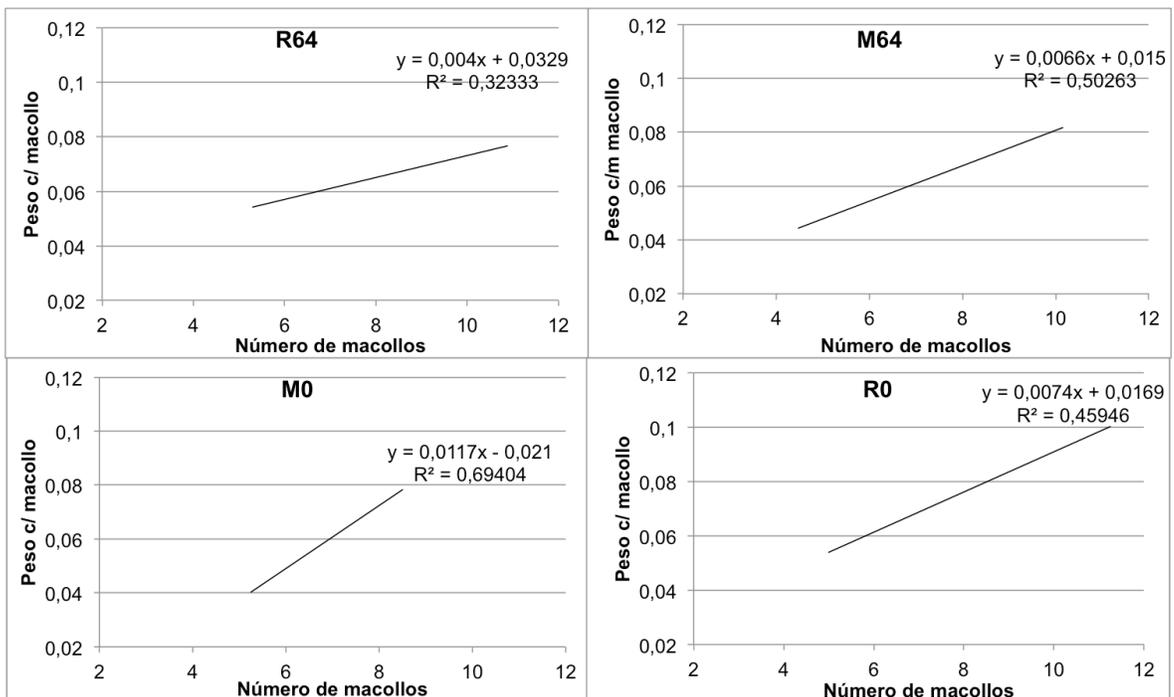
Tratamiento	11 may.	18 may.	25 may.	1 jun.	10 jun.
R64	0,05 AB	0,06 AB	0,06 AB	0,07 AB	0,09 A
M64	0,03 B	0,06 AB	0,06 AB	0,07 AB	0,09 A

M0	0,04 B	0,06 AB	0,05 AB	0,07 AB	0,08 A
R0	0,04 B	0,07 AB	0,07 AB	0,10 A	0,10 A
CV (%).	24,6%	16,9%	35,5%	25,8%	17,8%

Datos con letra distinta difieren estadísticamente ( $p < 0.1$ ), datos sin letra dentro de la misma fecha no presentan diferencias significativas.

No se registraron diferencias significativas entre tratamientos dentro de las diferentes fechas de medición, pero si entre fechas para los diferentes tratamientos. Al analizarse el peso de los macollos entre fechas, se observa un incremento a medida que transcurre la estación. Para poder analizar en forma más sencilla este comportamiento se analizará la relación entre peso y número de macollos en el siguiente ítem.

#### 4.2.2.3 Número de macollos en función del peso



Resultados estadísticamente significativos ( $p < 0.1$ ). P=valor para R64: 0,3, M64: 0,29,

M0: 0, 07, R0: 0,21.

Figura No. 18. Evolución del peso de macollo en función del número de macollos por planta para cada tratamiento.

Se analizó la evolución del número de macollos por planta en función del peso individual de los mismos.

Para los cuatro tratamientos se ve una correlación lineal positiva entre número y peso de macollos, más allá de que el único tratamiento que contiene peso estadístico es R0, al mismo tiempo que las ecuaciones presentan un bajo ajuste (entre 0,4 y 0,7), por lo que existen otros factores involucrados afectando la variable peso de macollos.

A pesar de que esta correlación no concuerde con lo esperado, Saldanha et al. (2010) sostienen que la relación entre estas dos variables depende de la morfología del macollo y del índice de área foliar, generándose una compensación entre tamaño y densidad de macollos cuando se alcanza el potencial ambiental. Teniendo en cuenta que en ésta etapa temprana de los verdes en que los tratamientos presentan bajo IAF y un crecimiento exponencial no limitado por competencia lumínica, el incremento en el número de macollos acompaña el peso de los mismos (Ong, 1978).

#### 4.2.2.4 Relación lámina/vaina

Se analizó la posible interacción de este parámetro con los diferentes tratamientos del experimento.

Cuadro No. 15. Relación lámina/vaina para el período otoñal.

Tratamientos	4 may.	11 may.	18 may.	25 may.	1 jun.	10 jun.
R64	2,6 AB	2,3 AB	1,8 AB	1,5 B	1,8 AB	1,4 B
M64	3,2 A	2,2 AB	1,9 AB	1,7 B	2,1 AB	1,4 B
M0	2,5 AB	2,6 AB	1,4 B	1,7 B	1,9 AB	1,6 B
R0	2,3 AB	2,3 AB	1,5 B	1,7 AB	1,6 B	1,5 B

CV (%)	33,7%	25,2%	17,8%	15,1%	28,5%	12,5%
--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Datos con letra distinta difieren estadísticamente ( $p > 0.1$ ), datos sin letra dentro de la misma fecha no presentan diferencias significativas.

El análisis de los resultados no arrojó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Por lo tanto, se realizó el análisis para los resultados entre fechas, los cuales si arrojaron diferencias significativas.

En líneas generales para todos los tratamientos la relación disminuye a medida que avanza la estación. Por lo general a medida que aumenta la producción de materia seca la relación lámina/vaina disminuye. La progresiva disminución de la temperatura provoca una reducción en la tasa de elongación y largo final de las láminas, por lo que es de esperar que se reduzca la relación lámina/vaina (Agnusdei, 1999).

El valor del forraje aéreo de la fracción gramínea está estrechamente relacionada con la proporción de láminas de las hojas, puesto que las mismas concentran la mayor cantidad de carbohidratos solubles, la relación lamina/vaina es un buen indicador de la calidad de la pastura (Agnusdei, 2007).

### 4.3 INVIERNO – PRIMAVERA

#### 4.3.1 Variables de crecimiento

##### 4.3.1.1 Producción de materia seca

Se evaluó de igual forma que para el período anterior, la oferta de forraje de los diferentes tratamientos para el período invierno-primaveral.

Cuadro No. 16. Producción de materia seca en kg/ha para cada tratamiento en el período invierno-primaveral.

Tratamiento	29 ago.	12 set.	19 set.	26 set.
M64	1445,4	2005,2	2730,2	2920,4
M0	1550,2	1488,0	1887,4	2406,0
R64	1520,0	1849,6	2377,9	2452,9
R0	911,55	908,1	1376,7	1418,7
CV (%)	34,9%	54,2%	35,0%	36,16%

Datos con letra distinta difieren estadísticamente ( $p < 0.1$ ), datos sin letra dentro de la misma fecha no presentan diferencias significativas.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamiento para ninguno de los cortes evaluados.

El tratamiento que refleja un mayor crecimiento fue M64, con un incremento de producción de 1500 kg/ha MS para el período, mientras que para los restantes tres tratamientos, se registraron crecimientos inferiores a los 1000 kg/ha MS.

La ausencia de diferencias significativas, pese a la diferencia

agronómica entre tratamientos, se explican debido a que los datos analizados provienen únicamente de dos repeticiones por tratamientos, sumado al efecto del pastoreo, factores que aumentan la variabilidad de los datos.

Comparando los crecimientos registrados con la bibliografía nacional (Leborgne, 2014), se cataloga como bueno, el crecimiento que registró el tratamiento M64, ya que para una pradera mezcla de primer año y para el mes de setiembre, son esperables producciones entorno a 1130kg MS/ha. El tratamiento M0, con un crecimiento de 856kg MS/ha, tuvo un comportamiento un tanto inferior al esperado. Los tratamientos puros, tanto R64, como R0 (932 y 541kg MS/ha respectivamente), estuvieron muy por debajo de lo esperable (entorno a 1500kg MS/ha para el mes de setiembre). De igual modo el tratamiento fertilizado (R64), registró un crecimiento superior agrónomicamente al raigrás sin fertilizar (R0), a su vez el raigrás fertilizado presenta un crecimiento similar al tratamiento mezcla sin fertilizar.

La diferencia agronómica encontrada entre los tratamientos sembrados con raigrás puro (R64 y R0), posiblemente se debe a la respuesta al agregado de fertilizante (aplicados el 29/7 año) en estos materiales, lo que produjo el rápido reinicio del crecimiento luego de un período de pastoreo (Carámbula, 2002b).

Por otro lado la superioridad agronómica encontrada entre los tratamientos mezcla sobre los puros, puede verse explicada por la mayor eficiencia de utilización de la luz por parte de la fracción leguminosas de los primeros. En la estación de invierno la intensidad y el ángulo de incidencia de la luz son bajos, por lo que es posible interceptar y utilizar la luz disponible con un IAF menor que en otras épocas del año. Este tipo de condiciones son más provechosas para los tréboles, que tienden a dominar sobre las gramíneas (Carámbula, 2002b). Otra explicación de esta ventaja de la mezcla, es debida al crecimiento compensatorio diferencial que presentan los diferentes tratamientos para el período (respuesta al pastoreo). Por su parte el *Trifolium vesiculosum*, registra una alta tolerancia al pastoreo en períodos invernales, producto de su hábito de crecimiento postrado, y arroja muy buenas producciones al registrarse incrementos en temperatura, desarrollando tallos erectos (Carámbula 2002a).

En esta línea, se visualiza un comportamiento un tanto superior en los tratamientos mezcla (M64 y M0). Expresado seguramente por la baja sensibilidad al frío, como a la ocurrencia de heladas por parte del *Trifolium resupinatum* (23,5% de la mezcla), manteniéndose verde luego de reiteradas

heladas (INIA, 2012).

#### 4.3.1.2 Composición gravimétrica

Se evaluó el aporte de los distintos componentes de la pastura para las mediciones invierno-primaverales, con el fin de analizar el comportamiento de cada fracción frente a los diferentes tratamientos en cuestión.

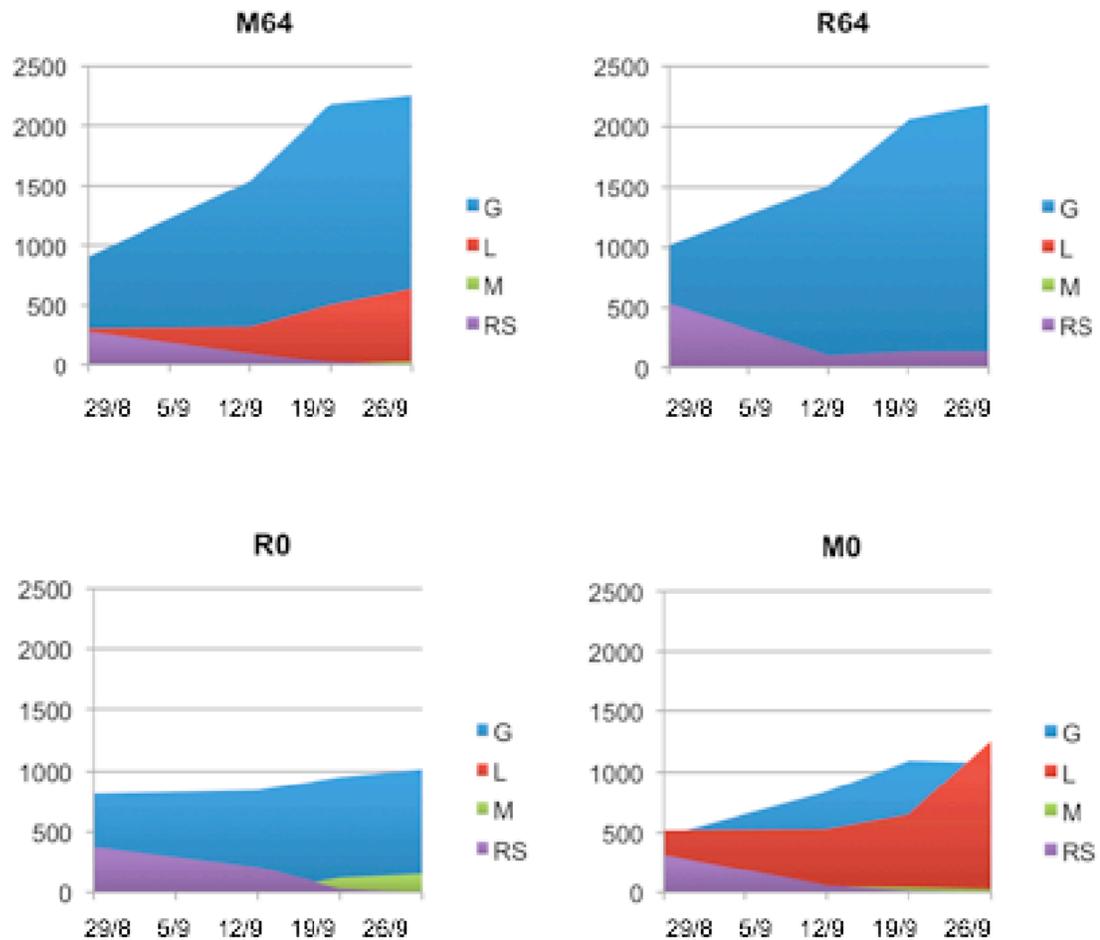


Figura No. 19. Composición gravimétrica en kg/ha de materia seca, para cada tratamiento en las estaciones de invierno y primavera.

Como se observa en la figura, el principal componente de las pasturas en estudio al igual que en otoño, sigue correspondiendo a la fracción gramíneas, la cual para todos los casos aumenta a lo largo del periodo en estudio, especialmente para los dos tratamientos fertilizados en los cuales su producción se duplica en las cuatro semanas en estudio.

A su vez se aprecia un mayor aporte de la fracción leguminosa en los dos tratamientos mezcla. Se destaca especialmente el aporte de la fracción leguminosa en el tratamiento M0, la cual finaliza la estación de crecimiento con un aporte mayor a la fracción gramínea. Posiblemente el ciclo de las especies de menor vigor inicial que las gramíneas, explique en parte dicho retraso en entrega de forraje (Formoso, 1995).

Por otro lado se observa para todos los casos, que la fracción restos secos al comenzar la estación de crecimiento con un aporte significativo ente 300 y 500 kg ha<sup>-1</sup>, para luego a lo largo de la estación disminuir hasta hacerse casi nulos.

Con el objetivo de lograr un correcto análisis de las fracciones, se procederá a desglosar cada una de estas, analizando la posible influencia de los diferentes tratamientos sobre las mismas.

En el siguiente cuadro se muestran los datos promedio, estimados para la producción de materia seca de la fracción gramínea de los cuatro tratamientos analizados.

Cuadro No. 17. Evolución de la materia seca en kg/ha de la fracción gramíneas para cada tratamiento, en el periodo invierno-primaveral.

	29 ago.	12 set.	19 set.	26 set.
R64	1018,3	1516,9 A	2054,4 A B	2190,2 A B
M64	910,2	1543,3 A	2188,4 A	2261,5 A
M0	466,2	837,3 B	1095,5 A B	1071,7 B
R0	810,6	841,6 B	951,8 B	1015,3 B
CV (%)	36,3%	30,0%	23,2%	22,2%

Datos con letra distinta difieren estadísticamente ( $p < 0.1$ ), datos sin letra dentro de la misma fecha no presentan diferencias estadísticamente significativas. Letras azules son diferencias entre tratamientos para la misma fecha, y letras negras son diferencias entre fechas dentro de un mismo tratamiento.

Las diferencias encontradas en la fecha 12/9año, corresponden únicamente al factor fertilizante. Las siguientes fechas de medición registran diferencias significativas entre tratamientos, registrándose una interacción entre factores con peso estadísticos. Logrando una superioridad por parte de los tratamientos mezcla fertilizados (M64), los que arrojan producciones de MS que alcanzan a duplicar a los tratamientos menos productivos (M0 y R0). Es de destacar la diferencia agronómica encontrada entre los dos tratamientos de raigrás puro para la última fecha de medición (26/9año), con 1175 kg/ha de MS de diferencia a favor del tratamiento fertilizado, lo que da una respuesta de 18 kg/ha de MS por kg de N aplicado, respuesta superior a la registrada para la estación otoñal.

Es de esperar que la fertilización nitrogenada genere los incrementos observados en el componente gramínea. Zanoniani y Noel (1997) definieron para verdeos de invierno diferentes grados de respuesta que van de 25 a 5 kg de MS por kg de N agregado. El tiempo de respuesta a la fertilización es de 20 a 30 días luego de la aplicación (Agnusdei et al., 2001).

La razón de esta respuesta podría ser explicada (como se analizará en el punto 4.3.2.1) por un aumento en el número de macollos por planta y por

consiguiente por unidad de superficie (Ferri et al., 2000). Además de la densidad y el peso medio de los macollos, otras variables morfológicas como el tamaño final de hojas, largo del pseudotallo y tallo, también contribuyen a estos incrementos de producción (Mazzanti et al., 1997). Por ejemplo trabajos realizados por el mismo autor, sobre raigrás anual y avena mostraron la capacidad de incrementar la tasa de elongación foliar en respuesta al agregado de nitrógeno (Mazzanti et al., 1997). Otra investigación realizada por Marino (1996), demostró que tratamientos fertilizados tuvieron mayor tasa de elongación foliar que los no fertilizados para una misma temperatura.

Este conjunto de variables explica el crecimiento del raigrás como respuesta a la fertilización. Se espera una mayor respuesta a medida que la temperatura y la radicación aumentan hacia el comienzo de la primavera donde se ubica la máxima producción de esta especie. En tal sentido, la aplicación fraccionada de nitrógeno permite generar una distribución más homogénea de la producción, a la vez de prolongar el período de producción (Díaz-Zorita, 1997).

Por otra parte, visualizando los tratamientos M0 y R0, las cuales presentaron bajas producciones de las gramíneas (estación bajo análisis), se ve un crecimiento durante la estación muy bajo por parte del tratamiento puro sin fertilizar (204,7 kg/ ha de MS en todo el período), incluso en comparación con esta fracción del tratamiento M0, el que presentó un comportamiento marcadamente superior (605,5 kg MS/ha). Los motivos que explican la superioridad de los segundos, seguramente se asocian a una mayor disponibilidad de nitrógeno para la fracción gramíneas, posiblemente proveniente de la fracción leguminosas, las que liberan nitrógeno al medio tanto a través del pastoreo animal, donde el nitrógeno retorna vía heces y orina o por excreciones radiculares y descomposición microbiológica de las raíces y nódulos de las leguminosas. Según la revisión de trabajos realizados por Ledgard y Steele (1992) para distintas especies de leguminosas, la mayor transferencia se da a través de las excreciones de los animales, mientras que a través las raíces y descomposición microbiológica, el N aportado varió desde un mínimo de 2% hasta un máximo de 26%.

Para analizar la evolución de la fracción leguminosa, se determinó la producción en kg/ha para dicha fracción, la cual se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 18. Evolución de la materia seca en kg/ha de la fracción leguminosas para cada tratamiento, en el periodo invierno-primaveral.

	29 ago.	12 set.	19 set.	26 set.
M64	309,3 B	321,8 B	505,1	634,8 B
M0	516,1 A	525,6 A	647,6	1257,9 A
CV. (%)	15,2%	16,0%	20,5%	11,6%

Datos con letra distinta difieren estadísticamente ( $p < 0.1$ ), datos sin letra dentro de la misma fecha no presentan diferencias significativas.

Se registró una superioridad estadística en términos de cantidad de materia seca, para el tratamiento mezcla sin fertilizar para casi la totalidad de las fechas de corte (a excepción de 19/9año).

Según los datos analizados anteriormente, en los cuales se observó la respuesta a la fertilización en términos generales y también en el incremento de la fracción gramíneas. Es esperable que dicho incremento genere competencia entre ambos componentes de la mezcla forrajera, tendiendo a reducir la fracción leguminosas a medida que aumenta la proporción de raigrás en la mezcla fertilizada, la que ofrece una competencia más agresiva (Scheneiter y Bertín, 2005a).

A continuación se presenta el cuadro con la evolución de la fracción de malezas para las fechas del período invierno-primaveral.

Cuadro No. 19. Peso estimado en kg de MS/ha de la fracción malezas para los cuatro tratamientos.

Tratamiento	29 ago.	12 set.	19 set.	26 set.	Promedio
R64	18,4	19,5 B	41,4	59,4	34,7
M64	18,6	0,0 B	10,1	24,6	13,3
M0	105,6	47,1 A	39,4	25,1	54,3
R0	80,8	134,8 A	118,2	149,5	120,8
CV. (%)	90,5%	92,8%	112,7%	86,6%	83,1%

Del análisis dentro de las fechas de corte, arrojó diferencias estadísticamente significativas únicamente para el corte realizado el 12 de setiembre, en la que los tratamientos fertilizados presentaron menos cantidad de malezas que los no fertilizados.

De todas formas los aportes de esta fracción son muy bajos en proporción al resto de las fracciones, lo que indica un bajo grado de enmalezamiento.

La superioridad comparativa de la fracción malezas en los tratamientos sin aplicaciones de fertilizante, puede explicarse por lo altamente competitivas que las mismas se tornan en ambientes con restricciones nutricionales. Puesto que una de las ventajas que presentan las malezas es su rápido crecimiento radicular, con sistemas radiculares densos y de mayor actividad que las especies instaladas en los verdeos invernales, obteniendo así un mayor consumo de nutrientes (Fernández, 1996).

Al igual que para la estación otoñal, se decidió realizar un análisis comparativo entre la primer y última fecha de corte, con el fin de lograr un análisis descriptivo de la evolución para dicha fracción.

A continuación se expresa el aporte de malezas (en porcentaje) a la primer y última fecha de corte para la estación invierno primaveral. No se encuentran diferencias significativas en los tratamientos para esta fracción entre fechas.

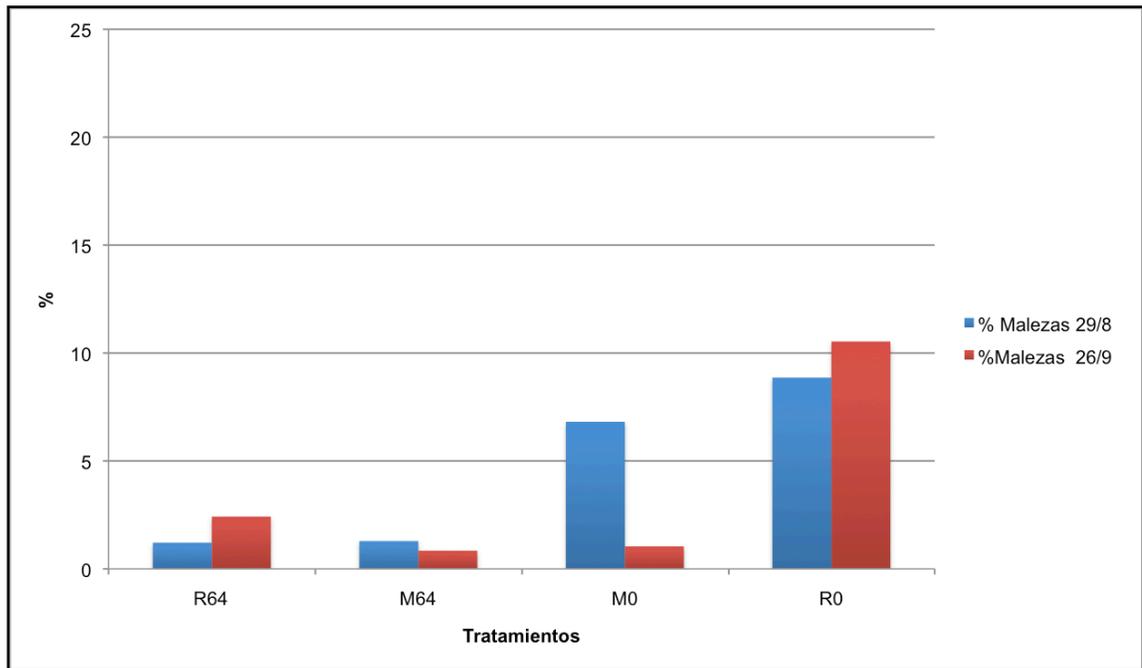


Figura No. 20. Porcentaje de la fracción malezas según tratamiento para la primer y última medición del período invierno-primaveral.

A modo descriptivo según se puede ver en la figura anterior, los tratamientos fertilizados están por debajo del 5% de enmalezamiento en ambas fechas de corte, a diferencia de los no fertilizados. Se destaca el tratamiento de raigrás puro sin fertilizar como el que presentó mayor proporción de malezas, alcanzando un 10 % en la última fecha de registro. De igual manera, el enmalezamiento registrado para la totalidad de tratamientos, estuvo por debajo del nivel mínimo a partir del que comienzan a registrarse pérdidas de producción en pasturas implantadas (Frene, 2005).

La fertilización brindó un ambiente más competitivo para las especies sembradas en los diferentes tratamientos. Puesto que se tratan de especies con altas tasas de crecimiento bajo condiciones nutritivas no limitantes, de este modo tanto la fracción leguminosas como la fracción gramíneas, lograron

dominar frente a las malezas presentes en el tapiz, reduciendo la proporción de las mismas (Fernández, 1996).

El incremento de las malezas hacia el último corte en relación al primero para los tratamientos mezcla, como la reducción de la fracción en los tratamientos puros ejemplifica la mejor capacidad competitiva del raigrás frente a las leguminosas en el rebrote luego del pastoreo. La que lógicamente se incrementa en los tratamientos fertilizados en comparación con los testigos sin fertilizar.

### Restos secos

A continuación se presenta una figura que contiene un gráfico de barras con el porcentaje de los restos secos para el período invierno-primaveral en función del promedio de producción de MS para cada tratamiento.

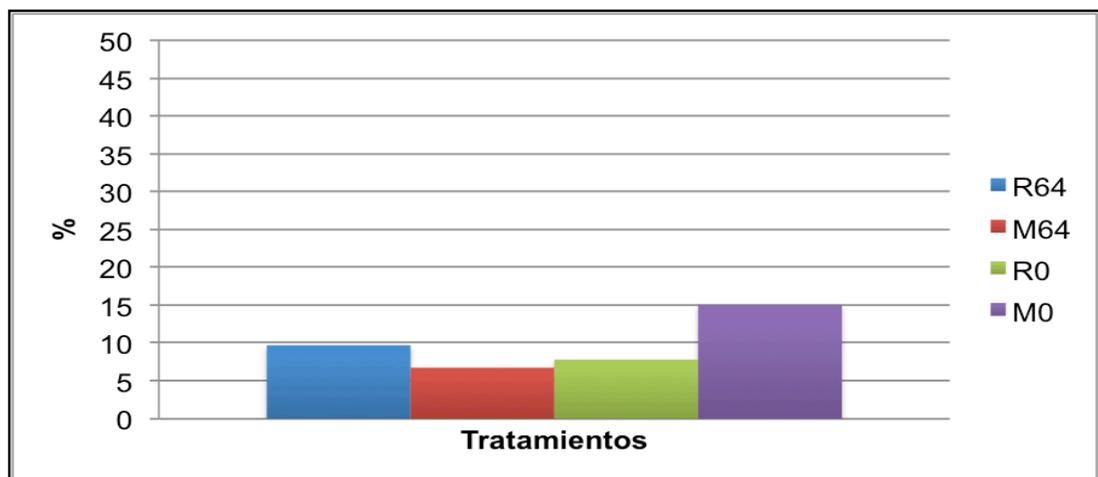


Figura No. 21. Porcentaje de materia seca correspondiente a la fracción restos secos según tratamientos para las mediciones del período invierno-primaveral.

No hay diferencias estadística entre los tratamientos. La proporción de restos secos en todos los tratamientos es baja (menor a 10 %), nivel aceptable según Carábula (2002b) explicado por el hecho de que los animales nunca entraron a pastorear con exceso de forraje, sino que siempre entraron en el momento óptimo, por lo que no se generaron excesos de restos secos.

Únicamente a modo descriptivo se puede decir que porcentualmente los promedios de los tratamientos fertilizados superan a los no fertilizados. La mayor proporción de restos secos en los fertilizados se asocia a una mayor producción de biomasa, y por lo tanto una mayor acumulación de forraje, lo que genera un aumento en la tasa de senescencia de hojas (Colabelli et al., 1998).

#### 4.3.2 Variables de desarrollo

##### 4.3.2.1 Número de macollos

El siguiente cuadro presenta la evolución del número de macollos para los diferentes tratamientos durante la estación invierno-primaveral.

Cuadro No. 20. Evolución del número de macollos/planta en los diferentes tratamientos para las mediciones invierno-primaveral.

	29 ago.	12 set.	19 set.	26 set.
R64	8,60	8,43	7,38	6,55
M64	11,63	8,40	6,88	6,20
M0	10,20	6,78	6,53	6,93
R0	9,18	8,23	5,45	6,08

Datos con letra distinta difieren estadísticamente ( $p > 0.1$ ), datos sin letra dentro de la misma fecha no presentan diferencias significativas.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para la evolución del número de macollos. En general para todos los casos el número de macollos disminuye a medida que transcurre el período de medición, probablemente explicado por los aumentos de producción de los tratamientos en esta estación. El aumento de la producción de follaje sombreado disminuyendo la cantidad de luz que llega a estratos inferiores, lo que causa una menor relación R:RL provocando reducción del macollaje (Deregibus et al. 1985, Casal et al. 1987).

#### 4.3.2.2 Peso de macollos

Al igual que el número, el peso de macollos aporta información importante para comprender mejor éste proceso. En el siguiente cuadro se pueden ver los pesos por planta para cada tratamiento.

Cuadro No. 21. Evolución del peso de macollos/planta en los diferentes tratamientos para las mediciones invierno-primaverales.

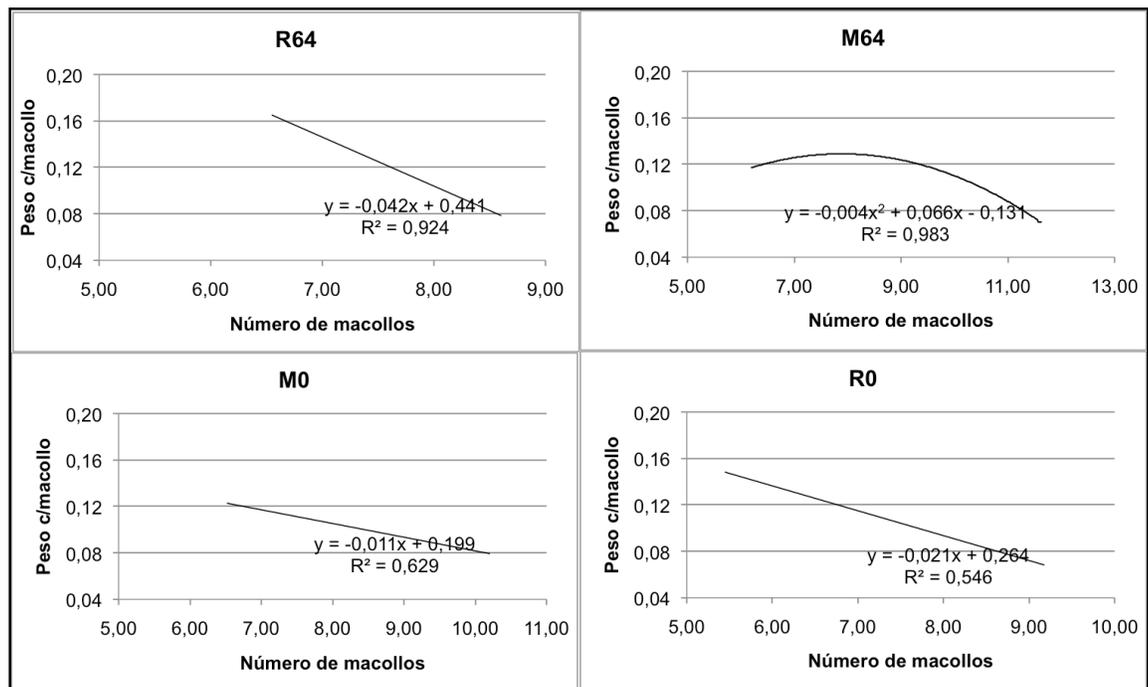
Tratamiento	29 ago.	12 set.	19 set.	26 set.
R64	0,07	0,10	0,12	0,17
M64	0,07	0,13	0,12	0,12
M0	0,08	0,14	0,12	0,10
R0	0,06	0,11	0,18	0,09

Datos con letra distinta difieren estadísticamente ( $p>0.1$ ), datos sin letra dentro de la misma fecha no presentan diferencias significativas.

La evolución del peso en éste período de medición aumenta para todos los tratamientos, aunque sin diferencias significativas entre los mismos. Para la última fecha de medición se observó una diferencia agronómica entre los tratamientos puros, con una superioridad de casi el doble de peso del tratamiento fertilizado sobre el no fertilizado. Los tratamientos mezcla se encuentran con valores intermedios entre los dos puros, siendo ambos muy similares entre sí.

#### 4.3.2.3 Número de macollos en función del peso

Al igual que en la estación anterior, se realizaron gráficos de las variables número y peso de macollos para ver qué relación existe entre ambas. Estos gráficos se presentan en la figura a continuación.



Resultados estadísticamente significativos ( $p < 0,1$ ). P= valor : R64= 0,04, M64= 0,12, M0= 0,2, R0= 0.

Figura No. 22. Evolución del peso de macollo en función del número de macollos por planta según tratamiento.

Como se observa en la figura 22, la relación entre peso y número de macollos es inversamente proporcional, tendiendo a aumentar el peso en este caso a medida que disminuye el número de macollos.

Dicha disminución se explica por la diferenciación del meristema apical de estado vegetativo a reproductivo, inducida por el pasaje de día corto a día largo y la exposición a las bajas temperaturas. En ese momento normalmente

se produce un aumento en la velocidad de aparición de hojas debido a la acumulación de primordios durante la etapa vegetativa, en la cual la velocidad de aparición de las mismas es menor a la de primordios. Conjuntamente con el alargamiento de entrenudos se genera un incremento en el número de hojas vivas por macollo y un consiguiente aumento en el peso de los mismos (Colabelli et al., 1998).

#### 4.3.2.1 Relación lámina/vaina

A continuación presenta la evolución de la relación lámina-vaina de las plantas de raigrás presentes en los diferentes tratamientos, para bloque 2 y 4 del experimento.

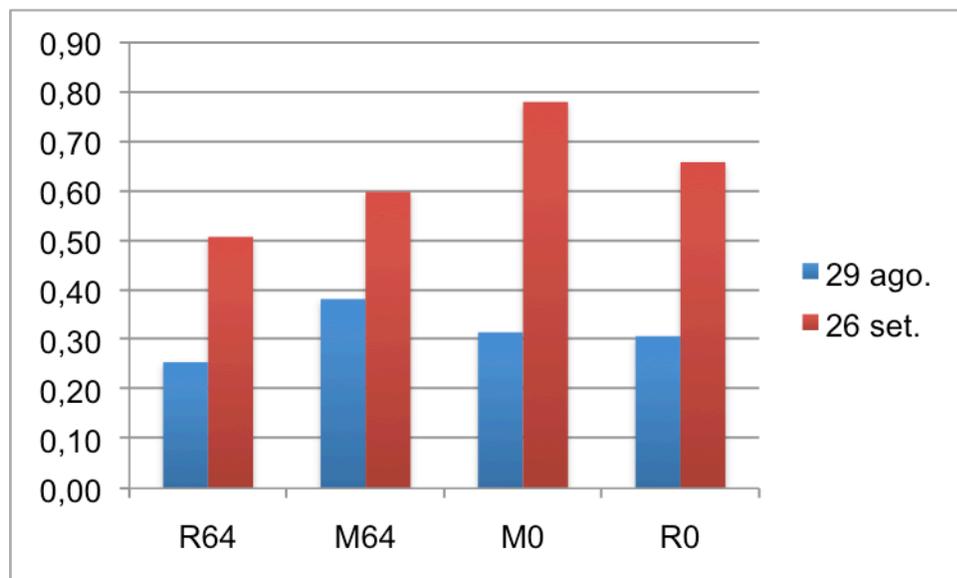


Figura No. 23. Comparación de la relación peso lámina/peso vaina (g) en el primer y último corte del periodo invierno-primaveral.

No se registraron diferencias estadísticamente significativas entre fechas y entre tratamientos para esta variable, debido a un alto coeficiente de variación (mayor a 46%).

Se registró un incremento en el peso de láminas en relación al peso de las vainas en la última fecha de medición, con respecto a la primera para la

totalidad de los tratamientos. Lo cual era de esperar, puesto que los bloques bajo análisis, al momento de la primer fecha de medición, se encontraban saliendo del pastoreo y durante todo el período y hasta la última fecha de medición de esta estación se encontraron sin pastoreo.

El comportamiento de los tratamientos que registraron incrementos en el peso de las láminas en relación a las vainas, probablemente se explique por el hecho de que después de una defoliación, se establece una priorización entre los diferentes meristemas presentes en la planta por medio de un sistema interno de “señales”, estimulándose y/o activándose primariamente los que solo necesitan expansión celular para desarrollar área foliar y en segundo término los que requieren actividad mitótica (Formoso, 1995).

La relación lámina/vaina para los tratamientos sin fertilizar es mayor que para los fertilizados, consecuencia de la acumulación de biomasa en respuesta a la aplicación de fertilizante, sosteniendo la relación lamina/vaina. Mientras que en los tratamientos sin fertilizar, la menor oferta de nutrientes se vió expresada en un menor tamaño de hojas y en especail de láminas, lo que redujo la realcion para estos tratamientos (Agnusdei, 1999).

## 5. CONCLUSIONES

No se registra una superioridad de los tratamientos sembrados en mezcla sobre los puros para las estaciones de otoño, invierno y primavera.

Los tratamientos fertilizados presentaron los mismos valores a los no fertilizados en cuanto a producción total de materia seca.

En el periodo invierno primaveral, se observó una clara inferioridad de la fracción leguminosas vs fracción gramíneas en los tratamientos fertilizados.

No se registró una respuesta al agregado de fertilizante capaz de expresar superioridades estadísticas con respecto a los crecimientos tratamiento sin fertilizar en las pasturas puras.

El grado de enmalezamiento se mantuvo siempre por debajo de los niveles aceptables, sin generar perjuicios sobre el crecimiento de las pasturas bajo estudio.

Producto de las condiciones ambientales que provocaron déficit de nitrógeno, con prolongados periodos con exceso de humedad, posiblemente influyeron en los resultados de las variables bajo estudio.

## 6. RESUMEN

El experimento se realizó en la E.E.M.A.C de Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay (32°22'26.09"S y 58° 3'52.92"O). El período experimental fue desde el 4 de mayo al 26 de octubre 2016. diseño experimental fue de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y con cuatro repeticiones. Los tratamientos vinculan diferentes mezclas forrajeras y diferentes niveles de fertilización nitrogenada. Siendo los tratamientos mezcla fertilizada (M64), mezcla sin fertilizar (M0), raigrás puro fertilizado (R64) y raigrás puro sin fertilizar (R0). Mezcla corresponde a "Speed mix", compuesta por 70,5% de *Lolium multiflorum* (27% cv. Sabroso, 20% cv. E284, 17,5% cv. Moro y 6% cv. Braçelim), 23,5% de *Trifolium resupinatum* (cv. Maral) y 6% *Trifolium vesiculosum* (cv. Sagit). Los tratamientos de raigrás puro correspondieron a una mezcla de los mismos cultivares. Los tratamientos fertilizados, corresponden a la aplicación de nitrógeno en forma de urea, a una dosis de 64 kg.ha<sup>-1</sup> de N, fraccionados en dos aplicaciones de 32 kg cada una. Las variables medidas fueron altura de la pastura, biomasa disponible, composición gravimétrica, número y peso de macollos, número de hojas de trébol y relación lamina/vaina. Se realizó un análisis de factorial doble para los factores mezcla y fertilización. No se registraron superioridades en cuanto a producción para ninguno de los tratamientos en las mediciones realizadas en la estación de otoño. La fertilización nitrogenada no provocó la respuesta esperada en cuanto a producción total de materia seca, aunque si incrementó la diferencia de la fracción gramíneas sobre la de leguminosas. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la evolución del número así como del peso de macollos en otoño para los diferentes tratamientos evaluados, ambas variables registraron incrementos constantes hacia el final de la estación, con una correlación positiva entre ambas. En lo referido a la evolución gravimétrica para la estación otoñal, no hubo diferencias significativas en el aporte de gramíneas. Las fracciones malezas, como restos secos, se mantuvieron en niveles bajos sin diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Para la estación de invierno-primavera, hubo una ausencia de diferencias estadísticamente significativas en lo que refiere a producción total de materia seca. Tanto para número de macollos como para peso de los mismos, no se visualizaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, pero si una correlación directa y negativa, contrariamente a la correlación entre estas variables para la estación otoñal. R64 y M64, registraron una superioridad sobre los no fertilizados en la fracción gramíneas. Para los tratamientos sembrados en mezcla, la fracción leguminosas en M0, duplicó en crecimiento a M64. En composición gravimétrica, la fracción malezas como

restos secos fueron un tanto superiores a la estación otoñal, aunque conservadas en niveles bajos, inferiores al 5% de la entrega total para la totalidad de los tratamientos.

Palabras clave: Producción de forraje; Mezcla forrajera anual; Fertilización nitrogenada.

## 7. SUMMARY

The experiment was done in the experimental station E.E.M.A.C of Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay (32°22'26.09"S y 58° 3'52.92"O). The measurement period was from the 4th. of May to October 26th. 2016. A complete random block design was made with four treatments each one with four repetitions. The treatments involve different pasture mixtures with different levels of nitrogenous fertilization. Being the treatments fertilized "Speed Mix" (M64), non fertilized "Speed Mix" (M0), fertilized raygrass (R64) and non fertilized raygrass (R0). "Speed Mix" is made of 70,5% de *Lolium multiflorum* (27% cv. Sabroso, 20% cv. E284, 17,5% cv. Moro and 6% cv. Braçelim), 23,5% *Trifolium resupinatum* (cv. Maral) and 6% *Trifolium vesiculosum* (cv. Sagit). The raygrass treatments are formed by the same ones previously mention. The fertilized treatments have a 64 kg of N applied as UREA, fraction in two different moments, 32 kg each. The measured variables were height of the pasture, available biomass, gravimetric composition, number and weight of tillers, trifolium leaf number and sheet/sheath relationship. There weren't superiorities register for production for any of the treatments for measurements realized at the autumn station. The nitrogenous fertilization did not provoke the answer expected as the entire production of dry matter, although it increased the difference of the grasses fraction from leguminous plants. Significant differences were not found for the evolution of the number as of the weight of tillers for autumnal measurements between evaluated treatments, both variables registered constant increases towards the end of the station, with a positive interrelation between both. The gravimetric evolution of the different treatments for the autumnal station, were no significant differences in the grasses contribution. The weed fraction like dry remain fraction, were supported in low levels without differences between treatments. For winter-spring stations, as for autumn, there was an absence of significant differences in what it recounts to entire production of dry matter between treatments, yet agronomic differences existed, with a superiority in favor of M64 treatment, followed by R64 and M0, R0 for last was the one which kept up the lower growth. For both tiller number and weight, differences between treatments were not visualized, but yes a direct and negative interrelation, contrary to the interrelation between these variables for the autumnal station. Both fertilized treatments R64 and M64 registered a superiority from the not fertilized ones in the grass fraction. For Speed Mix treatments, leguminous without fertilizing M0, the fraction of the treatment duplicated in growth comparing to the fertilized treatment. In what it recounts to the gravimetric composition for the spring station, the weed and dry remain

fraction were somewhat superior to the autumnal station, although preserved in low levels, lower than 5% of the entire delivery for the totality of the treatments.

Keywords: Forage production; Annual pasture mixture; Nitrogenous fertilization.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agnusdei, M. G. 1999. Analyse de la dynamique de la morphogènese foliare et de la défoliation de plusieurs espèces de graminées soumises à un pâtunaje continudans une communauté végétale de la Pampa huméde (Argentine). (en línea). Thèse de Doctorat. Spécialité Sciences Agronomiques. Lorraine, France. Institut National Polytechnique de Lorraine/INRA. Lusignan Unite d'Ecophysiologie des Plantes Fourrageres. 101 p. Consultado jul. 2016. Disponible en [http://docnum.univ-lorraine.fr/public/INPL\\_T\\_1999\\_AGNUSDEI\\_M.pdf](http://docnum.univ-lorraine.fr/public/INPL_T_1999_AGNUSDEI_M.pdf)
2. \_\_\_\_\_.; Colabelli, M. R.; Fernández Greco, R. C. 2001. Crecimiento estacional de forraje de pasturas y pastizales naturales para el sud este bonaerense. INTA Balcarce/ UNMdP. Facultad de Ciencias Agrarias. Boletín técnico no. 152. 47 p.
3. \_\_\_\_\_. 2007. Calidad nutritiva del forraje. (en línea). Agromercado Temático. 136: 11-17. Consultado mar. 2017. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/64-calidad.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/64-calidad.pdf)
4. \_\_\_\_\_. 2009. Factores claves para interpretar y manejar las variaciones en la calidad nutritiva del forraje para el ganado. (en línea). Balcarce, INTA. 14 p. Consultado mar. 2017. Disponible en <http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/IntroduccionSistemasProductivos/images/Documento/2009/LecRecom/Calidad%20de%20pasturas.pdf>
5. Anslow, R. C.; Green, J. O. 1967. The seasonal growth of pasture grasses. Journal of Agricultural Science (Cambridge). 68: 22-109.
6. Antúnez-Maciél Costa, J. I. 1999. Siembra directa de verdes de invierno sobre campo natural de suelos arenosos. Montevideo, Facultad de Agronomía. 59 p.
7. Ayala, W.; Carámbula, M. 1994. Respuesta a la fertilización nitrogenada de tres gramíneas sembradas en cobertura. In: Seminario de Actualización Técnica (1º., 1994, La Estanzuela, Colonia).

Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 43-48 (Serie Técnica no. 51).

8. Azanza Brancato, A.; Panissa Gilardoni, R. J.; Rodríguez d'Avila Weber, H. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 91 p.
9. Azcón-Bieto, J.; Talón, M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. 2ª. ed. Madrid, McGraw-Hill. 651 p.
10. Beguet, H. A.; Bavera, B. A. 2001. Fisiología de la planta pastoreada. (en línea). In: Curso de Producción Bovina de Carne (2º., 2001, Río Cuarto). Sistemas de pastoreo. Río Cuarto, UNRC. FAV. pp. 18-24. Consultado ago. 2016. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/04-fisiologia\\_de\\_la\\_planta\\_pastoreada.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/04-fisiologia_de_la_planta_pastoreada.pdf)
11. Berreta, E. J. 1995. Campo natural; valor nutritivo y manejo. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 113-127 (Serie Técnica no. 80).
12. Bordoli, M. 1998. Fertilización fosfatada de pasturas. In: Jornada de Actualización Técnica de Pasturas ( 1998, Concepción del Uruguay). Trabajos presentados. Concepción del Uruguay, INTA. s.p.
13. Boschetti, N.; Quintero, C. E.; Benavídez, R. A. 1998. Caracterización del factor capacidad buffer de fosfatos en suelos de Entre Ríos, Argentina. (en línea). In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (25º., 1998, Viçosa). Trabajos presentados. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 22 (1): 95-99. Consultado ago. 2016. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v22n1/13.pdf>
14. Bottaro, C.; Zabala, F. 1973. Efecto de la fertilización mineral NPK en la producción de forraje de algunas pasturas naturales de Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 170 p.

15. Bradshaw, A. D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in Genetics*. 13: 115-155.
16. Brito del Pino Gruss, G.; Colella Ortiz, A.; Crosta Berruti, D.; Morales Balparda, C. J. 2008. Relevamiento de implantación de pasturas con gramíneas perennes en basamento cristalino. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 150 p.
17. Carámbula, M.; Elizondo, J. 1968. Producción de semillas en gramíneas forrajeras. Facultad de Agronomía. EEMAC. Boletín Técnico no. 5. pp. 111-137.
18. \_\_\_\_\_. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 463 p.
19. \_\_\_\_\_. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, Uruguay, INIA. 46 p. (Serie Técnica no.19).
20. \_\_\_\_\_. 1998. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 201 p.
21. \_\_\_\_\_. 2002a. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
22. \_\_\_\_\_. 2002b. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio. t. 3, 413 p.
23. Casal, J. J.; Deregibus, V. A.; Sánchez, R. A. 1984. Influencia de la calidad de luz sobre el macollaje de gramíneas forrajeras. *Revista Argentina de Producción Animal*. 4(supl.3): 279-288.
24. CIN (Centro de Investigaciones Nucleares, UY). 2009. Métodos gravimétricos de análisis químico. (en línea). Montevideo, UdelaR. Facultad de Ciencias. pp. 1-27. Consultado dic. 2016. Disponible en [http://www.cin.edu.uy/bqa/pdf/metodos\\_gravimetricos\\_de\\_analisis\\_quimico.pdf](http://www.cin.edu.uy/bqa/pdf/metodos_gravimetricos_de_analisis_quimico.pdf)
25. Chapman, D.; Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *New Zealand Journal of Agricultural Research* (Wellington). 26: 159-168.

26. Colabelli, M.; Agnusde, M.; Mazzanti, A.; Labreuveux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. INTA. Boletín Técnico no. 148. 21 p.
27. Davies, A.; Thomas, H. 1983. Rates of leaf and tiller production in young spaced perennial ryegrass plants in relation to soil temperature and solar radiation. *Annals of Botany*. 57: 591-597.
28. Deregibus, V. A.; Sanchez, R. A.; Casal, J. J. 1983. Short communication effects of light quality on tiller production in *Lolium spp.* (en línea). *Plant Physiology*. 72: 900-902. Consultado mar. 2017. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1066341/pdf/plntphys00564-0318.pdf>
29. Díaz Roselló, R. 1993. Pastoreo de trigo. Montevideo, INIA. 21 p. (Serie Técnica no. 36).
30. Díaz-Zorita, M. 1997. Verdeos de invierno. In: Melgar, R.; Díaz-Zorita, M. eds. La fertilización de cultivos y pasturas. Buenos Aires, Hemisferio Sur. pp. 175-182.
31. Durán, A. 1985. Los suelos del Uruguay. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp 47-64.
32. \_\_\_\_\_; García Préchac, F. 2007. Suelos del Uruguay; origen, clasificación, manejo y conservación. Montevideo, Hemisferio Sur. v.1, 333 p.
33. Elgersma, A.; Schlepers, H.; Nassiri, M. 2000. Interaction between perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.) under contrasting nitrogen availability; productivity, seasonal patterns of species composition, N<sub>2</sub> fixation, N transfer and N recovery. *Plant and Soil*. 221: 281-299.
34. Faggi, D. H. 1978. Utilización de cultivos anuales con vacas lecheras. *Miscelanea CIAAB*. no. 18: 205-210.

35. Fernández, G. 1996. Dinámica del enmalezamiento en siembra directa. In: Curso de Actualización Técnica en Manejo de Malezas (2<sup>o</sup>., 1996, Colonia). Trabajos presentados. Montevideo, INIA, s.p.
36. Ferri, C. M.; Stritzler, N. P.; Pagella, J. H. 2000. Fertilización nitrogenada en verdeos invernales; composición química, consumo voluntario, digestibilidad in vivo y degradabilidad ruminal. In: Reunión Latinoamericana de Producción Animal ( 16<sup>o</sup>., 2000, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. s.p.
37. Formoso, F. A. 1994. Efectos de dosis y momentos de aplicación de nitrógeno sobre la aplicación de semillas de festuca Tacuabé, falaris Urunday, dactylis Oberón. In: Seminario de Actualización Técnica (1<sup>o</sup>., 1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 19-25 (Serie Técnica no. 51).
38. \_\_\_\_\_. 1995. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 11-16 (Serie Técnica no. 80).
39. Frame, J. 2007. *Trifolium vesiculosum* Savi. (en línea). Rome, FAO. s.p. Consultado ago. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/AG/agp/agpc/doc/gbase/DATA/Pf000504.HTM>
40. Frene, R. L. 2005. Pautas técnicas para el control de malezas en implantación de pasturas consociadas. (en línea). Buenos Aires, Agrolluvia Portal Informativo. 10 p. Consultado 10 may. 2017. Disponible en [http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2009/12/dow-agrosciences-pautas-tecnicas-para-control-de-malezas-en-implantacion-de-pasturas-consociadas\\_3.pdf](http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2009/12/dow-agrosciences-pautas-tecnicas-para-control-de-malezas-en-implantacion-de-pasturas-consociadas_3.pdf)
41. García, F. O.; Ruffo, M. L.; Daverede, I. C. 1999. Fertilización de pasturas y verdeos. (en línea). In: Informaciones Agronómicas del Cono Sur (1<sup>o</sup>., 1999, Río Cuarto). Pasturas; fertilización. Río Cuarto, UNRC. FAV. pp. 366-379. Consultado set. 2016. Disponible en <http://www.produccion->

[animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_fertilizacion/62-fertilizacion.pdf](http://animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/62-fertilizacion.pdf)

42. García, J. A. 1997. Biología de plantas forrajeras. Paysadú, Facultad de Agronomía. t.1, pp. 45-59.
43. \_\_\_\_\_. 2010. Raigrás. (en línea). In: Ayala, W.; Bemhaja, M.; Cotro, B.; Docanto, J.; García, J.; Olmos, F.; Real, D.; Rebuffo, M.; Reyno, R.; Rossi, C.; Silva, J. eds. Catálogo de cultivares; forrajeras. Montevideo, INIA. pp. 14-17 (Otros Documentos no. 38). Consultado jul. 2016. Disponible en <http://www.inia.org.uy/productos/cvforrajeras/catalogo2010.pdf>
44. García, S. C.; Mazzanti, A. 1993. Fertilización nitrogenada en ryegrass anual cv. "Grassland Tama". In: Jornada de Producción de Carne y Leche (1993, Tandil). Trabajos presentados. Tandil, CREA. s.p.
45. García Favre, J. H.; Zanoniani, R.; Boggiano, P. 2016. Evolución del número de plantas de *Trifolium resupinatum* y *Trifolium vesiculosum* hasta su establecimiento. (en línea). In: Congreso Nacional de Manejo de Pastizales Naturales (7º., 2016, Virasoro). Trabajos presentados. Virasoro, s.e. p. 57. Disponible en <http://revistafcaunlz.gramaweb.com.ar/wp-content/uploads/2016/11/Resumenes-VII-Congreso-Nacional-de-Manejo-de-Pastizales-Naturales.pdf>
46. González Rodríguez, A. 1982. Respuesta de la pradera mixta a la aplicación de nitrógeno. Fijación de nitrógeno. (en línea). In: Reunión de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (22º., 1982, La Coruña). Trabajos presentados. La Coruña, s.e. pp. 107-118. Consultado jul. 2016. Disponible en <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/viewFile/754/751>
47. Gutiérrez, F. 2013. Nuevas opciones en verdeos de raigrás para la siembra de otoño. Revista INIA. no. 32: 28-30.
48. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2012. Bases del llamado a interesados para la producción y comercialización de semilla del cultivar de *Trifolium resupinatum* LE 90-33. (en línea). Montevideo. pp. 5-7. Disponible en

[http://www.inia.org.uy/estaciones/las\\_brujas/actividades/documentos/resupinatum.pdf](http://www.inia.org.uy/estaciones/las_brujas/actividades/documentos/resupinatum.pdf)

49. Jewiss, O. 1997. Macollaje en las gramíneas (invernales), su significado y control. Paysandú, Facultad de Agronomía. v. 1, pp. 61-64.
50. Kruger, H.; Vananzi, S. 2010. Oferta de nitrógeno y producción de avena en un haplustol éntico del sudoeste bonaerense. In: Congreso Argentino de Ciencias del Suelo (22<sup>o</sup>., 2010, Bordenave). Trabajos presentados. Rosario, INTA. s.p.
51. Langer, R. H. M. 1981. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Hemisferio Sur. 515 p.
52. Leborgne, R. 2014. Antecedentes técnicos y metodología para presupuestación en establecimientos lecheros. 2<sup>a</sup>. ed. Montevideo, Hemisferio Sur. 54 p.
53. Ledgard, S. F.; Steele, K. W. 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. *Plant and Soil*. 141: 137-153.
54. Lemaire, G.; Chapman, D. F. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. In: Hodgson, J.; Illius, A. W. eds. *Ecology and management of grazing systems*. Guilford, UK, CABI. pp. 3-36.
55. \_\_\_\_\_. 1997. The physiology of grass growth under grazing; tissue turnover. In: *International Symposium on Animal Production under Grazing (1997, Viçosa)*. Actas. Viçosa, Universidad Federal de Viçosa. pp. 117-144.
56. \_\_\_\_\_.; Agnusdei, M. 2000. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; De Moraes, A.; Carvalho, F.; Nabinger, C. eds. *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. Oxford, UK, CABI. pp. 265-287.
57. Marino, M. A. 1996. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento invierno-primaveral, la composición química y calidad de forraje de *Avena sativa* y *Lolium multiflorum*. Tesis Magister Scientiae. Balcarce, Argentina. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias. 104 p.

58. Mazzanti, A.; Wade, M. H.; García, M. C. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada de invierno sobre el crecimiento y la composición química del forraje de raigrás anual. *Revista Argentina de Producción Animal*. 17: 25-33.
59. MGAP. DICOSE (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. División Contralor de Semovientes, UY). 2008. Declaración Jurada año 2008. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado abr. 2016. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/dicose>
60. \_\_\_\_\_. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2013. Censo general agropecuario 2011. (en línea). Montevideo. 128 p. Consultado abr. 2016. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/diea>
61. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2016. Anuario estadístico 2015. (en línea). Montevideo. 358 p. Consultado abr. 2016. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/diea>
62. Morley, F. H. 1981. Crecimiento de pasturas bajo pastoreo. Paysandú, Facultad de Agronomía. t.1, pp. 89-100.
63. Nabinger, C. 1997. Eficiencia do uso de pastagens; disponibilidade e perdas de forragem. (en línea). In: Peixoto, A. M.; Moura, J. C.; Faria, V. P. orgs. *Fundamentos do pastoreio rotacionado*. Piracicaba, FEALQ (Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, BR). pp. 213-251. Consultado jul. 2016. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Carlos\\_Nabinger/publication/280024291\\_EFICIENCIA\\_DO\\_USO\\_DE\\_PASTAGENS\\_DISPONIBILIDADE\\_E\\_PERDAS\\_DE\\_FORRAGEM/links/55a4225708ae81aec912e6a3.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Nabinger/publication/280024291_EFICIENCIA_DO_USO_DE_PASTAGENS_DISPONIBILIDADE_E_PERDAS_DE_FORRAGEM/links/55a4225708ae81aec912e6a3.pdf)
64. \_\_\_\_\_.; de Faccio Carvalho, P. C. 2009. Ecofisiología de sistemas pastoriles; aplicaciones para su sustentabilidad. *Agrociencia* (Montevideo). 13 (3): 18-27.
65. Ong, C. K. 1978. The physiology of tiller death in grasses. I. The influence of tiller age, size and position. *Journal of the British Grassland Society*. 33:197-203.

66. Ovalle, C.; del Pozo, L.; Arredondo, S.; Chavarría, J. 2005. Adaptación, crecimiento y producción de nuevas leguminosas forrajeras anuales en la zona mediterránea de Chile. (en línea). Agricultura Técnica. 65 (3): 265-277. Consultado set. 2016. Disponible en [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-28072005000300004&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072005000300004&lng=es&nrm=iso)
67. Pagliaricci, H.; Sacido, M.; Herrero, M. A. 2008. Reflexiones sobre la enseñanza de forrajes ante los nuevos escenarios de la producción animal en Argentina. (en línea). Revista Argentina de Producción Animal. 20 (2): 273. Consultado 15 may. 2017. Disponible en [http://www.siat.unrc.edu.ar/siat2/historial/idAula5612234562/materiales//Apunte\\_de\\_Morfofisiologia.pdf](http://www.siat.unrc.edu.ar/siat2/historial/idAula5612234562/materiales//Apunte_de_Morfofisiologia.pdf)
68. Pérez González, L. V. 2012. Evaluación de la fertilización nitrogenada del campo natural para *Stipa setigera* Presi y *Bromus auleticus* Trinius bajo pastoreo vacuno en el período invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 138 p.
69. Quintero, C. E.; Boschetti, N. G.; Benavidez, R. A. 1997. Efecto residual y refertilización fosfatada de pasturas en implantación en suelos de Entre Ríos. Ciencia del Suelo. 15: 1-5.
70. \_\_\_\_\_; Boschetti, N. G. 2005. Manejo de fósforo en pasturas. (en línea). Pergamino, Sitio Argentino de Producción Animal. 5 p. Consultado set. 2016. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_fertilizacion/09-manejo\\_del\\_fosforo\\_en\\_pasturas.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/09-manejo_del_fosforo_en_pasturas.pdf)
71. Rebuffo, M. 1994. Fertilización nitrogenada en pasturas mezcla. In: Seminario de Actualización Técnica (1º., 1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 43-48 (Serie Técnica no. 51).
72. Risso, D. F. 1994. Consideraciones sobre el uso de nitrógeno en pasturas. In: Seminario de Actualización Técnica (1º., 1994, La Estanzuela,

Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 63-64 (Serie Técnica no. 51).

73. Rodríguez, J. 1988. Las malezas y el agroecosistema. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. Departamento de Protección Vegetal. 26 p. Consultado nov. 2016. Disponible en <http://www.pv.fagro.edu.uy/Malezas/Doc/LAS%20MALEZAS%20Y%20EL%20AGROECOSISTEMAS.pdf>
74. Rodríguez Palma, R. M.; Mazzanti, A.; Agnusdei, M.G.; Fernández Grecco, R. C.; Albanese, P. 1997. Fertilización nitrogenada y productividad animal en pastizales de la Pampa Deprimida Argentina. In: Congreso Argentino de Producción Animal (21º., 1997, Balcarce). Actas. Revista Argentina de Producción Animal. 17 (supl.1): s.p.
75. Saldanha, S.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2010. Intensidad del pastoreo sobre la estructura de una pastura de *Lolium perenne* cv Horizon. (en línea). Agrocienca (Montevideo). 14 (1): 44-54. Consultado mar. 2017. Disponible en [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S2301-15482010000100007](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttextpid=S2301-15482010000100007)
76. \_\_\_\_\_; Cechini, A.; Bentancur, O. 2013. Variables morfogénicas y estructurales de cinco cultivares de *Lolium sp.* (en línea). Agrocienca (Montevideo). 17(2): s.p. Consultado abr. 2017. Disponible en [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S2301-15482013000200012#a01](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttextpid=S2301-15482013000200012#a01)
77. Scheneiter, J. O.; Bertín, O. D. 2005a. Fertilización en pasturas mixtas. (en línea). In: Jornada a Campo; Avances en Producción y Manejo de Pasturas (2005, Pergamino). Trabajos presentados. Pergamino. INTA. pp. 42-46. Consultado ene. 2017. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_fertilizacion/11-fertilizacion\\_pasturas\\_mixtas.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/11-fertilizacion_pasturas_mixtas.pdf)

78. \_\_\_\_\_. 2005b. Utilidad y limitaciones de los tréboles en pasturas de la pampa húmeda. Pergamino, Sitio Argentino de Producción Animal. pp. 24-29 (Cuadernillo clásico de forrajeras no. 98).
79. \_\_\_\_\_.; Fontana, S.; Andrés, A.; Rosso. 2006. Efecto del manejo de la defoliación sobre la producción y persistencia de dos cultivares de *Trifolium pratense*. Revista Argentina de Producción Animal. 26: 11-21.
80. Severova, V. 1997. Clima del Uruguay. (en línea). Montevideo, UdelaR. s.p. Consultado set. 2016. Disponible en [http://www.rau.edu.uy/uruguay/geografia/Uy\\_c-info.htm](http://www.rau.edu.uy/uruguay/geografia/Uy_c-info.htm)
81. Sganzerla, D. C.; Bilharva, M. G.; Priebe, C.; Jiménez, R. M.; Figas, M. F.; Lemos, G. S.; Ferreira, O. G. L.; Monks, P. L. 2015. Características productivas da consorciação de trevo-persa e azevém submetidos a pastejo. (en línea). Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. 67 (1): 173-180. Consultado oct. 2016. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/abmvz/v67n1/0102-0935-abmvz-67-01-00173.pdf>
82. Smith, H. 1981. Function, evolution and action of plant photosensors. In: Smith, H. ed. Plants and daylight spectrum. New York, Academic Press. cap. 2, pp. 499-508.
83. Thomas, H.; Norris, I. B. 1981. The Influence of light and temperature on growth and death in simulated swards of *Lolium perenne*. (en línea). Grass and Forage Science. 2 (36): 107-116. Consultado ago. 2016. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/wol1/doi/10.1111/j.1365-2494.1981.tb01546.x/abstract>
84. Thornton, B.; Millard, P. 1997. Increased defoliation frequency depletes remobilization of nitrogen for leaf growth in grasses. Annals of Botany. 80: 89-95.
85. UPNA (Universidad Pública de Navarra, ES). s.f. *Trifolium resupinatum*. (en línea). Tudela. s.p. Consultado jun. 2016. Disponible en [http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Trif\\_resu\\_p.htm](http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Trif_resu_p.htm)

86. Zanoniani, R. A.; Noël, S. 1997. Verdeos de invierno. UEDY (Unidad Experimental y Demostrativa de Young). Cartilla no. 2. s.p.
87. \_\_\_\_\_; Ducamp, F.; Bruni, M. 2003. Utilización de verdeos de invierno en sistemas de producción animal. UEDY (Unidad Experimental y Demostrativa de Young). Cartilla no. 17. s.p.
88. \_\_\_\_\_. 2009. Efecto de la producción de forraje y la fertilización nitrogenada sobre la productividad otoño invernal de un campo natural del litoral. Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Paysandú, Uruguay. Facultad de Agronomía. 77 p.

## 9. ANEXOS

Anexo No. 1

Anava producción de ms (kg/há) para cada fecha de medición.

**Fecha de corte: 4 may.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Kg ms/há 4/5	16	0,52	0,39	21,34

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	143461,71	3	47820,57	4,26	0,0289
Mezcla	124246,35	1	124246,35	11,07	0,0060
Fertilizante	18209,41	1	18209,41	1,62	0,2270
Mezcla*fertilizante	1005,96	1	1005,96	0,09	0,7698
Error	134734,81	12	11227,90		
Total	278196,52	15			

**Test: tukey alfa=0,10 dms=94,42719**

Error: 11227,9010 gl: 12

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás 584,69 8 37,46 A

Mezcla 408,45 8 37,46 B

**Test: tukey alfa=0,10 dms=94,42719**

Error: 11227,9010 gl: 12

Fertilizante Medias n E.E.

0,00 530,31 8 37,46 A

64,00 462,84 8 37,46 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 dms=191,82836**

Error: 11227,9010 gl: 12

Mezcla Fertilizante Medias n E.E.

Raigrás 0,00 610,50 4 52,98 A

Raigrás 64,00	558,89	4	52,98	A
Mezcla 0,00	450,12	4	52,98	A B
Mezcla 64,00	366,79	4	52,98	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### Fecha de corte: 11 may.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Kg MS/há	11/5	16	0,36	0,20 26,79

### Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	179316,79	3	59772,26	2,24	0,1361
Mezcla	144946,82	1	144946,82	5,43	0,0380
Fertilizante	2620,73	1	2620,73	0,10	0,7594
Mezcla*fertilizante	31749,24	1	31749,24	1,19	0,2968
Error	320250,13	12	26687,51		
Total	499566,93	15			

### Test: tukey alfa =0,10 DMS=145,58003

Error: 26687,5111 gl: 12

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás 704,88 8 57,76 A

Mezcla 514,52 8 57,76 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### Test: tukey alfa =0,10 DMS=145,58003

Error: 26687,5111 gl: 12

Fertilizante Medias n E.E.

64,00 622,50 8 57,76 A

0,00 596,90 8 57,76 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### Test: tukey alfa =0,10 DMS=295,74511

Error: 26687,5111 gl: 12

Mezcla Fertilizante Medias n E.E.

Raigrás 64,00 762,22 4 81,68 A

Raigrás 0,00 647,54 4 81,68 A

Mezcla 0,00 546,27 4 81,68 A

Mezcla 64,00 482,77 4 81,68 A

**Fecha de corte: 18/5 may.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Kg MS/há	18/5	16	0,25	0,06 20,44

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	136577,55	3	45525,85	1,35	0,3059
Mezcla	120365,92	1	120365,92	3,56	0,0837
Fertilizante	15423,41	1	15423,41	0,46	0,5123
Mezcla*fertilizante	788,22	1	788,22	0,02	0,8812
Error	405939,26	12	33828,27		
Total	542516,80	15			

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=163,90329**

Error: 33828,2714 gl: 12

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás 986,59 8 65,03 A

Mezcla 813,12 8 65,03 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=163,90329**

Error: 33828,2714 gl: 12

Fertilizante Medias n E.E.

64,00 930,91 8 65,03 A

0,00 868,81 8 65,03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=332,96872**

Error: 33828,2714 gl: 12

Mezcla Fertilizante Medias n E.E.

Raigrás 64,00 1024,66 4 91,96 A

Raigrás 0,00 948,53 4 91,96 A

Mezcla 64,00 837,15 4 91,96 A

Mezcla 0,00 789,09 4 91,96 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Fecha de corte: 25 may.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Kg MS/há	25/5	16	0,36	0,20 21,57

### Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	270870,12	3	90290,04	2,28	0,1319
Mezcla	249496,81	1	249496,81	6,29	0,0275
Fertilizante	4957,44	1	4957,44	0,12	0,7298
Mezcla*fertilizante	16415,87	1	16415,87	0,41	0,5321
Error	476028,92	12	39669,08		
Total	746899,04	15			

### Test: tukey alfa =0,10 DMS=177,48997

Error: 39669,0769 gl: 12

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás 1048,23 8 70,42 A

Mezcla 798,48 8 70,42 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10).

### Test: tukey alfa =0,10 DMS=177,48997

Error: 39669,0769 gl: 12

Fertilizante Medias n E.E.

0,00 940,96 8 70,42 A

64,00 905,75 8 70,42 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10).

### Test: tukey alfa =0,10 DMS=360,56999

Error: 39669,0769 gl: 12

Mezcla Fertilizante Medias n E.E.

Raigrás 64,00 1062,66 4 99,59 A

Raigrás 0,00 1033,80 4 99,59 A

Mezcla 0,00 848,12 4 99,59 A

Mezcla 64,00 748,85 4 99,59 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10).

### Fecha de corte: 1 jun.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

Kg MS/há 1/6 16 0,05 0,00 25,76

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	78737,38	3	26245,79	0,21	0,8908
Mezcla	18798,81	1	18798,81	0,15	0,7081
Fertilizante	1763,17	1	1763,17	0,01	0,9085
Mezcla*fertilizante	58175,41	1	58175,41	0,45	0,5128
Error	1534309,09	12	127859,09		
Total	1613046,48	15			

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=318,64974**

Error: 127859,0912 gl: 12

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás 1422,15 8 126,42 A

Mezcla 1353,60 8 126,42 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=318,64974**

Error: 127859,0912 gl: 12

Fertilizante Medias n E.E.

0,00 1398,37 8 126,42 A

64,00 1377,38 8 126,42 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=647,33537**

Error: 127859,0912 gl: 12

Mezcla Fertilizante Medias n E.E.

Raigrás 64,00 1471,95 4 178,79 A

Mezcla 0,00 1424,40 4 178,79 A

Raigrás 0,00 1372,35 4 178,79 A

Mezcla 64,00 1282,80 4 178,79 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Fecha de corte: 10 jun.**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup>Aj</u>	<u>CV</u>
Kg MS/há	10/6	8	0,52	0,17 13,76

### Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	289351,66	3	96450,55	1,46	0,3512
Mezcla	48712,05	1	48712,05	0,74	0,4387
Fertilizante	89135,35	1	89135,35	1,35	0,3097
Mezcla*fertilizante	151504,26	1	151504,26	2,30	0,2043
Error	263920,86	4	65980,21		
Total	553272,52	7			

### Test: tukey alfa =0,10 DMS=387,21191

Error: 65980,2147 gl: 4

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás 1945,39 4 128,43 A

Mezcla 1789,33 4 128,43 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### Test: tukey alfa =0,10 DMS=387,21191

Error: 65980,2147 gl: 4

Fertilizante Medias n E.E.

64,00 1972,92 4 128,43 A

0,00 1761,81 4 128,43 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### Test: tukey alfa =0,10 DMS=833,01228

Error: 65980,2147 gl: 4

Mezcla Fertilizante Medias n E.E.

Raigrás 64,00 2188,56 2 181,63 A

Mezcla 0,00 1821,39 2 181,63 A

Mezcla 64,00 1757,27 2 181,63 A

Raigrás 0,00 1702,22 2 181,63 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### Fecha de corte: 29 ago.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Kg MS/há	29/8	8	0,38	0,00 34,93

### Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	540258,85	3	180086,28	0,80	0,5544
Fertilizante	126834,00	1	126834,00	0,56	0,4942
Mezcla	159059,44	1	159059,44	0,71	0,4474
Fertilizante*mezcla	254365,41	1	254365,41	1,13	0,3472
Error	898550,60	4	224637,65		
Total	1438809,45	7			

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=714,46855**

Error: 224637,6508 gl: 4

Fertilizante Medias n E.E.

0,00 1230,86 4 236,98 A

64,00 1482,69 4 236,98 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=714,46855**

Error: 224637,6508 gl: 4

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás 1215,77 4 236,98 A

Mezcla 1497,78 4 236,98 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=1537,04229**

Error: 224637,6508 gl: 4

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

0,00 Raigrás 911,55 2 335,14 A

64,00 Mezcla 1445,38 2 335,14 A

64,00 Raigrás 1520,00 2 335,14 A

0,00 Mezcla 1550,18 2 335,14 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Fecha de corte: 12 set.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Kg MS/há	12/9	8	0,33	0,00 54,12

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
------	----	----	----	---	---------

Modelo.	1424451,96	3	474817,32	0,66	0,6165
Fertilizante	1063902,64	1	1063902,64	1,49	0,2896
Mezcla	270537,38	1	270537,38	0,38	0,5718
Fertilizante*mezcla	90011,94	1	90011,94	0,13	0,7407
Error	2861511,31	4	715377,83		
Total	4285963,27	7			

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=1274,99823**

Error: 715377,8276 gl: 4

Fertilizante Medias n E.E.

0,00 1198,03 4 422,90 A

64,00 1927,38 4 422,90 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=1274,99823**

Error: 715377,8276 gl: 4

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás 1378,81 4 422,90 A

Mezcla 1746,60 4 422,90 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=2742,91455**

Error: 715377,8276 gl: 4

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

0,00 Raigrás 908,06 2 598,07 A

0,00 Mezcla 1488,00 2 598,07 A

64,00 Raigrás 1849,56 2 598,07 A

64,00 Mezcla 2005,20 2 598,07 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Fecha de corte: 19 set.**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Kg MS/há	19/9	8	0,49	0,11 35,04

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	2085087,35	3	695029,12	1,29	0,3916

Fertilizante	1700217,75	1	1700217,75	3,16	0,1500
Mezcla	372333,34	1	372333,34	0,69	0,4522
Fertilizante*mezcla	12536,25	1	12536,25	0,02	0,8860
Error	2151070,33	4	537767,58		
Total	4236157,68	7			

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=1105,45013**

Error: 537767,5836 gl: 4

Fertilizante Medias n E.E.

0,00 1632,05 4 366,66 A

64,00 2554,06 4 366,66 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=1105,45013**

Error: 537767,5836 gl: 4

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás 1877,32 4 366,66 A

Mezcla 2308,79 4 366,66 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=2378,16428**

Error: 537767,5836 gl: 4

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

0,00 Raigrás 1376,72 2 518,54 A

0,00 Mezcla 1887,37 2 518,54 A

64,00 Raigrás 2377,91 2 518,54 A

64,00 Mezcla 2730,21 2 518,54 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Fecha de corte: 26 de set.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Kg MS/há	26/9	8	0,46	0,06 36,16

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2392620,48	3	797540,16	1,15	0,4300

Fertilizante	1197955,79	1	1197955,79	1,73	0,2584
Mezcla	1059241,31	1	1059241,31	1,53	0,2835
Fertilizante*mezcla	135423,37	1	135423,37	0,20	0,6809
Error	2765477,13	4	691369,28		
Total	5158097,62	7			

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=1253,42076**

Error: 691369,2837 gl: 4

Fertilizante Medias n E.E.

0,00 1912,75 4 415,74 A

64,00 2686,68 4 415,74 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=1253,42076**

Error: 691369,2837 gl: 4

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás 1935,84 4 415,74 A

Mezcla 2663,59 4 415,74 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=2696,49476**

Error: 691369,2837 gl: 4

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

0,00 Raigrás 1418,76 2 587,95 A

0,00 Mezcla 2406,73 2 587,95 A

64,00 Raigrás 2452,91 2 587,95 A

64,00 Mezcla 2920,45 2 587,95 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

Anexo No. 2

Tasa de crecimiento instantánea y media para las seis fechas de medición para la estación de otoño.

**TC ins. 4 may.**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
TC ins Oto.	0 16	0,32	0,16	20,72

### Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	30,27	3	10,09	1,92	0,1806
Fertilizante	9,66	1	9,66	1,84	0,2004
Mezcla	19,69	1	19,69	3,74	0,0769
Fertilizante*mezcla	0,92	1	0,92	0,17	0,6838
Error	63,13	12	5,26		
Total	93,40	15			

### Test: tukey alfa =0,10 DMS=2,04395

Error: 5,2607 gl: 12

Fertilizante Medias n E.E.

0,00 11,85 8 0,81 A

64,00 10,29 8 0,81 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### Test: tukey alfa=0,10 DMS=2,04395

Error: 5,2607 gl: 12

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás 12,18 8 0,81 A

Mezcla 9,96 8 0,81 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### Test: tukey alfa=0,10 DMS=4,15228

Error: 5,2607 gl: 12

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

0,00 Raigrás 12,72 4 1,15 A

64,00 Raigrás 11,64 4 1,15 A

0,00 Mezcla 10,98 4 1,15 A

64,00 Mezcla 8,95 4 1,15 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### TC ins. 11 may.

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
TC ins. 1 oto	16	0,21	0,01	118,07

### Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	1161,14	3	387,05	1,06	0,4010
Fertilizante	707,07	1	707,07	1,94	0,1887
Mezcla	16,27	1	16,27	0,04	0,8361
Fertilizante*mezcla	437,80	1	437,80	1,20	0,2943
Error	4368,99	12	364,08		
Total	5530,13	15			

#### Test: tukey alfa=0,10 DMS=17,00386

Error: 364,0822 gl: 12

Fertilizante Medias n E.E.

64,00 22,81 8 6,75 A

0,00 9,51 8 6,75 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

#### Test: tukey alfa=0,10 DMS=17,00386

Error: 364,0822 gl: 12

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás 17,17 8 6,75 A

Mezcla 15,15 8 6,75 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

#### Test: tukey alfa=0,10 DMS=34,54325

Error: 364,0822 gl: 12

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

64,00 Raigrás 29,05 4 9,54 A

64,00 Mezcla 16,57 4 9,54 A

0,00 Mezcla 13,74 4 9,54 A

0,00 Raigrás 5,29 4 9,54 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

#### TC ins. 18 may.

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV

TC ins. 2 oto 16 0,08 0,00 57,10

### Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	591,88	3	197,29	0,35	0,7884
Fertilizante	108,75	1	108,75	0,19	0,6673
Mezcla	23,29	1	23,29	0,04	0,8419
Fertilizante*mezcla	459,84	1	459,84	0,82	0,3828
Error	6722,31	12	560,19		
Total	7314,20	15			

### Test: tukey alfa=0,10 DMS=21,09194

Error: 560,1929 gl: 12

Fertilizante Medias n E.E.

64,00 44,06 8 8,37 A

0,00 38,84 8 8,37 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### Test: tukey alfa=0,10 DMS=21,09194

Error: 560,1929 gl: 12

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 42,66 8 8,37 A

Raigrás 40,24 8 8,37 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### Test: tukey alfa=0,10 DMS=42,84817

Error: 560,1929 gl: 12

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

64,00 Mezcla 50,63 4 11,83 A

0,00 Raigrás 43,00 4 11,83 A

64,00 Raigrás 37,49 4 11,83 A

0,00 Mezcla 34,69 4 11,83 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### TC ins. 25 may.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
TC ins. 3 oto	16	0,11	0,00	925,53

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1452,11	3	484,04	0,50	0,6884
Fertilizante	772,84	1	772,84	0,80	0,3885
Mezcla	474,98	1	474,98	0,49	0,4964
Fertilizante*mezcla	204,28	1	204,28	0,21	0,6537
Error	11584,23	12	965,35		
Total	13036,33	15			

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=27,68794**

Error: 965,3524 gl: 12

Fertilizante Medias n E.E.

0,00 10,31 8 10,98 A

64,00 -3,59 8 10,98 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=27,68794**

Error: 965,3524 gl: 12

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás 8,81 8 10,98 A

Mezcla -2,09 8 10,98 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=56,24792**

Error: 965,3524 gl: 12

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

0,00 Raigrás 12,18 4 15,54 A

0,00 Mezcla 8,43 4 15,54 A

64,00 Raigrás 5,43 4 15,54 A

64,00 Mezcla -12,61 4 15,54 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**TC ins. 1 jun.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
TC ins. 4 oto	8	0,42	0,00	39,45

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2852,14	3	950,71	0,96	0,4940

Fertilizante	75,16	1	75,16	0,08	0,7969
Mezcla	2711,43	1	2711,43	2,73	0,1738
Fertilizante*mezcla	65,55	1	65,55	0,07	0,8099
Error	3972,67	4	993,17		
Total	6824,81	7			

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=47,50650**

Error: 993,1671 gl: 4

Fertilizante Medias n E.E.

0,00 82,96 4 15,76 A

64,00 76,83 4 15,76 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=47,50650**

Error: 993,1671 gl: 4

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 98,30 4 15,76 A

Raigrás 61,48 4 15,76 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=102,20113**

Error: 993,1671 gl: 4

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

0,00 Mezcla 104,23 2 22,28 A

64,00 Mezcla 92,37 2 22,28 A

0,00 Raigrás 61,68 2 22,28 A

64,00 Raigrás 61,28 2 22,28 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**TC ins 10 jun.**

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV

TC ins 5 8 0,60 0,30 58,22

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3342,73	3	1114,24	1,99	0,2584
Fertilizante	1451,77	1	1451,77	2,59	0,1830

Mezcla	1477,14	1	1477,14	2,63	0,1800
Fertilizante*Mezcla	413,82	1	413,82	0,74	0,4389
Error	2244,26	4	561,07		
Total	5586,99	7			

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=35,70660**

Error: 561,0653 gl: 4

Fertilizante Medias n E.E.

64,00 54,16 4 11,84 A

0,00 27,21 4 11,84 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=35,70660**

Error: 561,0653 gl: 4

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás 54,27 4 11,84 A

Mezcla 27,10 4 11,84 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=76,81592**

Error: 561,0653 gl: 4

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

64,00 Raigrás 74,94 2 16,75 A

0,00 Raigrás 33,61 2 16,75 A

64,00 Mezcla 33,37 2 16,75 A

0,00 Mezcla 20,82 2 16,75 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**TC media 11 may.**

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV

TC X1 oto 16 0,21 0,01 118,07

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1161,14	3	387,05	1,06	0,4010
Fertilizante	707,07	1	707,07	1,94	0,1887
Mezcla	16,27	1	16,27	0,04	0,8361

Fertilizante*mezcla	437,80	1	437,80	1,20	0,2943
Error	4368,99	12	364,08		
Total	5530,13	15			

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=17,00386**

Error: 364,0822 gl: 12

Fertilizante Medias n E.E.

64,00 22,81 8 6,75 A

0,00 9,51 8 6,75 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=17,00386**

Error: 364,0822 gl: 12

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás 17,17 8 6,75 A

Mezcla 15,15 8 6,75 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=34,54325**

Error: 364,0822 gl: 12

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

64,00 Raigrás 29,05 4 9,54 A

64,00 Mezcla 16,57 4 9,54 A

0,00 Mezcla 13,74 4 9,54 A

0,00 Raigrás 5,29 4 9,54 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

**TC media 18 may.**

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV

TC X2 oto 16 0,17 0,00 40,46

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	342,83	3	114,28	0,84	0,4972
Fertilizante	342,60	1	342,60	2,52	0,1383
Mezcla	0,16	1	0,16	1,2E-03	0,9734
Fertilizante*mezcla	0,07	1	0,07	5,0E-04	0,9826

Error	1630,37	12	135,86
Total	1973,19	15	

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=10,38723**

Error: 135,8639 gl: 12

Fertilizante	Medias	n	E.E.
64,00	33,43	8	4,12 A
0,00	24,18	8	4,12 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=10,38723**

Error: 135,8639 gl: 12

Mezcla	Medias	n	E.E.
Mezcla	28,91	8	4,12 A
Raigrás	28,71	8	4,12 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=21,10161**

Error: 135,8639 gl: 12

Fertilizante	Mezcla	Medias	n	E.E.
64,00	Mezcla	33,60	4	5,83 A
64,00	Raigrás	33,27	4	5,83 A
0,00	Mezcla	24,21	4	5,83 A
0,00	Raigrás	24,14	4	5,83 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

**Tc. media 25 may.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
TC X3 oto	16	0,05	0,00	52,54

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	79,53	3	26,51	0,23	0,8720
Fertilizante	9,44	1	9,44	0,08	0,7784
Mezcla	49,01	1	49,01	0,43	0,5245
Fertilizante*mezcla	21,08	1	21,08	0,18	0,6749

Error	1368,24	12	114,02
Total	1447,77	15	

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=9,51565**

Error: 114,0201 gl: 12

Fertilizante Medias n E.E.

64,00 21,09 8 3,78 A

0,00 19,55 8 3,78 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=9,51565**

Error: 114,0201 gl: 12

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás 22,07 8 3,78 A

Mezcla 18,57 8 3,78 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=19,33100**

Error: 114,0201 gl: 12

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

64,00 Raigrás 23,99 4 5,34 A

0,00 Raigrás 20,16 4 5,34 A

0,00 Mezcla 18,95 4 5,34 A

64,00 Mezcla 18,19 4 5,34 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Tc. media 1 jun.**

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV

TC X 4 oto 16 0,08 0,00 34,82

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	135,68	3	45,23	0,34	0,7953
Fertilizante	11,85	1	11,85	0,09	0,7697
Mezcla	63,63	1	63,63	0,48	0,5009
Fertilizante*mezcla	60,19	1	60,19	0,46	0,5125
Error	1585,76	12	132,15		
Total	1721,44	15			

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=10,24414**

Error: 132,1465 gl: 12

Fertilizante Medias n E.E.

64,00 33,87 8 4,06 A

0,00 32,15 8 4,06 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=10,24414**

Error: 132,1465 gl: 12

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 35,01 8 4,06 A

Raigrás 31,02 8 4,06 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=20,81093**

Error: 132,1465 gl: 12

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

0,00 Mezcla 36,08 4 5,75 A

64,00 Mezcla 33,93 4 5,75 A

64,00 Raigrás 33,82 4 5,75 A

0,00 Raigrás 28,22 4 5,75 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**TC media 10 jun.**

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV

TC X5 oto 16 0,14 0,00 30,05

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	182,57	3	60,86	0,64	0,6044
Fertilizante	89,44	1	89,44	0,94	0,3517
Mezcla	0,57	1	0,57	0,01	0,9394
Fertilizante*mezcla	92,56	1	92,56	0,97	0,3437
Error	1143,13	12	95,26		
Total	1325,70	15			

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=8,69772**

Error: 95,2611 gl: 12

Fertilizante Medias n E.E.

64,00	34,84	8	3,45	A
0,00	30,11	8	3,45	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=8,69772**

Error: 95,2611 gl: 12

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás 32,66 8 3,45 A

Mezcla 32,29 8 3,45 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=17,66938**

Error: 95,2611 gl: 12

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

64,00 Raigrás 37,43 4 4,88 A

0,00 Mezcla 32,33 4 4,88 A

64,00 Mezcla 32,24 4 4,88 A

0,00 Raigrás 27,89 4 4,88 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

Anexo No. 3

Anava para la fracción gramíneas para las diferentes fechas de medición del experimento.

**Gramíneas (kg/há de ms). 4 may.**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Gramíneas Kg MS/há 4/5	16	0,46	0,32	28,41

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	166067,20	3	55355,73	3,38	0,0542
Mezcla	157667,55	1	157667,55	9,64	0,0091
Fertilizante	7638,74	1	7638,74	0,47	0,5074
Mezcla*Fertilizante	760,91	1	760,91	0,05	0,8329

Error	196342,98	12	16361,92
Total	362410,18	15	

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=113,98950**

Error: 16361,9153 gl: 12

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 351,00 8 45,22 A

Raigrás 549,54 8 45,22 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=113,98950**

Error: 16361,9153 gl: 12

Fertilizante Medias n E.E.

64,00 428,42 8 45,22 A

0,00 472,12 8 45,22 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=231,56910**

Error: 16361,9153 gl: 12

Mezcla Fertilizante Medias n E.E.

Mezcla 64,00 322,25 4 63,96 A

Mezcla 0,00 379,75 4 63,96 A B

Raigrás 64,00 534,58 4 63,96 A B

Raigrás 0,00 564,49 4 63,96 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Gramíneas (kg/há de MS). 11 may.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Gramíneas Kg MS/há	11/5	16	0,49	0,36 28,22

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	239981,03	3	79993,68	3,84	0,0388
Mezcla	201915,70	1	201915,70	9,69	0,0090
Fertilizante	6477,89	1	6477,89	0,31	0,5875
Mezcla*fertilizante	31587,43	1	31587,43	1,52	0,2419
Error	250147,98	12	20845,67		

Total 490129,01 15

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=128,66358**

Error: 20845,6651 gl: 12

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 399,37 8 51,05 A

Raigrás 624,04 8 51,05 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=128,66358**

Error: 20845,6651 gl: 12

Fertilizante Medias n E.E.

0,00 491,58 8 51,05 A

64,00 531,82 8 51,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=261,37943**

Error: 20845,6651 gl: 12

Mezcla Fertilizante Medias n E.E.

Mezcla 64,00 375,05 4 72,19 A

Mezcla 0,00 423,68 4 72,19 A

Raigrás 0,00 559,49 4 72,19 A B

Raigrás 64,00 688,59 4 72,19 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Gramíneas (kg/há de MS). 18 may.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GramíneasKg MS/há	18/5	16	0,45	0,32 24,63

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	399929,05	3	133309,68	3,30	0,0576
Mezcla	393394,40	1	393394,40	9,75	0,0088
Fertilizante	5508,26	1	5508,26	0,14	0,7182
Mezcla*fertilizante	1026,39	1	1026,39	0,03	0,8759
Error	484294,64	12	40357,89		
Total	884223,69	15			

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=179,02430**

Error: 40357,8867 gl: 12

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 658,69 8 71,03 A

Raigrás 972,29 8 71,03 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=179,02430**

Error: 40357,8867 gl: 12

Fertilizante Medias n E.E.

0,00 796,94 8 71,03 A

64,00 834,05 8 71,03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=363,68697**

Error: 40357,8867 gl: 12

Mezcla Fertilizante Medias n E.E.

Mezcla 0,00 648,14 4 100,45 A

Mezcla 64,00 669,23 4 100,45 A

Raigrás 0,00 945,73 4 100,45 A

Raigrás 64,00 998,86 4 100,45 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Gramíneas (kg/há de ms). 25 may.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GramíneasKg MS/há	25/5	16	0,42	0,27 23,91

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	332773,85	3	110924,62	2,89	0,0791
Mezcla	310359,51	1	310359,51	8,10	0,0147
Fertilizante	18724,17	1	18724,17	0,49	0,4979
Mezcla*fertilizante	3690,17	1	3690,17	0,10	0,7617
Error	459925,33	12	38327,11		
Total	792699,18	15			

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=174,46198**

Error: 38327,1110 gl: 12

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 679,42 8 69,22 A

Raigrás 957,97 8 69,22 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=174,46198**

Error: 38327,1110 gl: 12

Fertilizante Medias n E.E.

64,00 784,49 8 69,22 A

0,00 852,90 8 69,22 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=354,41866**

Error: 38327,1110 gl: 12

Mezcla Fertilizante Medias n E.E.

Mezcla 64,00 630,02 4 97,89 A

Mezcla 0,00 728,82 4 97,89 A

Raigrás 64,00 938,95 4 97,89 A

Raigrás 0,00 976,99 4 97,89 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Gramíneas (kg/há de MS). 1 jun.**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
GramíneasKg MS/há	1/6	16	0,32	0,15 24,87

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	548096,28	3	182698,76	1,87	0,1888
Mezcla	384853,91	1	384853,91	3,93	0,0707
Fertilizante	14725,48	1	14725,48	0,15	0,7048
Mezcla*fertilizante	148516,89	1	148516,89	1,52	0,2415
Error	1173772,78	12	97814,40		
Total	1721869,07	15			

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=278,70782**

Error: 97814,3986 gl: 12

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 1102,62 8 110,57 A

Raigrás 1412,80 8 110,57 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=278,70782**

Error: 97814,3986 gl: 12

Fertilizante Medias n E.E.

0,00 1227,37 8 110,57 A

64,00 1288,04 8 110,57 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=566,19356**

Error: 97814,3986 gl: 12

Mezcla Fertilizante Medias n E.E.

Mezcla 64,00 1036,61 4 156,38 A

Mezcla 0,00 1168,62 4 156,38 A

Raigrás 0,00 1286,12 4 156,38 A

Raigrás 64,00 1539,48 4 156,38 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Gramíneas (kg/há de MS). 10 jun.**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
GramíneasKg MS/há	10/6	8	0,55	0,22 22,31

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	703671,34	3	234557,11	1,66	0,3118
Mezcla	313488,41	1	313488,41	2,21	0,2110
Fertilizante	147374,90	1	147374,90	1,04	0,3654
Mezcla*fertilizante	242808,04	1	242808,04	1,71	0,2606
Error	566490,02	4	141622,51		
Total	1270161,37	7			

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=567,29373**

Error: 141622,5058 gl: 4

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 1488,63 4 188,16 A

Raigrás 1884,54 4 188,16 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=567,29373**

Error: 141622,5058 gl: 4

Fertilizante	Medias	n	E.E.
0,00	1550,86	4	188,16 A
64,00	1822,32	4	188,16 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=1220,42383**

Error: 141622,5058 gl: 4

Mezcla	Fertilizante	Medias	n	E.E.
Mezcla 64,00		1450,15	2	266,10 A
Mezcla 0,00		1527,12	2	266,10 A
Raigrás 0,00		1574,60	2	266,10 A
Raigrás 64,00		2194,49	2	266,10 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Gramíneas (kg/há de MS). 29 ago.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GramíneasKg MS/há	29/8	8	0,50	0,13 36,26

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	342597,50	3	114199,17	1,35	0,3765
Fertilizante	212326,97	1	212326,97	2,51	0,1880
Mezcla	102357,66	1	102357,66	1,21	0,3327
Fertilizante*mezcla	27912,87	1	27912,87	0,33	0,5961
Error	337702,10	4	84425,52		
Total	680299,59	7			

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=438,00466**

Error: 84425,5239 gl: 4

Fertilizante	Medias	n	E.E.
0,00	638,42	4	145,28 A
64,00	964,25	4	145,28 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=438,00466**

Error: 84425,5239 gl: 4

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 688,22 4 145,28 A

Raigrás 914,45 4 145,28 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=942,28315**

Error: 84425,5239 gl: 4

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

0,00 Mezcla 466,24 2 205,46 A

0,00 Raigrás 810,60 2 205,46 A

64,00 Mezcla 910,20 2 205,46 A

64,00 Raigrás 1018,29 2 205,46 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Gramíneas (kg/há de MS). 12set.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GramíneasKg MS/há	12/9	8	0,65	0,40 29,99

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	957772,33	3	319257,44	2,53	0,1960
Fertilizante	956944,46	1	956944,46	7,57	0,0513
Mezcla	294,16	1	294,16	2,3E-03	0,9638
Fertilizante*mezcla	533,71	1	533,71	4,2E-03	0,9513
Error	505319,22	4	126329,81		
Total	1463091,56	7			

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=535,79019**

Error: 126329,8055 gl: 4

Fertilizante Medias n E.E.

0,00 839,36 4 177,71 A

64,00 1531,08 4 177,71 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=535,79019**

Error: 126329,8055 gl: 4

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás 1179,16 4 177,71 A

Mezcla 1191,29 4 177,71 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=1152,65000**

Error: 126329,8055 gl: 4

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

0,00 Mezcla 837,26 2 251,33 A

0,00 Raigrás 841,47 2 251,33 A

64,00 Raigrás 1516,85 2 251,33 A

64,00 Mezcla 1545,31 2 251,33 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Gramíneas (kg/há de MS). 19 set.**

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV

GramíneasKg MS/há 19/9 8 0,82 0,69 23,23

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2448783,49	3	816261,16	6,12	0,0563
Fertilizante	2410197,11	1	2410197,11	18,07	0,0132
Mezcla	38538,53	1	38538,53	0,29	0,6195
Fertilizante*mezcla	47,84	1	47,84	3,6E-04	0,9858
Error	533667,19	4	133416,80		
Total	2982450,68	7			

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=550,61381**

Error: 133416,7983 gl: 4

Fertilizante Medias n E.E.

0,00 1023,62 4 182,63 A

64,00 2121,39 4 182,63 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=550,61381**

Error: 133416,7983 gl: 4

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás 1503,09 4 182,63 A

Mezcla 1641,91 4 182,63 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=1184,54018**

Error: 133416,7983 gl: 4

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

0,00	Raigrás	951,76	2	258,28	A
0,00	Mezcla	1095,47	2	258,28	A B
64,00	Raigrás	2054,42	2	258,28	A B
64,00	Mezcla	2188,35	2	258,28	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Gramíneas (kg/há de MS). 26 set.**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
GramíneasKg MS/há	26/9	8	0,84	0,72 22,20

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	2804306,37	3	934768,79	7,10	0,0444
Fertilizante	2796036,84	1	2796036,84	21,23	0,0100
Mezcla	8158,70	1	8158,70	0,06	0,8157
Fertilizante*mezcla	110,83	1	110,83	8,4E-04	0,9782
Error	526901,63	4	131725,41		
Total	3331208,00	7			

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=547,11248**

Error: 131725,4067 gl: 4

Fertilizante Medias n E.E.

0,00	1043,52	4	181,47	A
64,00	2225,89	4	181,47	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=547,11248**

Error: 131725,4067 gl: 4

Mezcla Medias n E.E.

Raigrás	1602,77	4	181,47	A
Mezcla	1666,64	4	181,47	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=1177,00773**

Error: 131725,4067 gl: 4

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

0,00 Raigrás 1015,30 2 256,64 A

0,00 Mezcla 1071,73 2 256,64 A

64,00 Raigrás 2190,24 2 256,64 A B

64,00 Mezcla 2261,55 2 256,64 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

### Gramíneas promedio invierno

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV

Gramíneas Promedio Invierno.. 8 0,89 0,81 15,64

### Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1361710,18	3	453903,39	11,00	0,0211
Fertilizante	1359346,86	1	1359346,86	32,95	0,0046
Mezcla	16,29	1	16,29	3,9E-04	0,9851
Fertilizante*mezcla	2347,03	1	2347,03	0,06	0,8232
Error	165019,55	4	41254,89		
Total	1526729,73	7			

### Test: tukey alfa=0,10 DMS=306,18192

Error: 41254,8876 gl: 4

Fertilizante Medias n E.E.

0,00 886,23 4 101,56 A

64,00 1710,65 4 101,56 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### Test: tukey alfa=0,10 DMS=306,18192

Error: 41254,8876 gl: 4

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 1297,01 4 101,56 A

Raigrás 1299,87 4 101,56 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### Test: tukey alfa=0,10 DMS=658,69178

Error: 41254,8876 gl: 4

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

0,00 Mezcla 867,67 2 143,62 A

0,00	Raigrás	904,78	2	143,62	A
64,00	Raigrás	1694,95	2	143,62	B
64,00	Mezcla	1726,35	2	143,62	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

#### Anexo No. 4

Anava para la fracción Leguminosas para las diferentes fechas de medición.

#### Leguminosas (kg/há de MS). 4 may.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Leguminosas Kg MS/há 4/5	8	0,02	0,00	111,54

#### Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	316,67	1	316,67	0,15	0,7108
Mezcla	0,00	0	0,00	sd	sd
Fertilizante	316,67	1	316,67	0,15	0,7108
Mezcla*fertilizante	0,00	0	0,00	sd	sd
Error	12564,43	6	2094,07		
Total	12881,11	7			

#### Test: tukey alfa=0,10 DMS=108,26385

Error: 2094,0720 gl: 6

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 41,02 8 16,18 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

#### Test: tukey alfa=0,10 DMS=62,87730

Error: 2094,0720 gl: 6

Fertilizante Medias n E.E.

64,00 34,73 4 22,88 A

0,00 47,32 4 22,88 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

#### Test: tukey alfa=0,10 DMS=62,87730

Error: 2094,0720 gl: 6

<u>Mezcla Fertilizante Medias n E.E.</u>			
Mezcla 64,00	34,73	4	22,88 A
Mezcla 0,00	47,32	4	22,88 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### Leguminosas (kg/há de MS). 11 may.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Leguminosas Kg MS/há	11/5..	8	0,20	0,07 77,03

### Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2106,78	1	2106,78	1,51	0,2648
Mezcla	0,00	0	0,00	sd	sd
Fertilizante	2106,78	1	2106,78	1,51	0,2648
Mezcla*fertilizante	0,00	0	0,00	sd	sd
Error	8356,34	6	1392,72		
Total	10463,13	7			

### Test: tukey alfa=0,10 DMS=62,87730

Error: 1392,7241 gl: 6

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 48,45 8 13,19 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### Test: tukey alfa=0,10 DMS=51,27795

Error: 1392,7241 gl: 6

Fertilizante Medias n E.E.

64,00 32,22 4 18,66 A

0,00 64,68 4 18,66 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### Test: tukey alfa=0,10 DMS=51,27795

Error: 1392,7241 gl: 6

Mezcla Fertilizante Medias n E.E.

Mezcla 64,00 32,22 4 18,66 A

Mezcla 0,00 64,68 4 18,66 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Leguminosas (kg/há de MS). 18may.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Leguminosas Kg MS/há	18/5..	8	0,13	0,00 72,96

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3256,21	1	3256,21	0,88	0,3838
Mezcla	0,00	0	0,00	sd	sd
Fertilizante	3256,21	1	3256,21	0,88	0,3838
Mezcla*fertilizante	0,00	0	0,00	sd	sd
Error	22141,51	6	3690,25		
Total	25397,72	7			

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=51,27795**

Error: 3690,2518 gl: 6

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 83,26 8 21,48 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=83,46917**

Error: 3690,2518 gl: 6

Fertilizante Medias n E.E.

64,00 63,09 4 30,37 A

0,00 103,44 4 30,37 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=83,46917**

Error: 3690,2518 gl: 6

Mezcla Fertilizante Medias n E.E.

Mezcla 64,00 63,09 4 30,37 A

Mezcla 0,00 103,44 4 30,37 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### Leguminosas (kg/há de MS). 25may.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Leguminosas Kg MS/há	25/5..	8	0,07	0,00 44,13

### Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	849,11	1	849,11	0,48	0,5153
Mezcla	0,00	0	0,00	sd	sd
Fertilizante	849,11	1	849,11	0,48	0,5153
Mezcla*fertilizante	0,00	0	0,00	sd	sd
Error	10666,73	6	1777,79		
Total	11515,84	7			

### Test: tukey alfa=0,10 DMS=83,46917

Error: 1777,7880 gl: 6

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 95,55 8 14,91 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### Test: tukey alfa=0,10 DMS=57,93461

Error: 1777,7880 gl: 6

Fertilizante Medias n E.E.

0,00 85,25 4 21,08 A

64,00 105,86 4 21,08 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### Test: tukey alfa=0,10 DMS=57,93461

Error: 1777,7880 gl: 6

Mezcla Fertilizante Medias n E.E.

Mezcla 0,00 85,25 4 21,08 A

Mezcla 64,00 105,86 4 21,08 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

### Leguminosas (kg/há de MS). 1 jun.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

Leguminosas Kg MS/há 1/6 8 0,02 0,00 94,44

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2353,35	1	2353,35	0,11	0,7469
Mezcla	0,00	0	0,00	sd	sd
Fertilizante	2353,35	1	2353,35	0,11	0,7469
Mezcla*fertilizante	0,00	0	0,00	sd	sd
Error	123621,27	6	20603,55		
Total	125974,62	7			

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=57,93461**

Error: 20603,5455 gl: 6

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 151,98 8 50,75 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=197,22822**

Error: 20603,5455 gl: 6

Fertilizante Medias n E.E.

64,00 134,83 4 71,77 A

0,00 169,13 4 71,77 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=197,22822**

Error: 20603,5455 gl: 6

Mezcla Fertilizante Medias n E.E.

Mezcla 64,00 134,83 4 71,77 A

Mezcla 0,00 169,13 4 71,77 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Leguminosas (kg/há de ms). 10 jun.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Leguminosas Kg MS/há 10/6..	4	0,52	0,28	27,89

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
------	----	----	----	---	---------

Modelo.	4779,20	1	4779,20	2,14	0,2807
Mezcla	0,00	0	0,00	sd	sd
Fertilizante	4779,20	1	4779,20	2,14	0,2807
Mezcla*fertilizante	0,00	0	0,00	sd	sd
Error	4457,98	2	2228,99		
Total	9237,18	3			

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=197,22822**

Error: 2228,9885 gl: 2

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 169,27 4 23,61 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=137,81542**

Error: 2228,9885 gl: 2

Fertilizante Medias n E.E.

0,00 134,71 2 33,38 A

64,00 203,84 2 33,38 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=137,81542**

Error: 2228,9885 gl: 2

Mezcla Fertilizante Medias n E.E.

Mezcla 0,00 134,71 2 33,38 A

Mezcla 64,00 203,84 2 33,38 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10).

**Leguminosas (kg/há de ms). 29 ago.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Leguminosas Kg MS/há	29/8..	4	sd	0,77	15,18

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	42779,45	1	42779,45	10,90	0,0808
Fertilizante	42779,45	1	42779,45	10,90	0,0808
Mezcla	0,00	0	0,00	sd	sd
Fertilizante*mezcla	0,00	0	0,00	sd	sd

Error	7846,08	2	3923,04
Total	50625,54	3	

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=182,83334**

Error: 3923,0423 gl: 2

Fertilizante Medias n E.E.

64,00 309,29 2 2,00433158700038E30 A

0,00 516,12 2 2,01843304389048E45 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=182,83334**

Error: 3923,0423 gl: 2

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 412,70 4 8,96364335596578E29 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=182,83334**

Error: 3923,0423 gl: 2

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

64,00 Mezcla 309,29 2 2,00433158700038E30 A

0,00 Mezcla 516,12 2 2,01843304389048E45 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Leguminosas (kg/há de ms). 12 set.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Leguminosas Kg MS/há	12/9..	4	sd	0,72	16,29

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	41545,73	1	41545,73	8,72	0,0980
Fertilizante	41545,73	1	41545,73	8,72	0,0980
Mezcla	0,00	0	0,00	sd	sd
Fertilizante*mezcla	0,00	0	0,00	sd	sd
Error	9523,43	2	4761,71		
Total	51069,15	3			

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=201,43062**

Error: 4761,7125 gl: 2

Fertilizante Medias n E.E.

64,00 321,81 2 2,00433158700038E30 A

0,00 525,64 2 2,01843304389048E45 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=201,43062**

Error: 4761,7125 gl: 2

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 423,72 4 8,96364335596578E29 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=201,43062**

Error: 4761,7125 gl: 2

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

64,00 Mezcla 321,81 2 2,00433158700038E30 A

0,00 Mezcla 525,64 2 2,01843304389048E45 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Leguminosas (kg/há de ms) 19 set.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Leguminosas Kg MS/há	19/9..	4	sd	0,13 20,53

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20314,17	1	20314,17	1,45	0,3517
Fertilizante	20314,17	1	20314,17	1,45	0,3517
Mezcla	0,00	0	0,00	sd	sd
Fertilizante*mezcla	0,00	0	0,00	sd	sd
Error	28013,97	2	14006,99		
Total	48328,14	3			

**Test: tukey alfa =0,10 DMS=345,47470**

Error: 14006,9853 gl: 2

Fertilizante Medias n E.E.

64,00	505,10	2	2,00433158700038E30	A
0,00	647,63	2	2,01843304389048E45	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=345,47470**

Error: 14006,9853 gl: 2

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla	576,36	4	8,96364335596578E29	A
--------	--------	---	---------------------	---

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=345,47470**

Error: 14006,9853 gl: 2

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

64,00	Mezcla	505,10	2	2,00433158700038E30	A
-------	--------	--------	---	---------------------	---

0,00	Mezcla	647,63	2	2,01843304389048E45	A
------	--------	--------	---	---------------------	---

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Leguminosas (kg/há de MS). 26 set.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Leguminosas Kg MS/há	26/9..	4	sd	0,91 11,64

**Cuadro de análisis de la varianza (sc. tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	388373,67	1	388373,67	31,99	0,0299
Fertilizante	388373,67	1	388373,67	31,99	0,0299
Mezcla	0,00	0	0,00	sd	sd
Fertilizante*mezcla	0,00	0	0,00	sd	sd
Error	24277,64	2	12138,82		
Total	412651,31	3			

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=321,61192**

Error: 12138,8197 gl: 2

Fertilizante Medias n E.E.

64,00	634,78	2	2,00433158700038E30	A
-------	--------	---	---------------------	---

0,00	1257,98	2	2,01843304389048E45	B
------	---------	---	---------------------	---

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=321,61192**

Error: 12138,8197 gl: 2

Mezcla Medias n E.E.

Mezcla 946,38 4 8,96364335596578E29 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Test: tukey alfa=0,10 DMS=321,61192**

Error: 12138,8197 gl: 2

Fertilizante Mezcla Medias n E.E.

64,00 Mezcla 634,78 2 2,00433158700038E30 A

0,00 Mezcla 1257,98 2 2,01843304389048E45 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).