

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE VERDEOS PUROS Y EN MEZCLA  
CON LEGUMINOSAS CON Y SIN AGREGADO DE NITRÓGENO**

por

**Federico Joaquín BERRUTTI ZORRILLA DE SAN MARTÍN  
Alfredo BLENGIO BOCAGE  
Manuel MARQUES BERRUTTI**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2018**

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani

-----

Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano

-----

Ing. Agr. MSc. David Silveira

Fecha: 09 de agosto de 2018

Autores: -----

Federico Joaquín Berrutti Zorrilla de San Martín

-----

Alfredo Blengio Bocage

-----

Manuel Marques Berrutti

## **AGRADECIMIENTOS**

En primera instancia queremos agradecer al MSc. Ing. Agr. Ramiro Zanoniani por habernos brindado la oportunidad de realizar este trabajo, así como al Ing. Agr. Javier García por su permanente disposición durante el transcurso del mismo.

Por último, muy especialmente a nuestras familias y amigos que nos apoyaron durante toda la carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	1
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1. VERDEOS DE INVIERNO.....	3
2.2.1. <u><i>Lolium multiflorum</i></u> .....	4
2.2.2. <u><i>Trifolium vesiculosum</i></u> .....	5
2.2.3. <u><i>Trifolium resupinatum</i></u> .....	7
2.3. UTILIZACIÓN DE MEZCLAS FORRAJERAS.....	8
2.4. EFECTO DEL AGREGADO DE NITRÓGENO SOBRE LA MEZCLA FORRAJERA.....	9
2.4.1. <u>Efecto del nitrógeno en las variables morfo-genéticas de                 gramíneas</u> .....	11
2.4.2. <u>Efecto del nitrógeno en la composición botánica</u> .....	12
2.4.3. <u>Efecto de nitrógeno en la producción de materia seca</u> .....	12
2.5. EFECTOS DEL PASTOREO.....	13
2.5.1. <u>Aspectos generales del pastoreo</u> .....	13
2.5.2. <u>Parámetros que definen el pastoreo</u> .....	14
2.5.2.1. Intensidad.....	14
2.5.2.2. Frecuencia.....	15
2.5.3. <u>Efecto del pastoreo en la dinámica del crecimiento de                 gramíneas y leguminosas</u> .....	16
2.5.4. <u>Efectos del pastoreo sobre la fisiología de las plantas</u> .....	18
2.5.4.1. Efectos sobre el rebrote.....	18
2.5.5. <u>Efectos del pastoreo sobre la producción de materia                 seca</u> .....	19

2.5.6. <u>Efectos del pastoreo sobre la composición botánica</u> .....	19
2.6. PRODUCCIÓN ANIMAL.....	20
2.6.1. <u>Aspectos generales de la producción animal</u> .....	20
2.6.2. <u>Relación entre consumo, disponibilidad y altura</u> .....	21
2.6.3. <u>Relación entre la oferta de forraje y el consumo</u> .....	21
2.7. PRODUCCIÓN DE VERDEOS CON AGREGADO DE NITRÓGENO Y/O LEGUMINOSAS.....	22
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	25
3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES.....	25
3.1.1. <u>Lugar y período experimental</u> .....	25
3.1.2. <u>Información meteorológica</u> .....	25
3.1.3. <u>Descripción del sitio experimental</u> .....	25
3.1.4. <u>Antecedentes del área experimental</u> .....	25
3.1.5. <u>Tratamientos</u> .....	26
3.1.6. <u>Diseño experimental</u> .....	26
3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	27
3.2.1. <u>Mediciones de las principales variables</u> .....	27
3.2.1.1. Forraje disponible y rechazado.....	27
3.2.1.2. Altura del forraje disponible y remanente.....	28
3.2.1.3. Producción de forraje.....	28
3.2.1.4. Materia seca desaparecida.....	28
3.2.1.5. Porcentaje de utilización.....	28
3.2.1.6. Composición botánica.....	29
3.2.1.7. Peso de los animales.....	29
3.2.1.8. Ganancia de peso media diaria.....	29
3.2.1.9. Producción de peso vivo.....	29
3.3. HIPÓTESIS.....	29
3.3.1. <u>Hipótesis biológica</u> .....	29
3.3.2. <u>Hipótesis estadística</u> .....	29
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	29
3.4.1. <u>Modelo estadístico</u> .....	30

3.4.1.1. Modelo para el análisis de la producción vegetal....	30
3.4.1.2. Modelo para el análisis de los animales.....	30
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	31
4.1. DATOS METEOROLÓGICOS.....	31
4.1.1. <u>Temperatura</u> .....	31
4.1.2. <u>Precipitaciones</u> .....	32
4.2. PRODUCCIÓN DE FORRAJE.....	32
4.2.1. <u>Forraje disponible</u> .....	32
4.2.2. <u>Forraje remanente</u> .....	34
4.2.3. <u>Tasa de crecimiento</u> .....	34
4.2.4. <u>Producción de forraje</u> .....	36
4.2.5. <u>Otras variables de producción vegetal</u> .....	36
4.3. COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LAS ALTERNATIVAS FORRAJERAS.....	38
4.4. PRODUCCIÓN ANIMAL.....	41
4.4.1. <u>Ganancia de peso vivo diaria por animal</u> .....	41
4.4.2. <u>Producción de peso vivo por hectárea</u> .....	43
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	45
6. <u>RESUMEN</u> .....	46
7. <u>SUMMARY</u> .....	48
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	49

**LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES**

Cuadro No.	Página
1. Efecto del agregado de nitrógeno y/o leguminosas sobre la producción de verdeos de invierno.....	22
2. Disponibilidad promedio de forraje en kg MS//ha...	33
3. Forraje remanente promedio en kg MS/ha.....	34
4. Tasa de crecimiento diaria según tratamiento.....	35
5. Tasa de crecimiento del verdeo según la estación del año.....	35
6. Producción neta total de materia seca para cada tratamiento en kg de MS/ha.....	36
7. Valores promedio de las variables que no tuvieron diferencias en los distintos tratamientos.....	36
8. Composición botánica del forraje disponible promedio del ensayo.....	38
9. Composición botánica del forraje remanente promedio del ensayo.....	39
10. Ganancia promedio en kg PV/ha para cada tratamiento.....	43

## Figura No.

1. Croquis de la disposición de los bloques y tratamientos del diseño experimental.....	27
2. Temperaturas medias y balance hídrico del 2016 en comparación con la serie 2002-2014.....	31
3. Evolución de la composición botánica del forraje disponible de los tratamientos estudiados.....	40
4. Ganancia media diaria por animal en verdeo mezcla y puro.....	41



## 1.INTRODUCCIÓN

En Uruguay, debido a la escasez de forraje que se genera en pasturas naturales y convencionales por el crecimiento lento en otoño y las bajas temperaturas invernales, surgen alternativas forrajeras de mayor producción para suplir las posibles deficiencias.

Los verdes de invierno se caracterizan por producir un volumen muy alto de forraje de buena calidad en un corto período de tiempo, lo cual permitiría cubrir las deficiencias normalmente producidas en su estación de crecimiento. Dada la mayor intensificación en la ganadería uruguaya, las deficiencias hídricas estivales y las altas temperaturas, los verdes tienen una gran importancia, ya que muchas veces, son la única alternativa productiva en el otoño (Zanoniani et al., 2000).

Si bien estos cultivos forrajeros anuales, por lo general, son de fácil implantación y manejo y logran alcanzar altas producciones, tienen asociados costos de instalación elevados ya que se amortizan en un año. He aquí la importancia de obtener altos rendimientos de materia seca y alta calidad en esos momentos donde las pasturas cultivadas no logran cubrir los requerimientos animales, especialmente en sistemas de producción intensiva.

El cultivo de especies leguminosas en mezcla con gramíneas anuales aparece como una opción interesante para la producción de carne y/o leche, dado que la mezcla favorece la selectividad animal, produce una alta cantidad de forraje con menores dosis de nitrógeno y mejora la distribución estacional de la producción de materia seca (Balbinot et al., 2008).

Por otra parte, el uso de fertilizantes nitrogenados y/o la incorporación de leguminosas anuales a una gramínea anual (raigrás, por ejemplo), permitirían aumentar la carga y por consiguiente la producción de carne a través de ganancias individuales elevadas debido a un incremento en la calidad de la dieta ofrecida al animal en pastoreo (Lesama, 1997).

### 1.1. OBJETIVO GENERAL

Este trabajo tiene como objetivo principal evaluar la producción de forraje y composición botánica de diferentes alternativas forrajeras: verdeo puro de *Lolium multiflorum* y mezcla de raigrás con leguminosas *Trifolium resupinatum* y *Trifolium vesiculosum*, con y sin fertilización nitrogenada.

Por otro lado, se pretende evaluar la producción animal (peso vivo) de estas alternativas, tanto en producción individual (gmd, kg/animal/día) como en producción por unidad de superficie (kg/ha), utilizando novillos Holando.

## 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-Evaluar y comparar la producción de forraje de las distintas alternativas.

-Evaluar la contribución de cada especie a la producción de forraje mediante el estudio de la composición botánica.

-Evaluar y comparar la producción de peso vivo, en términos de producción individual (kg/animal/día) y en producción por unidad de superficie (kg/ha de peso vivo).

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. VERDEOS DE INVIERNO

En nuestro país la mayoría de las explotaciones agropecuarias presentan un déficit de producción invernal, donde la falta o escasez de forraje es uno de los problemas más serios que debe afrontar el productor ganadero (Carámbula, 1977).

Además de ser una característica general en todo el país, el déficit de forraje invernal cobra mayor importancia en los sistemas de producción más intensivos, como puede ser el tambo o la invernada, donde se maneja una alta carga animal y, por lo tanto, se necesita una oferta de forraje alta y constante durante todo el año (Carámbula 2002, Amigone 2004).

Según Amigone (2004), existen alternativas dentro de las pasturas perennes, como la alfalfa sin latencia invernal, que logran equilibrar la curva de producción de forraje, pero no determina que se solucione el bache invernal existente.

En invierno, debido a las bajas temperaturas y las heladas que provocan una baja tasa de crecimiento en las plantas, las pasturas perennes tienden a bajar su producción, situación que se ve agudizada en años con otoños secos. Como alternativa para solucionar este problema se puede implementar el cultivo de forrajeras anuales invernales (Zanoniani y Noel, 1997).

Los verdeos de invierno tienen como característica la alta producción de forraje de muy buena calidad en un corto período de tiempo. Por lo cual su correcta utilización es imprescindible para cubrir esos baches producidos en su estación de crecimiento (Zanoniani y Noel, 1997). Además, según Carámbula (2002), éstos se caracterizan por ser de fácil implantación y manejo.

En comparación con las pasturas perennes, los costos de instalación de los verdeos de invierno, debido a su corta duración, deben amortizarse en un año, lo cual puede resultar una desventaja (Carámbula, 2002).

Otras limitantes de los verdeos pueden ser: la producción de desperdicios de forraje cuando hay dificultades en el manejo del pastoreo, el sufrimiento de pisoteos excesivos por falta o por exceso humedad, las probabilidades de erosión, la inducción de desórdenes fisiológicos y enfermedades en los animales por mal manejo (Carámbula, 2007).

Para obtener una buena rentabilidad, estas alternativas forrajeras deben ofrecer altas producciones de materia seca de buena calidad

(Carámbula, 2002). Según Zanoniani y Noel (1997), a través de correctas medidas de manejo es posible alcanzar los objetivos planteados.

## 2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES UTILIZADOS

### 2.2.1. *Lolium multiflorum*

Esta gramínea conocida vulgarmente como “raigrás o raigrás anual”, presenta un ciclo de vida anual y un ciclo de producción invernal. Su hábito de vida es semi-postrado (Carámbula, 2002).

Se adapta a una gran variabilidad de condiciones ambientales, tanto edáficas como climáticas, es altamente productiva en suelos fértiles y tiene alta respuesta al agregado de nitrógeno. Crece en suelos bien drenados, pero también tolera suelos muy húmedos; se adapta a suelos desde francos a pesados, aunque crece bien en suelos arenosos bien fertilizados (Carámbula, 2007).

Para su máxima producción necesita condiciones climáticas benignas. Con una correcta fertilización puede ser una de las plantas forrajeras de mayor digestibilidad (entre 70 y 88%), presenta una excelente semillazón y una muy buena capacidad de resiembra natural (Waite, citado por Carámbula, 2007).

Esta especie presenta buenas aptitudes para sembrarse en asociación con otras forrajeras. Cuando sembrada con anuales, aporta calidad al forraje y agrega más días de pastoreo al final del ciclo. Mientras que, asociada a perennes, aporta precocidad en la entrega de materia seca y una excelente producción de forraje en invierno y primavera (Carámbula, 2007). Sin embargo, García Favre et al. (2017) no recomiendan la mezcla con perennes debido a que, por su gran vigor inicial y capacidad de competencia, puede provocar un efecto negativo en el establecimiento y reducir notoriamente la población de las especies perennes.

Si se desea aumentar la producción de forraje en invierno y comienzos de primavera, es recomendable sembrar esta especie temprano en el otoño (fines de marzo, Perrachón, 2009). El pastoreo se puede iniciar a los 60 días post siembra (Carámbula, 2007).

Según INIA (2010), los cultivares comerciales derivados de esta especie se agrupan en dos tipos productivos:

1) Raigrás anual tipo Westerwoldicum (*L. multiflorum var westerwoldicum*), el cual no tiene requerimientos de frío, implicando que independientemente de la época de siembra la mayor parte de sus macollos florecen y mueren en verano, y es estrictamente anual.

2) Raigrás anual tipo multiflorum o italiano (*L. multiflorum ssp italicum*), el cual tiene requerimientos de frío y, por lo tanto, sus macollos formados a fines de invierno y en primavera no florecen y continúan en estado vegetativo hasta el siguiente año, siempre y cuando las condiciones estivales lo favorezcan y el manejo sea adecuado.

Naturalmente el raigrás anual existe como una planta diploide. Sin embargo, el mejoramiento genético ha contribuido a la duplicación cromosómica, produciendo plantas tetraploides de todos los tipos productivos (INIA, 2010).

La duplicación cromosómica, debido a un tamaño celular mayor, permitió un aumento en el contenido celular frente a la pared, aumentando así el contenido de carbohidratos solubles. Esto hace que los cultivares tetraploides sean más palatables que los diploides, cuando son comparados en condiciones iguales (INIA, 2010).

Entre otras ventajas frente a los diploides se destacan: mayor cantidad de forraje con una producción de materia seca similar; ciclo más largo; mayor calidad de forraje especialmente en primavera, y mayor vigor inicial por un mayor tamaño de semilla (Carámbula, 2002). Además, son más compatibles cuando se siembran en mezcla, ya que al presentar menor macollaje son menos competitivos (INIA, 2010).

Como desventajas, poseen una menor resistencia al pastoreo, son más exigentes en fertilidad y humedad de suelo, presentan menor producción de semillas, y por lo tanto, menor resiembra y menor persistencia (Carámbula, 2002).

### 2.2.2. *Trifolium vesiculosum*

El trébol vesiculoso o flecha es una planta anual invernada de porte semi-erecto, originaria de la región mediterránea (Duke, 1981). Presenta tallos de hasta 1,5 cm de diámetro y sus hojas son trifoliadas y en forma de flecha, con una marca blanca en forma de V. Las inflorescencias son de color blanco-violáceo.

Entre otras características importantes, se destaca un sistema de raíz pivotante que le permite permanecer verde por más tiempo que otra especie anual, ya que puede extraer nutrientes y agua a mayor profundidad en el suelo (Oram 1990, Evans 2001, Thompson 2005). Según Loi et al. (2005), las raíces de esta planta alcanzan una profundidad de 0,8 a 1,5 m.

Respecto a sus exigencias edáficas, presenta buena adaptación a diferentes texturas, tanto arenosas como francas y aún arcillosas (Ovalle et al., 2010); no tolera suelos húmedos mal drenados (Gibberd et al., 2001); presenta

una considerable tolerancia a la sequía y es extremadamente sensible a la salinidad edáfica (Rogers et al., 1997).

Se trata de una especie con alta germinación a altas temperaturas y un alto potencial de fijación de nitrógeno (Carámbula 2002, Ovalle et al. 2010).

Para una buena germinación y un correcto desarrollo de plántulas, la temperatura del suelo a la siembra debe superar los 15 °C (Evers, 1980).

La densidad de siembra recomendada varía entre 7 y 11 kg/ha, a una profundidad de no más de 1 cm (Miller y Wells 1985, Evans 2001).

Por lo general, se recomienda sembrar el trébol vesiculoso en mezclas con gramíneas como avena o raigrás para pastoreo o corte (Carámbula 2002, Ovalle et al. 2010), dado que, según Evans (2001), la gramínea aumentaría la producción de invierno y el trébol aportaría forraje más tarde en la primavera. En este caso la densidad recomendada es menor: entre 3 y 6 kg/ha (Snowball et al., 2005), para evitar una excesiva competencia durante el invierno (Evans, 2001).

Durante el establecimiento, el vigor de plántulas es alto, pero, en comparación con otras especies de su mismo género, el crecimiento invernal es lento, lo cual se traduce en una producción de forraje tardía (Caradus 1994, Carámbula 2002). Contrariamente, las resiembras naturales producen forraje más temprano, lo que le permite ofrecer una mayor producción invernal y un crecimiento anticipado en otoño, debido a una germinación más temprana, un proceso rápido de nodulación y una mayor población de semillas.

Por varios meses, las plantas permanecen con hábito postrado en forma de roseta logrando que sus meristemas de crecimiento queden cerca del suelo y fuera del alcance de los animales, lo que posibilita a esta especie recibir pastoreos continuos sin inconvenientes aún en inviernos húmedos (Carámbula, 2002).

A medida que la temperatura aumenta, desarrolla tallos erectos y, a pesar de cambiar su hábito de crecimiento, no presenta problemas respecto al pastoreo. Se recomienda pastorear una vez que sus tallos alcanzan una altura de 15-20 cm, pero los animales deben ser retirados cuando éstos midan 10 cm aproximadamente (Carámbula, 2002).

El forraje de esta especie tiene una alta palatabilidad y valor nutritivo (Tekeli et al., 2005) y, según Carámbula (2002), presenta poco o ningún problema de meteorismo debido al alto tenor de taninos de sus hojas.

Debido a que el período de utilización es en los meses de invierno y primavera, lo cual coincide con el lapso en que la producción forrajera de la

región es más requerida, el manejo durante el pastoreo debe ser muy cuidadoso a fin de evitar el pisoteo excesivo (Costa et al., citados por Carámbula, 2002).

Para lograr una alta resiembra natural, que asegure su buena persistencia en las pasturas, es fundamental que se inicie en el primer año con un buen banco de semillas y germinaciones tempranas. Así obtendrá al segundo año, una producción de forraje más temprano en el otoño. Con este fin se debe reducir el período de utilización y retirar a tiempo los animales de la pastura para que pueda semillar nuevamente (Moraes et al., citados por Carámbula, 2002).

### 2.2.3. *Trifolium resupinatum*

El *Trifolium resupinatum* es una leguminosa anual invernal de porte semi-erecto. Se lo conoce habitualmente como “trébol persa” y tiene origen en la región del sur y centro de Europa, el Mediterráneo y el suroeste de Asia, siendo muy cultivado en las zonas frías de Irán y Afganistán y en otras regiones de Asia que presentan inviernos fríos (INIA, 2012).

Se caracteriza por tener hojas grandes, raíces robustas y muy ramificadas y tallos gruesos que alcanzan hasta los 90 cm de altura (INIA, 2012). Según Stockdale (1993), Tekeli et al. (2005), la leguminosa posee un alto valor nutritivo. Presenta una alta digestibilidad, con un elevado contenido de proteína bruta (entre 16 y 28%). Es una especie muy palatable, pero puede causar meteorismo (UPNA, s.f.).

Esta leguminosa se adapta a varios tipos de suelos, aunque crece mejor en bajos, texturas pesadas a livianas, suelos bien drenados y con buena aireación. Tolerancia rangos de pH desde 5 hasta 8 (Hoveland y Evers, 1995). Resiste a heladas intensas, permaneciendo verde, aunque tiene menor desarrollo con temperaturas bajas en la estación de invierno (INIA, 2012). Es de alta producción primaveral.

Se utilizan mayormente dos subespecies, *majus* y *resupinatum*, siendo la primera la más productiva. El cultivar más utilizado es el maral (subespecie *majus*, INIA, 2012).

El trébol persa puede ser sembrado entre marzo y agosto, aunque es más recomendable que se siembre temprano en otoño (marzo - abril) para aumentar la producción de forraje durante el invierno e inicios de primavera (INIA, 2010). Las siembras más tardías ocasionan menores producciones de forraje, pero son las más adecuadas si se destina a la producción de semilla fina. Con siembras tempranas (otoño) se obtienen producciones de 7000 a 8000 kg MS/ha/año, pudiendo alcanzarse rendimientos por encima de los

10000 kg MS/ha/año en años buenos: con inviernos no tan rigurosos y primaveras húmedas (INIA, 2012).

Se recomienda una densidad de entre 6 y 8 kg/ha para siembras puras y de 4 a 6 kg/ha si se siembra en mezcla con gramíneas. Tiene buena respuesta al fósforo, presentando un nivel crítico de 14 ppm (Bray I). Presenta buena capacidad de implantación en siembras al voleo en cobertura, aunque se obtiene mejor implantación si se utiliza siembra directa en línea (INIA, 2012).

La subespecie *majus* se utiliza mayormente para la obtención de forraje, realizándose los primeros cortes en la primavera. Dado que presenta un rebrote rápido, se le pueden realizar 2 a 3 cortes más si las condiciones climáticas y edáficas lo permiten. La subespecie *resupinatum* se usa generalmente para pastoreo, el cual se recomienda diferir para permitir la producción de semillas y asegurar la auto resiembra (UPNA, s.f.).

La introducción de esta especie con gramíneas (raigrás o avena), puede contribuir a obtener un verdeo con un ciclo más largo y mayor calidad, realizando el trébol un mayor aporte en el primer año y las otras especies en el segundo y tercer año (INIA, 2012). Además, el trébol persa representa una nueva opción para cobertura entre cultivos, ya sea en forma pura o en mezclas, logrando ingresar nitrógeno al sistema mediante la fijación biológica (INIA, 2012).

### 2.3. UTILIZACIÓN DE MEZCLAS FORRAJERAS

Según Carámbula (2002), se denomina mezcla forrajera a una población artificial integrada por diversas especies con características diferentes. Las plantas tienen diferencias en cuanto a características y exigencias, pero pueden ser complementarias y ofrecer una mayor producción asociadas respecto a un cultivo puro (Willemin, 1981).

En la mezcla se genera un proceso de interferencias que tiene distintos resultados como por ejemplo una mutua depresión de las especies, depresión de una especie frente a las demás, mutuo beneficio de las especies o nula interferencia entre especies (Carámbula, 2002).

Para optar por una mezcla frente a un cultivo puro, el forraje producido debería ser igual o mayor, la distribución estacional de la producción debería ser más uniforme, la calidad del forraje superior y el riesgo del meteorismo menor, siempre y cuando las condiciones climáticas favorezcan la vegetación de ambas especies (Soto, 1996).

Para algunos autores no existen evidencias de que las mezclas alcancen una mayor producción de forraje que una pastura pura (Rhodes, citado por Carámbula, 2007).



Sin embargo, Sleugh et al. (2000) sostienen que el cultivo de especies de leguminosas en mezcla con gramíneas se presenta como una alternativa atractiva para la producción de carne.

Según Carámbula (2007), al mezclar gramíneas y leguminosas anuales, se logra una pastura más balanceada y mejora la dieta proporcionada al animal, lográndose un forraje de alta calidad. Además, se obtiene el beneficio extra del ingreso de nitrógeno al sistema a través de la fijación biológica realizada por las leguminosas.

Mientras las gramíneas proporcionan glúcidos y potasio, las leguminosas contienen más nitrógeno, calcio y magnesio. A su vez, el pastoreo de una mezcla es menos delicado que el de pasturas con leguminosas puras de porte erecto, que presentan los puntos de crecimiento por encima del nivel del suelo (Soto, 1996).

Se ha demostrado que la mezcla de gramíneas y leguminosas suministrada como alimento a animales de altos requerimientos nutricionales, como por ejemplo vacas lecheras en producción o novillos en terminación, genera elevadas tasas de ganancia diaria (Carámbula, 2007).

Según Thompson y Stout (1992), la inclusión del trébol persa con cebada-raigrás aumenta la proteína y el contenido de materia seca digestible del forraje producido. El mayor valor nutritivo del forraje con trébol persa posiblemente tenga como resultado un aumento en el peso del ganado.

Lesama y Moojen (1999) recomiendan el uso de fertilizantes nitrogenados para aumentar la carga y la incorporación de leguminosas anuales a una gramínea para alcanzar ganancias individuales elevadas a través del incremento en la calidad de la dieta ofrecida.

Al momento de instalar una pastura, el objetivo es obtener una mezcla mixta bien balanceada de gramíneas y leguminosas. Esta mezcla se considera aceptable si está compuesta por 60 a 70% de gramíneas, 20 a 30% de leguminosas y 10% de malezas (Carámbula, 2002).

#### 2.4. EFECTO DEL AGREGADO DE NITRÓGENO SOBRE LA MEZCLA FORRAJERA

Este nutriente es fundamental en la actividad agropecuaria, ya que tiene gran influencia sobre el rendimiento y la calidad de los productos que se buscan obtener. A pesar de ser un elemento común en el planeta, es uno de los más limitantes para las plantas porque la mayor parte (cerca de 98%) se encuentra bajo formas orgánicas que no se hacen disponibles (Carámbula, 2002).

Para obtener altas productividades de materia seca en pasturas compuestas por gramíneas, se necesitan altas cantidades de nitrógeno. Por lo tanto, la baja disponibilidad de este nutriente es un factor limitante en la producción de forraje (Lesama y Moojen, 1999) y también afecta la persistencia y la calidad de la pastura (Newman y Sollemlinger, 2005).

El agregado de nitrógeno permite elevar el rendimiento en términos de materia seca y, además, acelerar el crecimiento, permitiendo pastoreos más tempranos (Van Burgh, citado por Carámbula, 2007). Asimismo, permite una mejor distribución de forraje según los requerimientos animales. En este sentido, la utilización de nitrógeno mineral en gramíneas ha aumentado tanto la producción de forraje (Lesama y Moojen, 1999) como la producción animal (Soares y Restle, 2002).

La respuesta de las gramíneas al agregado de nitrógeno es determinada por su capacidad de aumentar el número de macollos por planta y/o el tamaño de los mismos. A su vez, la respuesta al agregado de este nutriente varía según la estación del año, siendo en verano bastante mayor que en primavera (Rebuffo, 1994).

Es importante tener en cuenta que el uso indiscriminado de fertilizante nitrogenado puede llegar a provocar la acidificación del suelo, lo que causaría una dificultad para el desarrollo vegetal en el mismo (Carámbula, 2007).

Según Carámbula (2007), el tipo de sistema es lo que define de qué manera es utilizado el nitrógeno. En sistemas intensivos, generalmente, este nutriente proviene de fertilizantes sintéticos; en cambio, en sistemas extensivos, en que el nivel de utilización de insumos es bajo, muchas veces se utilizan leguminosas para obtener nitrógeno a través de la fijación biológica.

En condiciones normales de producción, las leguminosas juegan un rol fundamental en aumentar la cantidad de nitrógeno y, a su vez, la cantidad y calidad del forraje (Carámbula, 2007).

Según Campillo (2005), hay un estímulo para la utilización de leguminosas debido a su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y al alto costo de los fertilizantes nitrogenados. Además, cuando las leguminosas se descomponen, liberan nitrógeno a la solución del suelo, aumentando la disponibilidad de ese nutriente para la especie sembrada en la mezcla (Balbinot et al., 2008).

Según Balbinot et al. (2008), en un experimento realizado con una mezcla de avena negra, raigrás, trébol vesiculoso y *Vicia sativa*, la producción de materia seca fue afectada por el agregado de nitrógeno. Una aplicación de 100 kg de nitrógeno por hectárea significó un aumento de 1900 kg de materia

seca por hectárea (67% más que cuando no se utilizó este nutriente). Este aumento se debió a un mayor macollaje por parte de las gramíneas, a pesar de la presencia de leguminosas.

Así, es esperable que la utilización de nitrógeno en la mezcla favorezca a las gramíneas (Balbinot et al., 2008).

Es importante tener en cuenta que la respuesta al nitrógeno siempre es menor cuando se trata de una pastura mezcla de gramíneas y leguminosas que cuando es compuesta por gramíneas puras (Whitehead, citado por Carámbula, 2007).

Según Morrison, citado por Carámbula (2007), una mezcla sin fertilizar rinde en promedio lo mismo que una gramínea pura fertilizada con 150 a 200 kg/ha de N. Cuando se agrega nitrógeno a la mezcla, aunque a dosis bajas, la componente leguminosa puede reducirse. Del mismo modo cuanto mayor es la precocidad en primavera de la gramínea utilizada, mayor es la respuesta al nitrógeno, aunque también aumenta el efecto depresivo sobre la leguminosa en la mezcla.

#### 2.4.1. Efecto del nitrógeno en las variables morfo-genéticas de gramíneas

El nitrógeno afecta variables como el tamaño final de hojas, largo de pseudo tallos y tallos, densidad y peso promedio de macollos (Mazzanti et al., 1997).

A modo de ejemplo, trabajos en raigrás anual y avena mostraron la capacidad de incrementar la tasa de elongación foliar en forma exponencial en respuesta al agregado de nitrógeno con temperaturas mayores a 8 °C (Mazzanti et al., 1997).

En ambientes que no presentan limitaciones de nutrientes y agua, el nitrógeno produce un aumento en el número de macollos por planta y por unidad de superficie (Ferri et al., 2000).

En este sentido, una fertilización de 200 kg de N/ha/año produjo un aumento de 6,6 veces el número de macollos en pasturas de *Lolium perenne* que fueron defoliadas a intervalos de 4-5 semanas (Carámbula, 2002).

Gastal y Lemaire, citados por Mazzanti et al. (1997), no encontraron respuesta en la aparición de hojas frente al agregado de nitrógeno. Por otro lado, Anslow, citado por Mazzanti et al. (1997), demostró que, en situaciones de déficit severo de nitrógeno, con una fertilización nitrogenada, se incrementa la tasa de aparición de hojas en gramíneas forrajeras.

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

Uno de los factores que determina el éxito de la fertilización nitrogenada es la composición de gramíneas y leguminosas presentes en la mezcla. Se recomienda aplicar nitrógeno en pasturas mezcla que tengan alta producción, que sean dominadas por gramíneas y únicamente cuando las condiciones climáticas sean favorables para el crecimiento de la pastura (O'Connor et al., citados por Rebuffo, 1994).

Cuando las pasturas presentan dominancia de leguminosas generalmente no se espera una gran respuesta al agregado de N. Una menor población de gramíneas en pasturas mezcla limita severamente el potencial de respuesta y el N aplicado produce una sustitución de gramíneas por leguminosas (Mazzanti et al., 1997).

En un estudio utilizando verdeos de raigrás con trébol persa, se observó que el porcentaje de MS que representa el trébol en la mezcla es mayor sin N adicional y con una menor fertilidad del suelo inicial, ya que se favorece el crecimiento de la leguminosa sobre el crecimiento de la gramínea. También se concluyó que existe la posibilidad de reemplazar el fertilizante N por el trébol persa en verdeos mezclas si el N residual acumulado en el suelo cumple con los requisitos de la gramínea (Thompson y Stout, 1997).

Dentro de la composición botánica, el enmalezamiento es un factor clave para decidir la fertilización. El nivel de enmalezamiento de la pastura está inversamente relacionado al potencial de respuesta al agregado de N (Carámbula, 2004).

#### 2.4.3. Efecto de nitrógeno en la producción de materia seca

Se ha reportado que con mayores dosis de nitrógeno se incrementa la producción de forraje, hasta un máximo de 250 kg/ha de N. En raigrás y avena no se encuentran diferencias estadísticas en rendimiento a partir de 100 y 150 kg/ha de nitrógeno, donde los tratamientos fertilizados fueron aproximadamente tres veces superiores a los no fertilizados (Mazzanti et al., 1997).

Además, se observó que, ante un aumento en la producción, aplicaciones de nitrógeno en invierno, provocaron que la máxima acumulación de forraje de los verdeos se produzca entre 20 y 30 días antes (Agnusdei et al., 2001).

Zanoniani y Noel (1997) cuantificaron el grado de respuesta mediante rangos en verdeos de invierno, considerando una alta respuesta cuando se obtienen más de 25 kg de materia seca de forraje por cada kg de nitrógeno agregado, una respuesta media cuando se produce entre 10 y 25 kg de forraje

por kg de nitrógeno y una baja respuesta cuando se produce entre 5 y 10 kg de materia seca por kg de nitrógeno agregado.

El potencial de crecimiento se ve limitado por la disponibilidad de nitrógeno que aporta el suelo en determinada época del año (Fernández et al., Marino et al., citados por Mazzanti et al., 1997). Trabajos realizados por Kruger y Venanzi (2010) en Argentina determinaron que en suelos de alta fertilidad inicial (107 kg de N/ha en primeros 60 cm) no hay respuesta de la avena al nitrógeno agregado. Por lo contrario, sí existió respuesta con aplicaciones superiores a los 40 kg de N/ha en suelos de baja fertilidad (31 kg de N en los primeros 60 cm).

## 2.5. EFECTOS DEL PASTOREO

### 2.5.1. Aspectos generales del pastoreo

La pastura y el rumiante que pastorea en ella se relacionan mutuamente de manera dinámica. Por un lado, la performance animal está determinada por las características físico-químicas y morfológicas de las pasturas, ya que éstas determinan lo que el animal ingiere y, por otra parte, por la capacidad del animal de convertir lo ingerido en producto animal (Lucas, citado por Agustoni et al., 2008).

En segundo lugar, lo que el animal extrae de la pastura incidirá directamente en lo que queda como remanente, tanto en calidad como en cantidad, lo cual posteriormente afectará a la pastura según la capacidad de rebrote que tenga. Por estas razones y para tener una buena producción, se deben manejar correctamente los sistemas pastoriles (Lucas, citado por Agustoni et al., 2008).

Para realizar un adecuado manejo rotacional del pastoreo se requiere entender el comportamiento del rebrote que presentan las distintas especies luego de ciertos cambios en los principales procesos fisiológicos involucrados en la acumulación de forraje (Parsons y Penning, 1988).

Para una buena producción de forraje se debe tener en cuenta la intensidad y frecuencia de pastoreo, que tendrán implicancias sobre el comportamiento animal y el aprovechamiento de los recursos (Carámbula, 2007).

Las estrategias de manejo en cuanto a intensidad, frecuencia y oportunidad de uso tendrán un efecto directo sobre la composición botánica, la calidad de las especies forrajeras y el rendimiento de las mismas (Hernández Garay et al., citados por Velasco et al., 2005).

## 2.5.2. Parámetros que definen el pastoreo

### 2.5.2.1. Intensidad

La intensidad del pastoreo hace referencia al rendimiento de lo que fue cosechado por los animales en determinado período. Se representa con el rastrojo remanente que queda luego de finalizado el pastoreo. No sólo afecta el rendimiento de lo cosechado en ese momento sino que también condiciona el siguiente rebrote y, por lo tanto, la futura producción de forraje. Se considera defoliación severa cuando el animal extrae la mayor parte del área foliar y, según Parsons y Penning (1988), resulta en una eficiente utilización del forraje. De ese modo, una alta intensidad del pastoreo se traduce en una mayor cantidad de forraje cosechado, pero tiene desventajas en las producciones subsiguientes (Carámbula, 2007).

Es muy importante que el rastrojo que queda como remanente sea altamente eficiente. Para que ésto suceda, el rastrojo tiene que estar formado por hojas nuevas altamente fotosintéticas y bajo nivel de hojas senescentes para poder compensar temporariamente ese bajo índice de área foliar (Carámbula, 2004).

El manejo del pastoreo en distintas intensidades provocará cambios en la disponibilidad y en la estructura del forraje disponible para los animales (Zanoniani et al., 2006). Con pastoreos intensos se obtiene una menor producción, pero con una mayor utilización del forraje ya que se evitan pérdidas por senescencia y también debido a la mayor remoción de forraje verde (Soca y Chilibroste, 2008).

Según Langer (1981), si las pasturas son manejadas relativamente bajas, presentarán un follaje denso, verde y con buena digestibilidad durante todo el año, pero si se manejan demasiado bajas o con disponibilidad muy alta de forraje, la pastura se verá comprometida en cuanto a supervivencia y bajará su producción, deteriorándose significativamente

La intensidad de pastoreo afecta al número de plantas, el número de macollos y al peso de los mismos (Grant et al. 1981, Hogdson 1990, Fulkerson y Slack 1995, Saldanha et al. 2010). Para que no decaiga el crecimiento posterior, cada especie admite una mínima altura a la que se debe dejar el remanente. Así, las especies postradas admiten una menor altura de pastoreo que las especies erectas, aunque éstas pueden adaptarse parcialmente a un manejo intenso (Carámbula, 2007).

En este sentido, Carámbula (2007) recomienda pastorear las especies postradas hasta no menos de 2.5 cm y las erectas entre 5 y 7.5 cm para evitar daños graves en la pastura.

En conclusión, es importante llevar un manejo adecuado del rastrojo para obtener rebrotes más sanos y rápidos y, a su vez, dejar áreas foliares eficientes capaces de aprovechar al máximo la radiación incidente y de absorber más agua (Matthew, citado por Velasco et al., 2005).

#### 2.5.2.2. Frecuencia

En sistemas con pastoreos intermitentes, la frecuencia es una característica que define el sistema de manejo. Esta característica se define como el período de tiempo comprendido entre dos pastoreos sucesivos (Lemaire, 1997).

Por lo general, dado que las pasturas tienen una estación de crecimiento limitada según las especies que la forman, cuanto mayor sea el número de pastoreos, menor será el tiempo de crecimiento entre dos cortes sucesivos. Cuanto más corto sea el período entre dos cortes, menor será la producción de materia seca de la pastura (Jacques y Edmond, Chamblee et al., Peterson y Hogan, Parson y Davis, citados por Carámbula, 2004).

Cuando se realizan pastoreos demasiado frecuentes, la producción de reservas desciende, así como el peso de las raíces, lo cual se traduce en rebrotes más lentos y menor producción de forraje. De esta manera, las plantas se ven debilitadas y aumenta su susceptibilidad al ataque de enfermedades, pudiendo provocar su muerte (Formoso, 2000).

Por lo contrario, cuando los períodos de descanso son mayores, los rendimientos relativos de las pasturas son mayores debido a la recuperación de sus reservas (Langer, 1981).

La velocidad que tiene la pastura para alcanzar cierto volumen de forraje es lo que determina la longitud del período de crecimiento (para llegar a su IAF óptimo). En leguminosas se puede hacer una utilización más frecuente debido a que su IAF óptimo es menor al de las gramíneas (Carámbula, 2007).

El número de hojas es de suma importancia para definir la frecuencia de pastoreo. Según estudios realizados por Fulkerson y Slack (1995), el momento óptimo para realizar el pastoreo cuando inicia el rebrote, es cuando aparece la tercera hoja en gramíneas.

Cuando no se llega al IAF óptimo debido a una defoliación frecuente, aumenta la relación rojo/rojo lejano, lo que ocasiona el desarrollo de plantas con hojas cortas y altas densidades de tallos. Ocurre lo inverso cuando la pastura alcanza su IAF óptimo a través de defoliaciones menos frecuentes, aumentando la competencia por luz entre plantas, lo que se traduce en hojas largas y baja densidad de tallos (Mazzanti et al., 1994).

La promoción y la inhibición del macollaje se deben a estos cambios en la calidad de la luz. El aumento en la frecuencia de pastoreo permite incrementar tanto el porcentaje de utilización como la calidad del forraje producido (Fernández, 1999).

### 2.5.3. Efecto del pastoreo en la dinámica del crecimiento de gramíneas y leguminosas

Si se permite crecer de manera interrumpida a las pasturas puras o mixtas de gramínea y leguminosa, la producción de materia seca aumenta según lo hace la longitud de período de crecimiento. Este período en el que el rendimiento aumenta es distinto en gramíneas y leguminosas, sobre todo porque las mismas presentan una disposición espacial de las hojas diferente (Langer, 1981).

El rendimiento real máximo alcanzado depende principalmente de la energía luminosa que las plantas reciben, y ésta, así como la temperatura, disminuye en el período comprendido desde otoño hasta mediados de invierno. Cuando inicia la primavera, tanto la energía solar como la temperatura vuelven a aumentar y el rendimiento también aumenta hasta la floración de las gramíneas. Una vez que estas florecen, la producción de materia seca se vuelve muy lenta, la tasa de crecimiento de toda la pastura decae y puede hasta volverse negativa (Langer, 1981).

La optimización de los sistemas de pastoreo no puede darse sin tenerse en cuenta una maximización de la producción de forraje. Es una interacción explicada por tres factores: crecimiento, senescencia y consumo (Parsons, citado por Azanza et al., 2004).

La vida media foliar y la capacidad de macollaje son dos parámetros que se deben considerar para realizar un manejo adecuado de las pasturas. El tiempo que vive una hoja nos indica cuál será la frecuencia de defoliación que optimizará la eficiencia de cosecha del forraje. Las especies que tienen un recambio foliar más rápido son las de corta vida media y se deben pastorear más frecuentemente si se las compara con especies de mayor vida media foliar. Este factor también está afectado por la temperatura del ambiente, de manera que en primavera el recambio foliar es más rápido que en el invierno e intermedio en otoño (Agnusdei et al., 1998).

La relación existente entre la estructura de la pastura, la producción y la utilización de forraje está explicada por el IAF (relación entre el área de las hojas de un cultivo y el área de suelo que ocupa). La productividad neta máxima está ubicada en un rango de índice de área foliar de 3-5 para gramíneas. La productividad se ve limitada con IAF menores, debido a que se intercepta menos luz, y con IAF mayores, ya que se producen importantes gastos de



energía por respiración y pérdidas por senescencia (Davies, Parsons, Chapman y Lemaire, citados por Gastal et al., 2004).

Las especies menos sensibles al pastoreo son las que tienen un área foliar remanente mayor, siempre y cuando sea fotosintéticamente eficiente, dado que las plantas pueden restablecer antes su actividad fotosintética (Bommer, citado por Carámbula, 2004).

Existen grandes diferencias en cuanto a las consecuencias que provocan los pastoreos en leguminosas y gramíneas. Con una altura igual de rastrojo remanente, las gramíneas interceptan menos luz (por la disposición de sus hojas) que las leguminosas; esto lleva a que se recuperen más lentamente luego de un corte. También es posible encontrar estas diferencias entre los tipos de gramíneas erectos y postrados (Carámbula, 2002).

Sin embargo, aunque las leguminosas y las gramíneas postradas tienen rebrotes más rápidos, llegan antes a su IAF óptimo, logrando menores rendimientos de forraje que las gramíneas erectas. Se podría afirmar entonces que los mayores rendimientos de forraje se dan con manejos más aliviados de gramíneas de porte erecto (Carámbula, 2002).

Según Heitschmidt (1984), las plantas de porte erecto aumentan su producción y su persistencia proporcionalmente con los períodos de descanso. Por lo tanto, se obtienen mayores producciones por hectárea en manejos rotativos en comparación con pastoreos continuos.

En manejos aliviados de pasturas, el follaje está constituido principalmente por hojas viejas con actividad fotosintética reducida. Este manejo se justifica cuando existen gramíneas con poco desarrollo de nuevos macollos, en que la mayoría de las hojas jóvenes se encuentran en el estrato superior de la pastura. Por lo contrario, en especies leguminosas, es perjudicial porque el exceso de follaje sombreará las hojas nuevas (que salen de abajo) y pueden sufrir una fuerte desecación, provocando el cierre de estomas y disminuyendo la eficiencia fotosintética de las hojas (Pearce et al., 1965).

En pastoreos intensos que remueven los tejidos meristemáticos de las plantas, el restablecimiento del área foliar se verá retrasado, ya que el rebrote se realizará a partir de las yemas axilares (Briske, citado por Cullen et al., 2006).

Se puede concluir que, en una mezcla de gramíneas y leguminosas, las leguminosas se van a ver favorecidas con pastoreos frecuentes y con poco nitrógeno en el suelo, mientras que las gramíneas, con pastoreos poco frecuentes y con un alto nivel de nitrógeno. Por lo tanto, para alcanzar un buen

balance entre gramíneas y leguminosas, se recomiendan pastoreos frecuentes y altos niveles de nitrógeno en el suelo (Carámbula, 2002).

#### 2.5.4. Efectos del pastoreo sobre la fisiología de las plantas

El efecto de la intensidad y frecuencia del pastoreo genera respuestas en las plantas que involucran procesos en la interface planta-animal. En el corto plazo suceden respuestas fisiológicas debido a la reducción de carbono suministrado para las plantas, lo que se debe a la pérdida de parte del área fotosintética. En el largo plazo existen respuestas morfológicas que le proporcionan a la planta una adaptación en su arquitectura y, así, le permiten escapar de la defoliación (Briske, citado por Azanza et al., 2004).

Luego de un pastoreo, la prioridad de la planta se dirige a maximizar la velocidad de rebrote haciendo uso eficiente de la energía remanente post defoliación con la finalidad de restablecer lo antes posible un balance positivo de fijación de energía (Chapin et al., Richards, citados por Formoso, 1996).

El rebrote llega a un tamaño y actividad que le permite la producción de las máximas tasas de incremento de materia seca aérea, alcanzando el índice foliar óptimo e interceptando el 90% o más de la radiación fotosintéticamente activa (Simpson y Culvenor, citados por Formoso, 1996).

Cuando las tasas de incremento del forraje empiezan a disminuir, la fijación y translocación de energía sobrepasa la demanda de los meristemos refoliadores de la parte aérea y la energía excedente es dirigida a restablecer el nivel de reservas que se utilizó previamente (Smith, citado por Formoso, 1996).

##### 2.5.4.1. Efectos sobre el rebrote

El rebrote de las pasturas depende de si hay o no eliminación del meristema apical, del nivel de carbohidratos en el rastrojo remanente y del área foliar remanente con eficiencia fotosintéticamente activa (Cangiano, 1997).

Los carbohidratos de reserva son elaborados por las plantas mediante la fotosíntesis y son almacenados en los estolones, raíces, rizomas y bases de macollos. Como se ha mencionado, la acumulación neta de materia seca durante el rebrote varía según la intensidad de defoliación (Parga y Nolberto, citados por Albano et al., 2010).

El manejo aliviado y frecuente realizado en especies invernales anuales generalmente se asocia a velocidades de rebrote lentas debido a la alta frecuencia de cortes. El obtener material más nuevo generalmente implica mayor calidad del forraje (Formoso, 2010).

Con altas asignaciones de forraje, el remanente luego del pastoreo es bajo y el rebrote depende principalmente de las reservas de carbohidratos, por lo que la producción de materia seca será menor (Almada et al., 2007).

#### 2.5.5. Efectos del pastoreo sobre la producción de materia seca

Tanto la curva que representa el crecimiento de una plántula desde semilla a planta adulta, como la de crecimiento de una planta adulta luego de recibir un pastoreo, son sigmoides. En ellas se pueden diferenciar tres etapas: la primera de crecimiento lento, la siguiente de crecimiento rápido y la última de escaso crecimiento (Mc Meeckan, citado por Carámbula, 2004).

Según Carámbula (2004), el mayor rendimiento en cuanto a producción de la pastura se da si se mantiene el mayor tiempo posible la etapa de máximo crecimiento, lo cual se puede lograr con pastoreos en dicha etapa que permitan obtener un rebrote rápido. De esta manera, se busca un balance en la defoliación que permita un consumo adecuado de los animales, un bajo porcentaje de material muerto y la presencia de muchas hojas con buena capacidad fotosintética.

Según Almada et al. (2007), la producción de materia seca aumenta a medida que la asignación de forraje alcanza una asignación máxima de 8% de peso vivo. Luego de ese punto, la producción empieza a decrecer por un gran aumento de la tasa de senescencia y la consecuente reducción en la tasa de crecimiento.

#### 2.5.6. Efectos del pastoreo sobre la composición botánica

Se ha demostrado mediante varios estudios que la intensidad y frecuencia del pastoreo influyen mucho sobre la composición botánica y la densidad de la pastura (Heitschmidt, 1984).

La composición botánica afecta en gran medida la selectividad animal. Frente a una mezcla, los animales tienden a elegir pastorear las leguminosas ante las gramíneas, debido a que son más apetecibles (Carámbula, 2004). El mayor valor nutritivo y el consumo más elevado de las leguminosas en relación a las gramíneas es consecuencia de una serie de factores, que incluyen mayor tasa de quiebre de las partículas y digestión ruminal, mayor cantidad de nitrógeno no amoniacal alcanzando el intestino delgado y mayor eficiencia de la utilización de la energía (Laidlaw y Teuber, citados por Rocha et al., 2003).

Por esta razón, se debería realizar un manejo que no permita una excesiva acumulación de restos secos en las gramíneas para lograr una mayor persistencia de las leguminosas (Carámbula, 2004). Se debe apuntar a lograr un equilibrio entre los componentes, con un buen rendimiento en cuanto a

producción de forraje de calidad y menor riesgo de meteorismo y desbalances nutricionales (Millot et al., 1987).

Según Langer (1981), los períodos de descanso prolongados, con un crecimiento vigoroso del componente gramínea de la pastura, aumentan la producción de materia seca, pero deprimen a los tréboles más que si se aumentara la frecuencia de pastoreo.

Existen momentos críticos para la pastura durante el año, en los que, tanto, un período prolongado de descanso como un pastoreo intenso, pueden alterar la composición botánica de la pastura. En general, los pastoreos aliviados durante el período de alto potencial de crecimiento favorecerán la predominancia del componente gramínea en la pastura (Jones, citado por Barthram et al., 1999).

## 2.6. PRODUCCIÓN ANIMAL

### 2.6.1. Aspectos generales de la producción animal

La principal variable que modifica el resultado físico y económico de un ecosistema pastoril y la persistencia de una pastura sembrada es la carga animal. La carga puede manejarse a través del balance entre tasa de crecimiento, senescencia y consumo por parte de los animales. Lo que normalmente se conoce como intensidad de pastoreo es la expresión de la presión de pastoreo, que es el efecto de la carga animal (Mott, citado por Chilbroste et al., 2005).

Por un lado, una carga alta tiene un efecto negativo sobre la morfogénesis y estructura de las plantas, el que es causado por la intensidad de pastoreo. Ésta puede generar una reducción en la tasa de crecimiento de las pasturas. Por otro lado, menores cargas tienen un efecto negativo en la tasa de crecimiento, explicado por una mayor cantidad de restos secos acumulados (Lemaire y Chapman, citados por Chilbroste et al., 2005).

Un aumento de la carga mejora la utilización del forraje producido y eleva la producción de carne por hectárea, pero provoca pérdidas en el peso individual. Según Mott (1960), la menor disponibilidad de forraje por animal pasa a limitar el consumo e incrementa los costos energéticos de la actividad de pastoreo por unidad de forraje consumido. Dentro de un cierto rango de cargas, la menor producción individual se compensa por el aumento de los animales por hectárea, pero esta situación puede ser limitante en circunstancias en las que se desea, además, obtener buenas ganancias individuales (Simeone y Beretta, 2008).

La eficiencia de conversión del forraje a carne es máxima cuando el consumo es máximo. Pero existe una relación negativa entre la cosecha de

forraje y la conversión a producto animal. Si ésta es muy alta, puede tener consecuencias negativas en el consumo por animal y, por lo tanto, en las ganancias individuales (Escuder, 1996).

### 2.6.2. Relación entre consumo, disponibilidad y altura

La relación existente entre consumo de materia seca y cantidad de forraje gráficamente se expresa como una línea curva que tiende asintóticamente a un máximo. En la gráfica existe una parte ascendente donde lo que limita el consumo es la capacidad del animal de cosechar forraje (factores no nutricionales). La capacidad de cosecha animal incluye el tiempo de pastoreo (minutos/día), la tasa de bocados (bocados/minuto), el peso de bocado (gramos), y se ve afectada por la selección de la dieta y la estructura de la pastura. En la parte asintótica de la curva, los factores determinantes del consumo son nutricionales, como la digestibilidad, el tiempo de retención en el rumen y la concentración de productos metabólicos (Poppi et al., citados por Cangiano, 1997).

Se estima una contribución relativa de un 70% del consumo y un 30% de la digestibilidad a la producción animal en rumiantes, tanto en gramíneas como leguminosas. Por lo tanto, en sistemas pastoriles, los factores no nutricionales (ingestivos) son de suma relevancia para lograr una buena performance animal. En segundo orden, aparecen los factores nutricionales o digestivos (Crampton et al., citados por Waldo, 1986).

La altura y la densidad de la pastura afectan la capacidad de cosecha por parte del animal (Poppi et al., citados por Cangiano, 1997). El peso de bocado disminuye ante un descenso de la altura de la pastura (Laca et al., citados por Cangiano, 1997), mientras que el tiempo de pastoreo y la tasa de bocados tienen una tendencia a aumentar hasta un cierto valor en el cual la compensación no es suficiente para evitar una disminución en la tasa de consumo (Hodgson, Burlison, citados por Cangiano, 1997).

### 2.6.3. Relación entre la oferta de forraje y el consumo

En la medida que disminuye la oferta de forraje, hay una reducción en el consumo de los animales debido a un incremento en la dificultad de aprehensión e ingestión del forraje (Jamieson y Hodgson, 1999).

Se sabe que, en presencia de exceso de forraje y heterogeneidad de la pastura, existe selección por parte de los animales: generalmente los bovinos y ovinos prefieren consumir hojas antes que tallos, o materiales verdes y jóvenes frente a los maduros o muertos. A medida que las partes de mayor preferencia para los animales disminuyen su disponibilidad, se tiende a ver afectada su tasa de consumo. Así, se ha observado en bovinos que, ante la presencia de tallos

florales en gramíneas cespitosas, la cantidad de forraje cosechado se ve afectada de forma negativa (Ganskopp et al., citados por Cangiano, 1997).

Cuando el forraje presenta hojas de alta calidad y tallos de un valor nutritivo menor, al aumentar la presión de pastoreo, se puede lograr que aumente la eficiencia de cosecha, ocasionando que los animales consuman más tallos. Ésto tiene como consecuencia un efecto negativo sobre la producción (Frasinelli, citado por Escuder, 1996)

Tanto en pastoreo continuo como en rotativo, se puede alcanzar el máximo consumo potencial para una determinada pastura. Los animales que ingresan primero a las pasturas presentan mayores ganancias individuales, ya que pueden realizar una mayor selección. Mediante el pastoreo continuo, se pueden alcanzar al inicio ganancias individuales similares debido a que la selectividad también será alta. No obstante, el pastoreo rotativo, al ejercer un mayor control de la defoliación, le permite a la pastura un mayor crecimiento y mayores oportunidades de selección a medida que transcurre la estación de pastoreo (Blaser, citado por Escuder, 1996).

## 2.7. PRODUCCIÓN DE VERDEOS CON AGREGADO DE NITRÓGENO Y/O LEGUMINOSAS

Cuadro No. 1. Efecto del agregado de nitrógeno y/o leguminosas sobre la producción de verdes de invierno.

Variables	Tratamientos				Autores
	Gramínea pura	Gramínea + N	Gramínea + leguminosa	Gramínea + leguminosa + N	
FD (kg MS/ha)	1533 a	1461 a	s/d	1414 a	Rocha et al. (2003).
	1477 B	3348 A	3137 A	3220 A	Thompson y Stout (1997).
G (kg/animal)	s/d	0,73 a	s/d	0,79 a	Rocha et al. (2003).
	s/d	0,84 B	0,93 B	1,09 A	Lesama y Moojen (1999).
GPV (kg/ha)	s/d	534 a	s/d	485 a	Rocha et al. (2003).
	s/d	650 A	516 B	720 A	Lesama y Moojen (1999).

FD = forraje disponible; GD = ganancia diaria; GPV = ganancia de peso vivo; Av = avena negra; Rg = raigrás; Tv = trébol vesiculoso; Tp = trébol persa; s/d = sin datos.

Para estudiar el efecto del agregado de nitrógeno y leguminosas sobre la producción de gramíneas invernales, Rocha et al. (2003) utilizaron un verdeo de avena y raigrás, agregándole, por un lado, 300 kg/ha de N y por otro, trébol vesiculoso más 150 kg/ha de N. El trabajo de Lesama y Moojen (1999) además evalúa el efecto de este trébol sin fertilizar. Por otra parte, Thompson y Stout (1997) sembraron raigrás puro y experimentaron agregarle 200 kg/ha de N, trébol persa o la combinación de ambos (cuadro 1).

En los trabajos analizados no se observan diferencias en producción de forraje por el agregado de leguminosas (con o sin N) a las gramíneas fertilizadas. Sin embargo, Kunelius y Narasimhalu (1983), encontraron rendimientos superiores de las gramíneas con agregado de N frente a las mezclas, pero explican que esto varía de acuerdo al crecimiento logrado de las leguminosas y al efecto del N sobre la gramínea.

En su estudio con trébol persa, Thompson y Stout (1997), reportaron que la incorporación de la leguminosa al raigrás proporcionó el 94% del rendimiento total respecto al agregado fertilizante N. El trébol persa era más alto en proteína cruda y digestibilidad de materia seca que el raigrás, por lo que su adición tendió a mejorar el valor nutritivo de la mezcla. Esto fue logrado sin necesidad de agregar nitrógeno. El estudio muestra que el trébol persa es una adición valiosa a mezclas de cebada y raigrás: reduce las necesidades de fertilizantes, mejora el rendimiento a mitad de temporada y el valor nutritivo del forraje.

Estudiando verdeos de gramíneas de invierno, Lesama y Moojen (1999), encontraron que, ante una disponibilidad alta y estable de forraje (que mantuvo estable el tiempo de pastoreo y la tasa de consumo), con la incorporación de leguminosas y nitrógeno, se logró una mejor estructura de la pastura, lo cual se tradujo en una superior ganancia diaria de los animales. Se evidencia entonces que las diferencias en cuanto a producción animal son reflejo, en primer momento, de la cantidad de MS producida y, enseguida, de su calidad. Respecto a la eficiencia de conversión, fueron necesarias menores cantidades de MS por kg de producto animal en los tratamientos con presencia del componente trébol vesiculoso. La ganancia de peso vivo por hectárea reflejó la producción de las pasturas y su calidad.

Rocha et al. (2003) sostienen que la ausencia de diferencias en la ganancia diaria de los animales por el agregado de nitrógeno o leguminosas

más nitrógeno se produjo debido a que tuvieron la misma oportunidad de selección en pastoreo. Ésta fue proporcionada por la disponibilidad de forraje similar entre los tratamientos y dentro del rango requerido para el máximo desempeño animal, que en especies templadas se sitúa entre 1200 a 1600 kg/ha de MS. Por debajo de esos valores el consumo puede verse afectado (Mott, 1960). Además, la baja contribución de la leguminosa a la MS de la mezcla puede haber sido determinante de la falta de superioridad en ganancia diaria.

Los tratamientos también lograron similares ganancias de peso vivo por hectárea, pero la alternativa trébol + 150 kg N/ha representó la alternativa más eficiente económicamente en la recría de vaquillonas sobre raigrás y avena para las condiciones del sur de Brasil (Rocha et al., 2003).



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES

##### 3.1.1. Lugar y período experimental

El presente trabajo se efectuó en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Paysandú, Uruguay), en el potrero No. 32b (32° 23'27,71" latitud Sur y 58° 03'41,76" longitud Oeste), durante el período comprendido entre el 22 de julio y el 30 de noviembre del año 2016.

##### 3.1.2. Información meteorológica

El clima en Uruguay es de templado a subtropical (Durán, 1985) y se caracteriza por tener un promedio de precipitaciones anuales de 1200 mm, con una distribución de un 30% en verano, 28% en otoño, 18% en invierno y 24% en primavera.

La temperatura promedio en nuestro país varía en torno a los 16 °C en el sureste y a los 19 °C en el norte. En el mes más caluroso (enero), las temperaturas oscilan entre 22 °C y 27 °C, mientras que en el mes más frío (julio), las temperaturas son de 11 °C en el sureste y de 14 °C en el norte (Berreta, 2001).

##### 3.1.3. Descripción del sitio experimental

Según la descripción de la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay, escala 1:1.000.000 (Altamirano et al., 1976), el sitio experimental se ubica sobre la Unidad San Manuel, que corresponde a la formación geológica Fray Bentos. Los suelos que predominan son Brunosoles Éútricos Típicos (Háplicos), superficiales a moderadamente profundos de textura limo-arcillosos (limosa), asociados a suelos Brunosoles Éútricos Lúvicos de textura limosa y Solonetz solodizados melánicos de textura franca.

##### 3.1.4. Antecedentes del área experimental

El verdeo bajo estudio se sembró el 2 de abril de 2016 sobre una pradera artificial de 5 años dominada por la especie *Cynodon dactylon*. Una vez implantado, cuando los tréboles desarrollaron tres hojas verdaderas, se aplicaron 400 cc/ha del herbicida Preside para el control de malezas.

La densidad de siembra del verdeo puro de *Lolium multiflorum* fue de 19,62 kg/ha, compuesto por los cultivares Sabroso (27%), E284 (20%), Moroy (17,5%), Bracelim (6%). La mezcla forrajera sembrada a una densidad de 17,71 kg/ha fue "Speed mix", compuesta por 70,5% de *Lolium multiflorum* (mismos

cultivares que el verdeo puro), 23,5% de *Trifolium resupinatum* (cultivar Maral) y 6% de *Trifolium vesiculosum* (cultivar Sagit).

Se realizaron 2 fertilizaciones: la primera, el 18 de mayo en toda el área experimental; y la segunda, el 16 de agosto en una mitad del área (bloque 1) y el 10 de septiembre en la otra mitad (bloque 2). Se utilizaron dosis fijas de urea de 70 kg/ha. En la primera fertilización también fueron aplicados 40 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en toda el área.

### 3.1.5. Tratamientos

Los tratamientos estudiados fueron los siguientes:

- 1) raigrás puro sin fertilización nitrogenada;
- 2) raigrás puro con fertilización nitrogenada (64 kg N/ha);
- 3) raigrás en mezcla con leguminosas (*Trifolium resupinatum* y *Trifolium vesiculosum*) sin fertilización nitrogenada;
- 4) raigrás en mezcla con leguminosas (*Trifolium resupinatum* y *Trifolium vesiculosum*) con fertilización nitrogenada (64 kg N/ha).

El principal criterio para el manejo de pastoreo fue mantener una misma asignación de forraje (5,5%) entre tratamientos. Así, las parcelas fueron pastoreadas por 3 novillos de raza Holando de aproximadamente 18 meses de edad, que tenían un peso individual promedio inicial de 261,5 kg. En uno de los tratamientos fue necesario utilizar un novillo volante, el cual nunca pastoreó otro tratamiento para evitar el traslado de nutrientes entre los mismos. El primer pastoreo se realizó el 21/07/2016.

El método de pastoreo fue rotativo y se utilizó como criterio para el cambio de franja una intensidad de 5 cm.

### 3.1.6. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completamente al azar con un arreglo factorial de 2x2. El área experimental fue de 3,47 hectáreas. Se realizaron dos bloques para que cada tratamiento pudiera contar con dos repeticiones. En este sentido, cada bloque se dividió en cuatro parcelas, recibiendo cada una, al azar, uno de los tratamientos que se mencionaron anteriormente.

Figura No. 1. Croquis de la disposición de los bloques y tratamientos del diseño experimental.

Bloque 2	Raigrás	Raigrás 64	Mezcla 64	Mezcla
	0,41	0,43	0,43	0,45
Bloque 1	0,47	0,46	0,44	0,38
	Mezcla 64	Raigrás 64	Mezcla	Raigrás

### 3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Las variables estudiadas en el presente trabajo fueron: la producción de materia seca de los tratamientos, la composición botánica de los mismos durante el período experimental, la ganancia de peso individual de los animales y la producción en kg de peso vivo por hectárea.

#### 3.2.1. Mediciones de las principales variables

##### 3.2.1.1. Forraje disponible y rechazado

Se entiende como forraje disponible la cantidad de forraje expresada en kg/ha de materia seca antes de la entrada de los animales a la parcela, y el remanente se define como el forraje presente una vez que se retiran los animales de la misma.

Para efectuar la medición de ambas variables se empleó el método de doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975), el cual consiste en la utilización de una escala de apreciación visual según la heterogeneidad de la pastura de cinco puntos de escala, siendo 5 el punto con mayor disponibilidad de forraje y 1 el de menor disponibilidad, el 3 el intermedio entre los nombrados anteriormente y de la misma forma se marcaron los puntos 2 y 4 de dicha escala.

Dentro del área asignada a cada tratamiento se efectuó un corte al ras del suelo para cada punto de la escala, y dos repeticiones más de cada una de ellos, previa lectura de su altura, haciendo uso de una trincheta, dentro de cuadros de 50 cm de largo y 20 cm de ancho. Por lo tanto, se obtuvieron un total de 15 muestras por tratamiento para el disponible e igual cantidad de

muestras para el remanente, las cuales fueron pesadas en fresco y luego se colocaron en estufa con circulación forzada de aire a 60 °C durante 48 horas para obtener su peso seco.

Previo a los cortes, se determinó la altura de la pastura mediante tres mediciones dentro del cuadro en forma diagonal registrándose la altura donde la hoja verde más alta toca la regla (una en el centro del rectángulo y las otras dos en cada extremo), promediándose para obtener un dato por punto de muestreo. Luego, se ajustó una ecuación de regresión entre las mediciones de altura de la pastura (cm) y peso seco (kg MS/ha). Colocando los valores de altura, medidos más adelante en cada parcela (40 mediciones en cada una), como variable independiente de esta ecuación, se pudo realizar el cálculo de la cantidad de forraje disponible o remanente por hectárea con mayor exactitud.

#### 3.2.1.2. Altura del forraje disponible y remanente

La altura del forraje disponible es la altura promedio (en cm) del forraje en la parcela antes del pastoreo, y la altura del remanente correspondió a la altura promedio (en cm) del forraje en la parcela una vez culminado el mismo.

La medición se realizó conjuntamente con la composición botánica, ubicando el cuadro cada 2 metros en la parcela y en forma diagonal. En total, se realizaron 40 mediciones con regla por parcela.

Con estos datos, se promedió la altura de cada parcela y se calculó el forraje disponible mediante la sustitución en la ecuación obtenida.

#### 3.2.1.3. Producción de forraje

La producción de forraje en kg de materia seca por hectárea es la diferencia entre el forraje disponible y el remanente del pastoreo anterior, ajustada por la tasa de crecimiento de la pastura durante el período de pastoreo. La tasa de crecimiento de la pastura fue calculada dividiendo el forraje producido entre los días en que dicha pastura no fue pastoreada (o sea dos pastoreos consecutivos).

#### 3.2.1.4. Materia seca desaparecida

Es la cantidad de materia seca que desaparece durante el pastoreo. Se calcula a través de la diferencia entre el forraje disponible y el remanente.

#### 3.2.1.5. Porcentaje de utilización (del forraje desaparecido)

Se entiende porcentaje de utilización como la cantidad de materia seca que desaparece en relación a la que había disponible. Se calculó mediante la

relación entre la materia seca desaparecida y el forraje disponible previo al inicio del pastoreo.

#### 3.2.1.6. Composición botánica

La composición botánica es la partición porcentual de cada fracción (gramíneas, leguminosas y malezas) dentro de la mezcla forrajera. Este parámetro se determinó a través del método de cobertura de área de Brown-Blanquet desarrollado en 1950, mediante apreciación visual dentro del rectángulo, estimando la composición de gramíneas, leguminosas, malezas y restos secos. Se realizaron 40 mediciones en cada parcela.

#### 3.2.1.7. Peso de los animales

El peso de los animales se midió de manera individual utilizando una balanza electrónica. Las pesadas fueron realizadas los días 21/07, 08/08, 14/09, 20/10 y 3/11 de 2016. Se efectuaron con previo ayuno y en restricción de agua.

#### 3.2.1.8. Ganancia media diaria

La ganancia media diaria de peso (kg/animal/día) se obtuvo dividiendo la ganancia total en el período de estudio (peso vivo final menos peso vivo inicial) sobre el número de días comprendidos.

#### 3.2.1.9. Producción de peso vivo

Para obtener la producción de carne por hectárea, se dividió la ganancia total (peso vivo final menos peso vivo inicial) por el área (ha). Este cálculo se realizó para cada uno de los cuatro tratamientos.

### 3.3. HIPÓTESIS

#### 3.3.1. Hipótesis biológica

En el marco biológico, la hipótesis planteada se basa en que el agregado de leguminosas y/o la fertilización nitrogenada a un verdeo invernal aumentan la producción neta de materia seca y la calidad en lo que se refiere a producción primaria. También tienen impacto en la producción secundaria medida en kg de peso vivo animal.

#### 3.3.2 Hipótesis estadística

Ho:  $t_1=t_2=t_3=t_4=0$

Ha: existe al menos un efecto de tratamiento diferente.

### 3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó el análisis de varianza entre tratamientos mediante el paquete estadístico Infostat y, en los casos en que se encontraron diferencias entre tratamientos, éstas se estudiaron a través del análisis comparativo de medias de Tukey con una probabilidad del 10%.

#### 3.4.1. Modelo estadístico

##### 3.4.1.1. Modelo para el análisis de la producción vegetal

$$\hat{Y}_{ijkl} = \mu + M_i + N_j + (M*N)_{ij} + E_k + (M*E)_{ik} + (N*E)_{jk} + (M*N*E)_{ijk} + b_j + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:  $\mu$  es la media general;  $M_i$  es efecto de la mezcla;  $N_j$  es el efecto de la fertilización;  $(M*N)_{ij}$  es el efecto de la interacción mezcla con el fertilizante;  $E_k$  es el efecto de la estación;  $(M*E)_{ik}$  es la interacción entre estación y mezcla;  $(N*E)_{jk}$  es la interacción entre estación y fertilización;  $(M*N*E)_{ijk}$  es el efecto de la estación en la interacción mezcla-fertilización;  $b_j$  es el efecto del bloque y  $\varepsilon_{ijkl}$  es el error experimental.

##### 3.4.1.2. Modelo para el análisis de los animales

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + Feck + (T_i*Fec)_{ik} + (\beta_1 PI)_{ik} + \varepsilon_{ij}$$

Donde:  $\mu$  es la media general;  $T_i$  es efecto del tratamiento;  $Feck$  es el efecto del momento;  $(T_i*Fec)_{ik}$  es la interacción entre momento y el tratamiento;  $\beta_1$  el coeficiente de regresión de la co-variable;  $PI$  es el peso inicial de los animales y  $\varepsilon_{ijkl}$  es el error experimental.

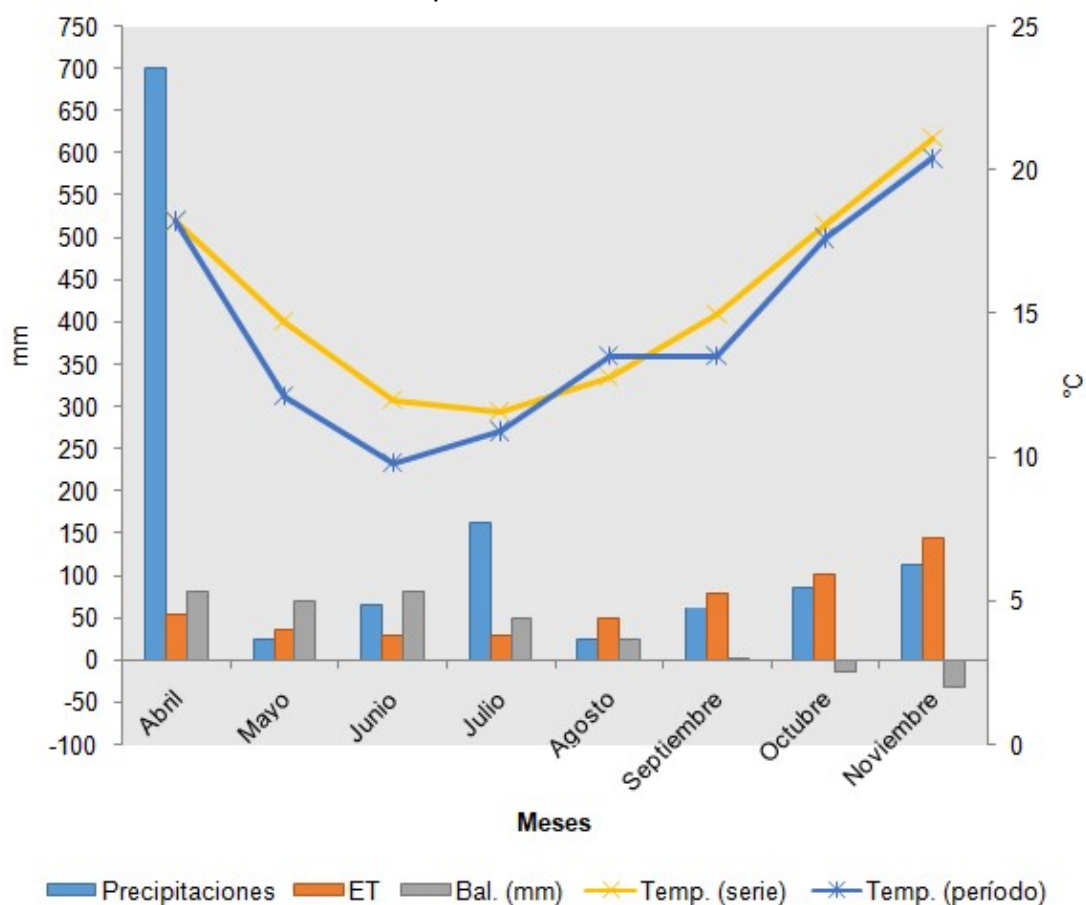
## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. DATOS METEOROLÓGICOS

A continuación, se presentan datos de temperaturas y precipitaciones correspondientes al año en que se llevó a cabo el período experimental (2016), en comparación con los datos de la serie histórica entre 2002 y 2014.

#### 4.1.1. Temperatura

Figura No. 2. Temperaturas medias y balance hídrico de 2016 en comparación con la serie 2002-2014



Como se puede observar en el gráfico, la tendencia que sigue la temperatura mensual del año 2016 es similar a la de la serie de años comprendidos entre 2002 y 2014.

Las temperaturas medias del período experimental variaron entre 9,8 °C y 20,4 °C, mientras que en la serie 2002-2014 las temperaturas oscilaron entre 11,6 °C y los 21,1 °C. Se podría decir, entonces, que 2016 fue un año más frío que el promedio, especialmente en los meses de otoño e invierno, en los que se encontraron diferencias de entre 1 °C y 3 °C por debajo de la serie histórica. Además, se destaca una gran caída de la temperatura de abril a mayo, de aproximadamente 6 °C, siendo ésta normalmente de 3 °C.

#### 4.1.2. Precipitaciones

En la figura anterior se puede observar que en el año en estudio hubo un exceso hídrico en otoño, concentrado principalmente en el mes de abril, con precipitaciones de aproximadamente 700 mm. En el período invierno-primaveral hubo una disminución de las lluvias, sobre todo en los meses de agosto, setiembre y octubre.

Contemplando el exceso hídrico que generaron las precipitaciones al comienzo de la etapa de crecimiento de las pasturas evaluadas, se podría suponer que existieron ciertas dificultades en lograr una buena implantación de la pastura.

Para el resto de los meses del período experimental, el registro de precipitaciones se mantuvo similar al promedio histórico, salvo en agosto, en el cual se registraron precipitaciones muy por debajo del promedio. Este pequeño déficit hídrico al comienzo de la primavera pudo generar una disminución en la producción de materia seca, la cual alcanza sus máximos en esta estación.

### 4.2. PRODUCCIÓN DE FORRAJE

#### 4.2.1. Forraje disponible

A continuación, se presentan los datos de forraje disponible promedio para cada tratamiento, expresados tanto en kg de materia seca por hectárea como en altura en centímetros.

A partir del siguiente cuadro se puede afirmar, con un porcentaje de confianza mayor a 90, que el tratamiento de raigrás fertilizado (Rg 64) presentó mayor disponibilidad de forraje que el no fertilizado (Rg 0) y la mezcla fertilizada (Mezcla 64), y similar disponibilidad que la Mezcla 0, siendo todos los valores superiores al rango requerido para lograr un consumo que no imponga límites al desempeño animal en especies templadas (1200-1600 kg MS/ha, Mott, citado por Gomes de Rocha et al., 2003).



Cuadro No. 2. Disponibilidad promedio de forraje en kg MS//ha

Tratamiento	Disponible (kgMS/ha)
Rg 64	3125 A
Mezcla 0	2701 AB
Mezcla 64	2252 B
Rg 0	2163 B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,10$ ).

La ausencia de diferencias en disponibilidad de MS entre la mezcla y el raigrás puro coincide con los resultados de Rhodes, citado por Carámbula (2007), quien no encuentra evidencias de que las mezclas producen más que una pastura pura.

Respecto al nulo efecto de la fertilización en la mezcla, Thompson y Stout (1992) reportan que la incorporación de trébol persa al raigrás proporciona una producción de MS muy similar respecto al agregado de fertilizante nitrogenado y consideran que reduce las necesidades de fertilizantes, mejora el rendimiento y el valor nutritivo del forraje. Cuando se tienen en cuenta las pasturas perennes, es más común que no haya respuesta al agregado del nitrógeno dada la capacidad natural de la leguminosa de aumentar la cantidad disponible de este nutriente (Mazzanti et al., 1997).

Los resultados del presente estudio también concuerdan con los de Morrison, citado por Carámbula (2002), quien encontró que la mezcla gramínea-leguminosa sin nitrógeno rinde en promedio lo mismo que el raigrás nitrogenado y que el agregado de nitrógeno a la mezcla puede deprimir sustancialmente la componente leguminosa. Estos efectos se agudizan cuanto más precoz en primavera sea la gramínea utilizada.

La menor producción de la mezcla respecto al raigrás, siendo ambos fertilizados, puede ser explicada en parte por la interferencia que se da al asociar varias especies, pudiendo ser este un caso de depresión mutua (Carámbula, 2002).

Los resultados obtenidos muestran diferencias entre los dos tratamientos de raigrás, presentando el no fertilizado una menor disponibilidad de forraje como cabría esperar según Carámbula (2007). En este caso, la

respuesta al agregado de nitrógeno fue de 15 kg de MS/kg de N, considerada media (Zanoniani y Noel, 1997). Posiblemente el agregado de este nutriente le haya otorgado al raigrás una mayor capacidad de aumentar el número de macollos por planta y/o el tamaño de los mismos (Rebuffo, 1994).

#### 4.2.2. Forraje remanente

Respecto al forraje presente cuando se retiraron los animales de las parcelas, el promedio de altura lograda fue de 4,8 cm y no difirió entre tratamientos.

Cuadro No. 3. Forraje remanente promedio en kg MS/ha

<b>Tratamiento</b>	<b>Remanente (kgMS/ha)</b>
Raigrás 64	1759 A
Mezcla 0	1590 A
Raigrás 0	1221 B
Mezcla 64	1173 B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,10$ ).

El raigrás fertilizado presentó valores mayores en kg MS/ha que el raigrás sin fertilizantes, lo cual puede deberse a un efecto positivo del nitrógeno sobre el macollaje, permitiendo obtener un tapiz más denso a una altura similar. Este nutriente no sólo aumenta el número de macollos por planta sino también su tamaño (Rebuffo, 1994), porque afecta variables como el tamaño final de hojas, largo de pseudo tallos y tallos, densidad y peso promedio de macollos (Mazzanti et al., 1997). De hecho, estudios previos demostraron que una fertilización con 200 kg de N por año aumentó 6,6 veces el número de macollos en raigrás perenne (Carámbula, 2002).

Por otra parte, el agregado de nitrógeno se tradujo en menor remanente de la mezcla gramínea-leguminosas. Es posible que en la mezcla fertilizada el proceso de macollaje del raigrás haya sufrido más la competencia entre especies y que las leguminosas no hayan respondido a la fertilización (Mazzanti et al. 1997, Carámbula 2002), o que el consumo animal haya sido superior.

#### 4.2.3. Tasa de crecimiento

Como es posible observar (cuadro 4), no hubo efecto significativo del tratamiento sobre la tasa de crecimiento del verdeo. Sin embargo, cuando se compara el raigrás puro con y sin fertilización, existe una diferencia numérica a favor del raigrás fertilizado con nitrógeno que podría ser biológicamente

relevante. Esta tendencia coincide con lo expuesto por Van Burgh, citado por Carámbula (2007), quien afirma que el agregado de nitrógeno provoca una aceleración en el crecimiento, aumentando el número de macollos por planta y/o el tamaño de los mismos (Rebuffo, 1994).

Cuadro No. 4. Tasa de crecimiento diaria según tratamiento.

<b>Tratamiento</b>	<b>Tasa de crecimiento (kg MS/día)</b>
Raigrás 64	37,3
Mezcla 0	35,9
Mezcla 64	30,9
Raigrás 0	26,8

La tasa de crecimiento promedio de las alternativas forrajeras bajo estudio (32,8 kg/día) estuvo por debajo de la encontrada para verdeo de avena y raigrás con o sin incorporación de trébol vesiculoso en el sur de Brasil (43,8 kg MS/día, Rocha et al., 2003), posiblemente por las diferencias en las condiciones meteorológicas a las que estuvieron sometidas. Sin embargo, Rocha et al. (2003) no exponen esta información.

Cuadro No. 5. Tasa de crecimiento del verdeo según la estación del año

<b>Estación</b>	<b>Tasa de crecimiento (kg/día)</b>
Primavera	41,7 A
Invierno	23,8 B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,10$ ).

Como era esperable, la tasa de crecimiento invernal fue inferior a la de primavera. Según De Souza y Presno (2013), a medida que se acerca la primavera, la tasa de crecimiento aumenta conforme aumenta la temperatura media diaria disminuyen los días para alcanzar la vida media foliar.

Sin embargo, la tasa de crecimiento invernal es menor a la esperable para raigrás en mezcla (32 kg/día, Montossi et al., 2013), ya que las temperaturas del invierno fueron más bajas respecto al promedio de la serie 2002-2014, sumado al exceso hídrico, pueden haber causado una mayor disminución de esta variable.

#### 4.2.4 Producción de forraje

En el siguiente cuadro se presenta la producción de forraje, teniendo en cuenta el crecimiento de MS durante toda la duración del experimento.

Cuadro No. 6. Producción total de materia seca según tratamiento (kg de MS/ha)

<b>Tratamiento</b>	<b>Producción de forraje (kg MS/ha)</b>
Raigrás 64	7571
Mezcla 0	6784
Mezcla 64	5899
Raigrás 0	5228

Para los distintos tratamientos considerados en el experimento, no existieron diferencias estadísticamente significativas en producción de materia seca. Una razón para esto podría ser que las repeticiones no hayan sido suficientes debido a que el trabajo se realizó únicamente con dos bloques.

De todos modos, se puede apreciar que el raigrás fertilizado con nitrógeno produjo cerca de 2300 kg de MS/ha más que el raigrás que no se fertilizó. Esta diferencia, aunque sea numérica, es importante y era esperable según la bibliografía por factores ya mencionados. Además, el raigrás 64 fue superior en producción en términos numéricos a ambas mezclas, lo cual puede deberse al efecto dominante de la gramínea.

#### 4.2.5. Otras variables de producción vegetal

En el siguiente cuadro se presentan los valores promedio de las variables estudiadas que no presentaron diferencias entre tratamientos.

Cuadro No. 7. Valores promedio de las variables que no tuvieron diferencias en los distintos tratamientos

<b>Variables</b>	<b>Valores promedio</b>
Forraje desaparecido (kg MS/ha)	1124
Porcentaje de utilización	43
Altura disponible (cm)	12,6
Altura remanente (cm)	4,8
Tasa de crecimiento (kgMS/ha/día)	32,8
Crecimiento ajustado (kgMS/ha)	2446

El agregado de nitrógeno o leguminosas al verdeo no tuvo efecto sobre estas variables de producción vegetal, lo cual no era esperable según la bibliografía (Mazzanti et al. 1997, Lesama y Moojen 1999, Van Burgh, citado por Carámbula 2007, Balbinot et al. 2008) y puede deberse nuevamente a una alta fertilidad inicial de los suelos del ensayo.

La oferta fija de forraje de 5,5% determinó iguales porcentajes de utilización entre tratamientos, con valores similares a los encontrados por Arenares et al. (2011), en torno a 50 %, utilizando la misma oferta. Almada et al. (2007), trabajando con ofertas de 2,0 y 4,5 kg MS/día/100 kg PV, obtuvieron utilidades mayores, del orden de 80 - 70 % respectivamente. Con pastoreos más intensos se evitan pérdidas por senescencia y se logra mayor remoción de forraje verde (Soca y Chilbroste, 2008). No obstante, el aumento de la asignación de forraje a expensas de un menor porcentaje de utilización, puede mejorar la performance animal (Simeone y Beretta, 2008).

La cantidad de forraje desaparecido es similar al reportado previamente para pasturas mezcla (1107,75 kg MS/ha, Arenares et al., 2011) y su semejanza entre tratamientos puede relacionarse con una alta disponibilidad, a una tasa de crecimiento y utilización de la pastura similares.

Cabe destacar que no se manejaron las intensidades recomendadas para trébol vesiculoso, según lo mencionado por Carámbula (2007). Sin embargo, el objetivo de la mezcla no es que cada uno de sus componentes exprese su potencial, sino que se utilicen más eficientemente los recursos ambientales dada la complementariedad de los ciclos productivos de las especies que la componen (Carámbula, 2007), uniformizando la oferta de forraje en el año.

Según Zanoniani et al. (2006), la altura de ingreso apropiada para las mezclas gramínea-leguminosa es a partir de 15 cm, algo superior a la obtenida, posiblemente porque en el ensayo se priorizó el manejo por intensidad, rotando a los animales una vez que el remanente alcanzara 5 cm.

En este sentido, el valor promedio de altura remanente estuvo dentro de los recomendados por Carámbula (2002), Agustoni et al. (2008), Foglino y Fernández (2009) para no comprometer la performance posterior de la pastura (alrededor de 5 cm).

El crecimiento estacional de las alternativas forrajeras se puede catalogar como muy bueno al compararlo con los crecimientos registrados en la bibliografía nacional para una pradera mezcla de primer año en primavera (1130 kg MS/ha, Leborgne, 2014).

#### 4.3. COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LAS ALTERNATIVAS FORRAJERAS

A continuación, se presentan los datos de la composición botánica del forraje disponible y remanente de las alternativas forrajeras bajo estudio.

Cuadro No.8. Composición botánica del forraje disponible promedio del ensayo

<b>Tratamiento</b>	<b>Rg 0 N</b>	<b>Rg 64 N</b>	<b>Mezcla 0 N</b>	<b>Mezcla 64 N</b>
<b>% Gramíneas</b>	73,98 B	86,28 A	71,7 BC	62,45 C
<b>% Leguminosas*</b>	-	-	8,31 A	11,63 A
<b>% Malezas</b>	12,45 A	2,33 B	2,18 B	5,70 AB
<b>% Restos secos</b>	13 A	11,78 A	10,33 A	9,0 A
<b>% Suelo descubierto</b>	7,93 A	4,0 A	4,23 A	5,18 A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,10$ ).

\*Para el caso de las leguminosas se evalúa sólo el efecto del agregado de nitrógeno.

Comparando los verdes de raigrás puro, se puede notar que el porcentaje de gramíneas del forraje disponible aumenta con el agregado de nitrógeno, mientras que disminuye el porcentaje de malezas. Esta respuesta pudo deberse a una mayor capacidad del raigrás de aumentar el número de macollos por planta y/o el tamaño de los mismos (Rebuffo, 1994), lo cual determinó que éste fuese más competitivo que las especies no deseadas.

Asimismo, el agregado de leguminosas al raigrás logró disminuir la proporción de malezas posiblemente porque lograron ocupar nichos no cubiertos por la gramínea. Así, al mezclar gramíneas y leguminosas anuales, se logra una pastura más balanceada en composición (Carámbula, 2002).

Los resultados demuestran que no hubo efecto de la fertilización nitrogenada en la composición de la mezcla forrajera. Como ha sido comentado, se espera que la respuesta al nitrógeno siempre sea menor cuando utilizan mezclas de gramíneas y leguminosas (Whitehead, citado por Carámbula, 2002).

La proporción de restos secos en el forraje disponible se mantuvo algo por encima del 10% recomendado (Carámbula, 2002), lo cual sugiere que la asignación forrajera por animal pudo ser un poco menor para reducir la generación de material senescente de las distintas fracciones, para así lograr que el remanente sea altamente eficiente (Carámbula, 2004) y mayor permanencia de las leguminosas en la mezcla (Pearce et al., 1965).

Cuadro No. 9. Composición botánica del forraje remanente promedio del ensayo

Tratamiento	Rg 0 N	Rg 64 N	Mezcla 0 N	Mezcla 64 N
<b>% Gramíneas</b>	53,38 A	61,75 A	43,8 A	51,38 A
<b>% Leguminosas*</b>	-	-	5,25 A	3,75 A
<b>% Malezas</b>	17,88 A	5,75 B	10,38 AB	14,25 AB
<b>% Restos secos</b>	28,25 A	32,50 A	22,13 A	27,38 A
<b>% Suelo descubierto</b>	15,63 A	7,75 B	6,13 B	12,38 AB

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,10$ ).

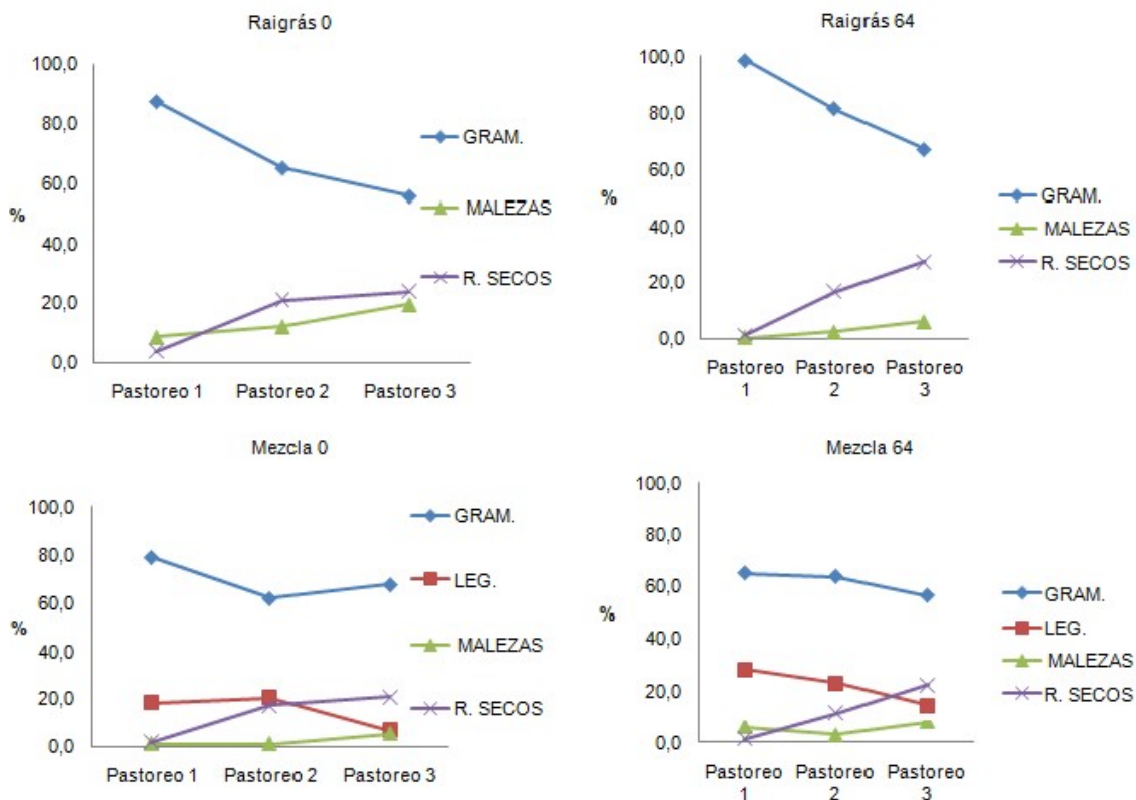
\*Para el caso de las leguminosas se evalúa sólo el efecto del agregado de nitrógeno.

Al contrastar la composición del forraje disponible y el remanente, es posible observar las consecuencias de la selectividad animal. La reducción del porcentaje de leguminosas en el remanente (3% en la mezcla 0 y 8% en la mezcla 64), puede deberse a que, frente a una mezcla, los animales las prefieren antes que a las gramíneas porque son más apetecibles (Carámbula, 2004), consecuencia de una mayor tasa de quiebre de las partículas y digestión ruminal, mayor cantidad de nitrógeno no amoniacal alcanzando el intestino delgado y mayor eficiencia de la utilización de la energía, entre otros factores (Laidlaw y Teuber, citados por Rocha et al., 2003).

El alto porcentaje de restos secos del forraje remanente también muestra una selección por parte de los animales, ya que generalmente los bovinos eligen consumir materiales verdes y jóvenes frente a los maduros o muertos (Ganskopp et al., citados por Cangiano, 1997).

Las parcelas de raigrás sin nitrógeno y mezcla nitrogenada mostraron una mayor proporción de suelo descubierto luego de los pastoreos (remanente) y, consecuentemente, mayor invasión de malezas previo a los pastoreos (disponible). Las malezas encuentran mejores condiciones para su crecimiento en los espacios de suelo descubierto cuando la gramínea no tiene el vigor suficiente para competir o como consecuencia de la desaparición de las leguminosas invernales (Carámbula, 2002), que en este caso pudo darse por un mayor consumo de la alternativa mezcla más N por su mayor valor nutritivo.

Figura No. 3. Evolución de la composición botánica del forraje disponible de los tratamientos estudiados



Observando la evolución de la composición del forraje disponible, se puede apreciar que, al momento del primer pastoreo (22/07 para el bloque 1 y 11/08 para el bloque 2), las mezclas estuvieron bien balanceadas si se considera aceptable una proporción de 60 a 70% de gramíneas, 20 a 30% de leguminosas y 10% de malezas (Carámbula, 2002). Fue importante partir de un bajo nivel de enmalezamiento dado que éste podría comprometer el potencial de respuesta al agregado de N (Carámbula, 2002).

En las gráficas, se puede notar que la proporción de raigrás puro baja a valores cercanos o iguales al raigrás en la mezcla; sin embargo, la mezcla con las leguminosas le otorga más estabilidad a lo largo de los tres pastoreos.

Las diferencias entre el forraje disponible y el remanente van determinando las tendencias que provoca la selectividad en la composición, percibidas al momento del segundo y tercer pastoreo (efectuados en setiembre y octubre respectivamente).

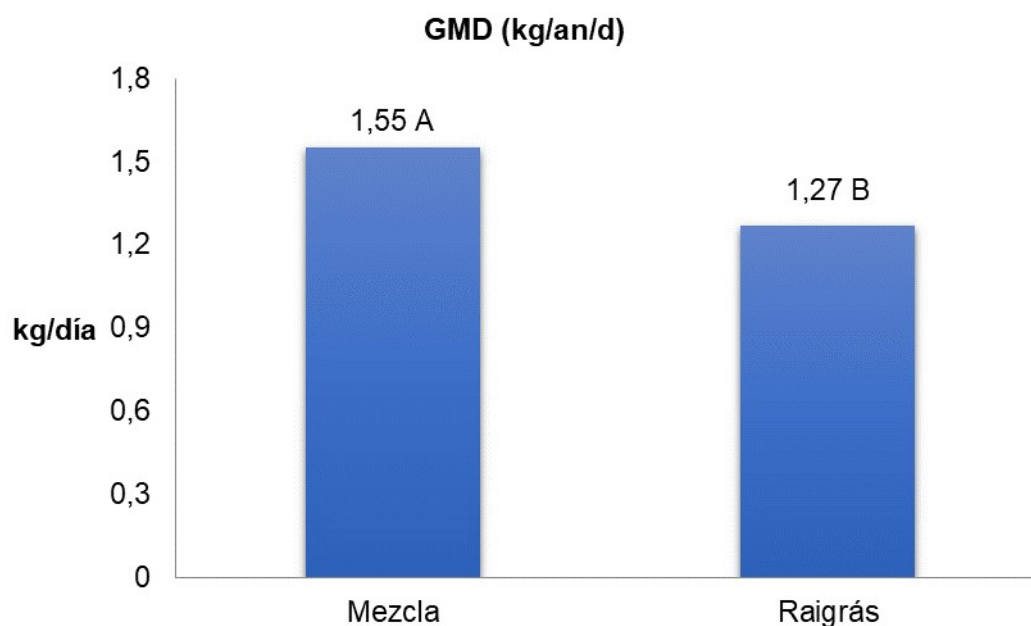


#### 4.4. PRODUCCIÓN ANIMAL

En este punto se presentan los resultados del desempeño de los animales evaluados sobre las diferentes alternativas forrajeras a través de la ganancia media diaria por animal (kg/animal/día) y la producción de peso vivo por hectárea (kg PV/ha).

##### 4.4.1. Ganancia de peso vivo diaria por animal

Figura No. 4. Ganancia media diaria por animal en verdeo mezcla y puro



En la figura se observan las ganancias medias diarias (GMD) promedio de todas las mediciones realizadas durante el ensayo. El peso inicial de los animales se utilizó como covariable del modelo estadístico para que las diferencias no influyan sobre los resultados. En el análisis, la covariable peso inicial fue significativa, ya que no todos los animales tenían igual peso al iniciar el experimento.

Cuando se comparan los resultados obtenidos en el verdeo puro (1,27 kg/día) con los obtenidos por Simeone (2008) utilizando una asignación de forraje similar (0,98 kg/día), se puede decir que las ganancias obtenidas son superiores.

La ganancia individual lograda sobre la mezcla (1,55 kg/día) fue inferior a la reportada por Foglino y Fernández (2009) utilizando novillos Hereford en

mezclas perennes en condiciones similares y una oferta de forraje semejante (2,05 kg/día). No obstante, Almada et al. (2007) utilizando novillos Holando en crecimiento obtuvieron valores de 1,5 kg/animal/día con igual oferta de forraje (5,5%) sobre una pastura perenne de primer año compuesta por raigrás perenne, trébol blanco y lotus.

Estas diferencias entre autores pueden deberse a varios factores que condicionan las características físico-químicas y morfológicas de las pasturas y la capacidad del animal de convertir lo ingerido en producto animal (Lucas, citado por Agustoni et al., 2008), como la fertilización nitrogenada, la combinación de especies, etc.

Como se puede apreciar, existen diferencias significativas en ganancia individual (de 280 g/animal/día) entre la mezcla y el verdeo puro. Esta superioridad del tratamiento mezcla era esperable considerando los beneficios en calidad de la incorporación de leguminosas (Sleugh et al., 2000). Según Carámbula (2007), suministrar mezclas a animales de altos requerimientos nutricionales genera altas tasas de ganancia diaria.

Posiblemente el alto valor nutritivo de los tréboles utilizados en la mezcla mejoró la calidad general del verdeo (Stockdale 1993, Tekeli et al. 2005). Según la UPNA (s.f.), el trébol persa, tiene un alto contenido de proteína bruta (entre 16 y 28%) y presenta una digestibilidad elevada. Por esto mismo, Thompson y Stout (1992) comprobaron que la inclusión de esta leguminosa al raigrás se traduce en un aumento en el peso del ganado.

Con la inclusión de los tréboles al verdeo se logró explotar la complementariedad entre las especies forrajeras, obteniendo una pastura más balanceada. En este sentido, Soto (1996), Carámbula (2002) destacan que la mezcla mejora la dieta ofrecida a los animales porque, mientras las gramíneas proporcionan glúcidos y potasio, las leguminosas aportan más nitrógeno, calcio y magnesio.

A su vez, Lesama y Moojen (1999) recomiendan la incorporación de trébol vesiculoso a una gramínea para alcanzar ganancias individuales elevadas a partir de una calidad superior.

El agregado de nitrógeno no tuvo efecto sobre la ganancia diaria, lo cual no era esperable si se tiene en cuenta que el nitrógeno también aumenta la calidad de la producción vegetal (Carámbula, 2002). En el raigrás puro esto puede estar explicado por una fertilidad inicial alta del suelo (como se ha comentado). Mientras tanto, en la mezcla el mejor valor nutritivo pudo haberse logrado por la incorporación de los tréboles sin necesidad de agregar nitrógeno, tal como sostienen Thompson y Stout (1992), cuyo estudio muestra que el

trébol persa agregado a gramíneas reduce las necesidades de fertilizantes, mejora el rendimiento y la calidad del forraje.

#### 4.4.2. Producción de peso vivo por hectárea

A modo de descripción se presenta la información de ganancia de peso vivo (kg) por hectárea promedio durante el período experimental.

Cuadro No. 10. Ganancia promedio en kg peso vivo/ha para cada tratamiento

<b>Tratamiento</b>	<b>Peso vivo (kg/ha)</b>
Mezcla 64	513
Mezcla 0	463
Raigrás 64	410
Raigrás 0	394

Los datos presentados no se pudieron procesar estadísticamente, ya que, al evaluar un solo grupo de animales, no se contó con las repeticiones necesarias para poder analizarlos a través del programa Infostat.

A pesar de no poder comparar los datos por diferencias estadísticas, se realiza un breve comentario de la producción de carne por hectárea. Como se observa, la mezcla fertilizada produjo 119 y 103 kg/ha más que el raigrás puro y el raigrás fertilizado, respectivamente, y 50 kg/ha más que la mezcla sin fertilizar.

Sería oportuno realizar, en futuros estudios, un análisis económico para saber si el aumento en producción de carne justifica el agregado de leguminosas y la fertilización nitrogenada. A modo de ejemplo, en el sur de Brasil, la alternativa más eficiente económicamente fue la recría de vaquillonas sobre raigrás y avena fertilizados en mezcla con trébol vesiculoso. Esto ocurrió a pesar de que los tratamientos evaluados en el trabajo obtuvieron ganancias de peso vivo por hectárea similares (Rocha et al., 2003).

Los resultados obtenidos (513 kg PV/ha sobre mezcla forrajera fertilizada) coinciden con los de Arenares et al. (2011), quienes con una asignación de forraje de 5,5%, alcanzaron producciones de 547 kg de PV/ha. Cabe aclarar que estos autores utilizaron una mezcla perenne de segundo año en su período de máxima productividad. Por lo tanto, la alternativa forrajera anual del presente trabajo podría resultar muy interesante en cuanto a producción de carne.

Para poder obtener mejores conclusiones, correspondería también hacer un análisis estadístico con al menos dos repeticiones de los grupos de animales, y, así, comprobar realmente si existen diferencias significativas entre las alternativas forrajeras.

## 5. CONCLUSIONES

Contrariamente a lo esperado, no existieron diferencias significativas entre tratamientos en producción de materia seca (6370,5 kg MS/ha en promedio). De todos modos, el raigrás fertilizado tendió a presentar una producción superior a la de los demás tratamientos y presentó mayor disponibilidad de forraje (de 3125 kg MS/ha) que el no fertilizado y la mezcla fertilizada (aproximadamente 2200 kg MS/ha), así como similar disponibilidad que la mezcla sin fertilizar. El remanente del raigrás fertilizado y la mezcla fue mayor que el de raigrás puro y la mezcla con nitrógeno.

Tampoco hubo efecto significativo del tratamiento sobre la tasa de crecimiento del verdeo (en promedio, 32,78 kg MS/día) pero, existió una diferencia numérica a favor del raigrás nitrogenado. La tasa de invierno (23,8 kg MS/día) fue inferior a la de primavera (43,8 kg MS/día).

Los porcentajes de utilización (43%), la cantidad de forraje desaparecido (1125 kg MS/ha) y el crecimiento estacional (2446 kg MS/ha) fueron similares entre las distintas alternativas forrajeras.

Respecto a la composición botánica, el porcentaje de gramíneas del forraje disponible aumentó con el agregado de nitrógeno y el de malezas disminuyó. El agregado de leguminosas al raigrás llevó a disminuir la proporción de malezas. No hubo efecto de la fertilización nitrogenada en la composición de la mezcla forrajera. En el forraje remanente el porcentaje de leguminosas fue menor que en el disponible. Las parcelas de raigrás sin nitrógeno y mezcla nitrogenada mostraron una mayor proporción de suelo descubierto luego de los pastoreos. Se observó que la mezcla con las leguminosas le otorga más estabilidad al verdeo en cuanto a composición a lo largo de los tres pastoreos.

De acuerdo a la hipótesis planteada, existieron diferencias significativas en ganancia individual (de 280 g/animal/día) entre la mezcla (1,55 kg/animal/día) y el verdeo puro (1,27 kg/animal/día). No obstante, el agregado de nitrógeno no tuvo efecto sobre la ganancia diaria.

Los datos de producción de carne por hectárea no se pudieron comparar estadísticamente porque, al evaluar un solo grupo de animales, no se contó con las repeticiones necesarias, pero los valores fueron superiores para la mezcla fertilizada. Para poder obtener mejores conclusiones, correspondería también hacer un análisis estadístico con al menos dos repeticiones de los grupos de animales, así como un análisis económico de las alternativas forrajeras evaluadas.

## 6. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de forraje, la composición botánica y la producción animal de distintas alternativas forrajeras anuales durante el invierno y la primavera. La siembra se realizó el 2 de abril de 2016. Los cuatro tratamientos corresponden a: raigrás puro sin fertilización nitrogenada, raigrás puro con fertilización nitrogenada, raigrás en mezcla con leguminosa sin fertilización nitrogenada y raigrás en mezcla con leguminosa con fertilización nitrogenada. Las leguminosas utilizadas en la mezcla fueron *Trifolium vesiculosum* y *Trifolium resupinatum*. La fertilización nitrogenada fue con 64 kg de N/ha. El trabajo se realizó en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Paysandú, Uruguay), en el potrero No. 32b (Latitud 32° 23'27,71" S y Longitud 58° 03'41,76" O) durante el período comprendido entre el 22 de julio y el 30 de noviembre en el año 2016. La superficie del potrero es de 3,47 ha y se subdividió en dos bloques por posición topográfica (pendiente). A su vez, cada bloque fue dividido en 4 parcelas iguales, en las que se sortearon los tratamientos. El diseño utilizado es de bloques completamente al azar con un arreglo factorial 2x 2. Las unidades experimentales son cada una de las parcelas, en el caso de la producción primaria, y cada uno de los animales para la producción secundaria. Cada tratamiento se pastoreó con 3 novillos bajo un régimen de pastoreo rotativo, con oferta fija (5,5%, con un novillo volante) y, como criterio para el cambio de franja, se consideró una intensidad de 5 cm. Según las variables evaluadas en este trabajo, se puede decir que existe diferencia significativa en la disponibilidad de forraje y en el forraje remanente entre las mezclas, pero no en la altura del disponible ni en la altura del remanente. En el caso del forraje disponible, el raigrás fertilizado fue significativamente superior al raigrás sin fertilizar y la mezcla fertilizada, pudiendo explicarse esto por el efecto del nitrógeno en la gramínea y la competencia resultante de la mezcla, entre otros factores. Respecto al remanente, el raigrás fertilizado presentó valores mayores que el raigrás sin fertilizar, probablemente a un mayor macollaje. El agregado de nitrógeno tuvo un efecto negativo sobre la mezcla, esperado de acuerdo a la baja respuesta de las leguminosas al agregado de nitrógeno reportada en la bibliografía. La tasa de crecimiento difirió entre estaciones pero no entre tratamientos, como era esperable considerando que, al aumentar la temperatura el filocrón es menor. La composición botánica fue diferente entre los distintos tratamientos. Otras variables como forraje desaparecido, porcentaje de utilización y crecimiento ajustado no demostraron diferencias significativas. En lo que refiere a la producción animal, como era de esperarse, debido a un aumento en la calidad de la dieta de los animales, las ganancias medias diarias fueron mayores en las mezclas con leguminosas que en el raigrás puro, pero no hubo diferencia por la fertilización nitrogenada. En este trabajo no se pudo evaluar el efecto sobre la

ganancia de peso vivo por hectárea porque no se contó con suficientes repeticiones para el análisis.

Palabras clave: Producción de forraje; Composición botánica; Mezclas forrajeras anuales; Producción animal.

## 7. SUMMARY

The aim of this research was to evaluate the forage production, botanical composition and animal production of different annual forage alternatives during winter and spring. The seedtime was April 2<sup>nd</sup>, 2016. The four tested treatments were: pure ryegrass without nitrogen, pure ryegrass with nitrogen, ryegrass in mixture with legumes without nitrogen and ryegrass in mixture with legumes with nitrogen. Legumes were *Trifolium vesiculosum* and *Trifolium resupinatum*. 64 kg of Nitrogen per hectare were used for fertilization. The experiment was conducted at the experimental station Dr. Mario A. Cassinoni (Faculty of Agronomy, Universidad de la Republica, Paysandú, Uruguay), in the field number 32B (latitude 32 ° 23'27, 71" S and longitude 58 ° 03'41, 76" or) during the period between July 22<sup>nd</sup>. and November 30<sup>th</sup>., 2016. Its surface is 3.47 ha, which was subdivided into two blocks by topographic position and, at the same time, each block was subdivided in 4 equal plots where the treatments were raffled. The experimental design was completely randomized blocks with a 2x2 factorial arrangement. The experimental units are each plot in the case of primary production, and each animal in the case of secondary production. For each treatment 3 steers were used under a rotating system, fixed grass offer (5.5%, with a steering wheel steer) and the criterion used to move the animals was an intensity of 5 cm. According to the variables evaluated in this study, there is a significant difference in the availability of forage and remaining forage between mixtures, but not in the available grass height or in the remaining grass height. In regard to the available forage, the fertilized ryegrass was significantly greater than mixes with N and ryegrass without N, this could be due to the competition or the nitrogen effect on the grasses among other factors. Concerning the remaining grass, the fertilized ryegrass presented higher values than the same unfertilized due to an increased tillering. Adding nitrogen had no effect on the remaining grass in the mix. Growth rate differences were observed only between seasons, but not between treatments, as it was expected considering that a higher temperature makes the time between 2 leaves appearance decrease. Differences between different treatments were demonstrated for botanical composition. Other variables such as missing forage, utilization percentage and adjusted growth suggested no significant differences. Regarding animal production, as it was expected due to a better diet quality for the steers, it was found that average daily gain was higher in legume mixes than in pure ryegrass, but there was no difference related to nitrogen fertilization. This study could not assess the effects on liveweight gain per hectare since the experiment repetitions were insufficient for the analysis.

Keywords: Forage production; Botanical composition; Annual forage mixtures;  
Animal production.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agnusdei, M.; Colabelli, M.; Mazzanti, A.; Lavreveux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. EEA INTA Balcarce. Boletín Técnico no. 148. 21 p.
2. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; Fernández Grecco, R. C. 2001. Crecimiento estacional de forraje de pasturas y pastizales naturales para el sudeste bonaerense. EEA INTA Balcarce. Boletín Técnico no. 152. 30 p.
3. Agustoni, F.; Bussi, C.; Shimabukuro, M. 2008. Efectos de la asignación de forraje sobre la productividad de una pastura de segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 100 p.
4. Albano, E.; Álvarez, G.; Núñez, R. 2010. Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre la productividad estivo-otoñal de una pradera de primer año con agropiro. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 114 p.
5. Almada, F.; Palacios, M.; Villalba, S.; Zipítria, G. 2007. Efectos de la asignación de forraje y la suplementación sobre la productividad de una pastura de raigrás perenne, trébol blanco y *Lotus corniculatus*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 85 p.
6. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echeverría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
7. Amigone, M. A. 2004. Verdeos de invierno. Sugerencias para la correcta elección de cultivares, implantación y aprovechamiento. Marcos Juárez, INTA. 8 p.
8. Arenares, G.; Quintana, C.; Rivero, J. 2011. Efecto de tipo de mezcla forrajera sobre la productividad del segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 89 p.
9. Azanza, A.; Panissa, R.; Rodríguez, H. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en período

primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 83 p.

10. Balbinot, J. A. A.; De Moraes, A.; Pelissari, A.; Dieckow, J.; Da Veiga, M. 2008. O nitrogênio afeta a produção e a composição botânica em pastagens de gramíneas consorciadas com leguminosas. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. 7(2): 119-126.
11. Barthram, G. T.; Bolton, G. R.; Elston, D. A. 1999. The effects of cutting intensity and neighbour species on plants of *Lolium perenne*, *Poa annua*, *Poa trivialis* and *Trifolium repens*. *Agronomie*. 19 (6): 445-456.
12. Campillo, R. 2005. Strategies to optimize biological nitrogen fixation in legume/grass pastures in the southern región of Chile. *Plant and Soil*. 273(1): 57-67
13. Cangiano, C. 1997. Consumo en pastoreo. Factores que afectan la facilidad de cosecha. In: Cangiano, C.; Escuder, C.; Galli, J.; Gómez, P.; Rosso, O. eds. *Producción animal en pastoreo*. Buenos Aires, INTA Balcarce. s.p.
14. Caradus, J. R. 1994. Frost tolerance of *Trifolium* species. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 38: 157-162.
15. Carámbula, M. 1977. *Producción y manejo de pasturas sembradas*. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 464 p.
16. \_\_\_\_\_. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, Uruguay, INIA. 46 p. (Serie Técnica no. 19).
17. \_\_\_\_\_. 2002. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
18. \_\_\_\_\_. 2004. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.3, 413 p.
19. \_\_\_\_\_. 2007. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.2, 357 p.
20. Chilibroste, P.; Soca, P.; De Armas, A. 2005. Impacto del manejo del pastoreo en la invernada pastoril. *Cangüé*. no. 27: 15-17.

21. Cullen, B. R.; Chapman, D. F.; Quigley, P. E. 2006. Comparative defoliation tolerance of temperate perennial grasses. *Grass and Forage Science*. 61 (4): 405-412.
22. De Souza, P. A.; Presno, J. P. 2013. Productividad invierno - primavera de praderas mezclas con *Festuca arundinacea* o *Dactylis glomerata* en su tercer año pastoreadas con novillos holando con distintas dotaciones. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 101 p.
23. Duke, J. A. 1981. Handbook of legumes of world economic importance. New York, USA, Plenum. pp. 181-267.
24. Durán, A. 1985. Los suelos del Uruguay. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 47-64.
25. Escuder, C. 1996. Manejo de la defoliación. Efecto de la carga y métodos de pastoreo. In: Cangiano, C.; Escuder, C.; Galli, J.; Gómez, P.; Rosso, O. eds. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA Balcarce. s.p.
26. Evans, P. 2006. Arrow leaf clover. (en línea). State of Victoria, Department of Primary Industries. Agriculture Notes. AGO 576. 2 p. Consultado mar 2018. Disponible en <http://pandora.nla.gov.au/pan/55066/20051222-0000/AG0576.pdf>
27. Evers, G. W. 1980. Germination of cool season annual clovers. *Agronomy Journal*. 72: 537-540.
28. Fernández, E. 1999. Impacto económico de prácticas de manejo en invernada intensiva. *Revista del Plan Agropecuario*. no. 85: 6-9.
29. Foglino, F.; Fernández, F. 2009. Efecto del período de ocupación de pastoreo en la productividad de una pastura de primer año de raigrás perenne, trébol blanco, *Lotus corniculatus* y agropiro. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 68 p.
30. Formoso, F. 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 1-19 (Serie Técnica no. 80).

31. \_\_\_\_\_. 2000. Manejo de la alfalfa para producción de forraje. In: Rebuffo, M.; Risso, D. F.; Restaino, E. eds. 50 Tecnología en alfalfa. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 53-74 (Boletín de Divulgación no. 69).
32. \_\_\_\_\_. 2010. *Festuca arundinacea*, manejo para la producción de forraje y semillas. Montevideo, Uruguay, INIA. 192 p. (Serie Técnica no. 182).
33. Fulkerson, W. J.; Slack, K. 1995. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*: 2. Effect of defoliation frequency and height. *Grass and Forage Science*. 50 (1): 16-20.
34. García Favre, J.; Zanoniani, R.; Cadenazzi, M.; Boggiano, P. 2017. Incidencia de variables biológicas y edáficas en el establecimiento de mezclas forrajeras. *Agro Sur*. 45(1): 3-10.
35. Gastal, F.; Lemaire, G.; Lestienne, F. 2004. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilisation. In: Simposio em Ecofisiologia das Pastagens e Ecologia do Pastejo (2º., 2004, Curitiba). Trabalhos apresentados. s.n.t. s.p.
36. Gibberd, M., Gray, J., Cocks, P., Colmer, T. 2001. Waterlogging tolerance among a diverse range of *Trifolium* accessions is related to root porosity, lateral root formation and 'aerotropic rooting'. *Annals of Botany (London)*. 88: 579-589.
37. Grant, S. A.; Barthram, G. I.; Torvell, L. 1981. Components of regrowth in grazed and cut *Lolium multiflorum* swards. *Grass and Forage Science*. 36: 155-168.
38. Haydock, K. P.; Shaw, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 15: 663-670.
39. Heitschmidt, R. K. 1984. Vegetation and cow-calf response to rotational grazing at the Texas experimental ranch. *Journal of Range Management*. 40: 216-223.
40. Hodgson, J. 1990. *Grazing management; science into practice*. New York, Longman. 203 p.

41. Hoveland, C. S.; Evers, G. W. 1995. Arrow leaf, crimson, and other annual clovers. *In*: Barnes, R. F.; Miller, D. A.; Nelson, C. J. eds. Forages. 5th. ed. Ames, Iowa, Iowa State University Press. v. 1, pp. 249-260.
42. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2010. Catálogo de cultivares. (en línea). Montevideo, s.p. Consultado mar. 2018. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429300810155513.pdf>
43. \_\_\_\_\_. 2012. Bases del llamado a interesados para la producción y comercialización de semilla del cultivar de *Trifolium resupinatum* le 90-33. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado mar. 2018. 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)
44. Jamieson, W. S.; Hodgson, J. 1979. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves under strip-grazing management. *Grass and Forage Science*. 34 (4): 261-271.
45. Krüger, H.; Venanzi, S. 2010. Oferta de nitrógeno y producción de avena en un Haplustol éntico del SO bonaerense. *In*: Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (22º., 2010, Rosario, Argentina). Trabajos presentados. Rosario, Argentina, s.e. s.p.
46. Kunelius, H. T.; Narasimhalu, P. 1983. Yields and quality of Italian and Westerwolds ryegrasses, red clover, alfalfa, birdsfoot trefoil and Persian clover grown in monocultures and ryegrass legume mixtures. *Canadian Journal of Plant Science*. 63: 437-442.
47. Langer, R. H. M. 1981. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 524 p.
48. Leborgne, R. 2014. Antecedentes técnicos y metodología para presupuestación en establecimientos lecheros. 2ª. ed. Montevideo, Hemisferio Sur. 54 p.
49. Lemaire, G. 1997. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. *In*: International Symposium on Animal Production under Grazing (1st., 1997, Viçosa). Proceedings. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. pp. 117-144.

50. Lesama, M. F. 1997. Produção animal em gramíneas de estação fria com fertilização nitrogenada ou associada com leguminosa, com ou sem fertilização nitrogenada. Dissertação Mestrado em Zootecnia. Santa Maria, Brasil. Universidade Federal de Santa Maria. 129 p.
51. \_\_\_\_\_.; Moojen, E. L. 1999. Produção animal em gramíneas de estação fria com fertilização nitrogenada ou associadas com leguminosa, com ou sem fertilização nitrogenada. *Ciência Rural (Santa Maria)*. 29(1): 123-128.
52. Loi, A.; Howieson, J. G.; Nutt, B. J.; Carr. S. J. 2005. A second generation of annual pasture legumes and their potential for inclusion in Mediterranean-type farming systems. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 45: 289-299.
53. Mazzanti, A.; Lemaire, G.; Gastel, F. 1994. The effect of nitrogen fertilization upon herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. *Grass Forage Science*. 49 (2): 111-120.
54. \_\_\_\_\_.; 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.
55. Miller, J. D.; Wells, H. D. 1985. Arrow leaf clover. In: Taylor, N. L. ed. *Clover science and technology*. Madison, WI, USA, ASA/CSSA/SSSA. pp. 503-514
56. Millot, J. C.; Risso, D.; Methol, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.
57. Montossi, F.; Pravia, I.; Gutierrez, D.; Cuadro, R.; Ayala, W.; Andregnette, B.; Invernizzi, G.; Soares de Lima, J. M. 2013. La base pastoril de los sistemas de invernada intensiva: estado actual, desafíos y perspectivas. (en línea). In: ¿Hacia Dónde Van los Sistemas de Producción de Invernada Vacuna? (2013, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA/FUCREA. s.p. Consultado 11 abr. 2018. Disponible en [http://www.inia.org.uy/online/files/contenidos/link\\_25042013010745.pdf](http://www.inia.org.uy/online/files/contenidos/link_25042013010745.pdf)

58. Mott, G. O. 1960. Grazing pressure and theme asurement of pasture production. In: International Grassland Congress (8th., 1960, Oxford). Proceedings. Oxford, Alden Press. pp. 606-611.
59. Newman, Y.; Sollenberger, L. E. 2005. Grazing management and nitrogen fertilization effects on vasey grass persistence in limpogress pastures. *Crop Science*. 45(5): 2038-2043.
60. Oram, R. N. 1990. Register of australian herbage plant cultivars. 3<sup>rd</sup>. ed. East Melbourne, Victoria, Australia, Commonwealth Scientific and Industiral Research. 303 p.
61. Ovalle, C.; Del Pozo, A.; Fernandez, F.; Chavarría, J.; Arredondo, S. A. 2010. Arrow leaf Clover (*Trifolium vesiculosum* Savi): a new specie of anual legumes for high rainfall áreas of the Mediterranean climate zone of Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 70(1): 170-177.
62. Parsons, A. J.; Penning, P.D. 1988. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotation ally grazed sward. *Grass and Forage Science*. 43 (1): 15-27.
63. Pearce, R. B.; Browing, R. H.; Blaser, R. E. 1965. Relationships between leaf area index, light interception and net photosynthesis in orchardgrass. *Crop Science*. 5: 553-556.
64. Perrachón, J. 2009. Pensemos en los verdeos de invierno. *Revista del Plan Agropecuario*. no. 137: 42-46.
65. Rebuffo, M. 1994. Fertilización nitrogenada en pasturas mezcla. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, Colonia, Uruguay). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 27-32 (Serie Técnica no. 51).
66. Rocha, M. G.; Restle, J.; Frizzo, A.; Teixeira, D.; Baptaglin, D.; Kellermann, F., Pilau, A., Pereira, F. 2003. Alternativa de Utilização da Pastagem Hiberna para Recria de Bezerras de Corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 32(2): 383-392.
67. Rogers, M. E.; Noble, C. L.; Pederick, R. J. 1997. Identifying suitable temperate forage legume species for saline areas. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 37: 639-645.

68. Saldanha, S.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2010. Intensidad del pastoreo sobre la estructura de una pastura de *Lolium perenne* cv Horizon. *Agrociencia* (Montevideo). 14 (1): 44-54
69. Simeone, A.; Beretta, V. 2008. Producción de carne a pasto. (en línea). In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (10<sup>a</sup>., 2008, Paysandú, UY). Una década de investigación para una ganadería más eficiente. Paysandú, Facultad de Agronomía. UPIC. pp. 20-23. Consultado 11 abr. 2018. Disponible en <http://www.upic.com.uy/UPIC%202008.pdf>
70. Sleugh, B. 2000. Binary legume-grass mixture improve forage yield, quality and seasonal distribution. *Agronomy Journal*. 91(1): 24-29.
71. Snowball, R.; Wiley, T.; Revell, C. 2005. Cefalu arrow leaf clover. State of Western Australia. Department of Agriculture. Farmnote no. 38. 4 p.
72. Soares, A. B.; Restle, J. 2002. Produção animal e qualidade de forragem de pastagem de triticales e azevém submetida a doses de adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31(2): 908-917
73. Soca, P.; Chilbroste, P. 2008. Tecnología para la producción de leche en los últimos 15 años; aportes desde la EEMAC. *Cangüé*. no. 30: 36-44.
74. Soto, P. 1996. Consideraciones para elegir una especie o mezcla forrajera. In: Ruiz, I. ed. *Praderas para Chile*. Santiago de Chile, Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). pp. 140-147.
75. Stockdale, C. R. 1993. The productivity of lactating dairy cows fed irrigated Persian clover (*T. resupinatum* L.). *Australian Journal of Agricultural Research*. 44:1591-1608.
76. Tekeli, A.; Ates, E.; Varol, F. 2005. Nutritive values of some annual clovers (*Trifolium* sp.) at different growth stages. *Journal of Central European Agriculture*. 6: 323-330.
77. Thompson, D. J.; Stout, D. G. 1992. Influence of Italian rye-grass and barley seeding rates on intercrop forage yield and quality. *Canadian Journal of Plant Science*. 72: 1199-1206.



78. Thompson, R. B. 2005. Arrowleaf clover. (en línea). Profitable & Sustainable Primary Industries. West Wyalong. Australia. Prime fact 102. 6 p. Consultado mar. 2018. Disponible en [https://www.dpi.nsw.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0009/48816/arrowleaf\\_clover\\_-\\_primefact\\_102-final.pdf](https://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0009/48816/arrowleaf_clover_-_primefact_102-final.pdf)
79. UPNA (Universidad Pública de Navarra, ES). s.f. Flora pratense y forrajera cultivada de la península Ibérica. (en línea). Navarra. s.p. Consultado mar. 2018. Disponible en [http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Trif\\_resu\\_p.htm](http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Trif_resu_p.htm)
80. Velasco, M. E.; Hernández, A.; González, V. A. 2005. Rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. Técnica Pecuaria en México. 43 (2): 247-258.
81. Waldo, D. 1986. Effect of forage quality on intake and forage – concentrate interaction. Journal of Dairy Science. 69 (2): 617-631.
82. Willemin, M. 1981. Association Cultivar. Special fourrages. no. 29: 139-180.
83. Zanoniani, R., Noel, S. 1997. Verdeos de invierno. UEDY. Cartilla no. 2. s.p.
84. \_\_\_\_\_; Ducamp, F.; Bruni, M. 2000. Utilización de verdeos de invierno en sistemas de producción animal. UEDY. Cartilla no. 17. s.p.
85. \_\_\_\_\_; Boggiano, P.; Cadenazzi, M.; Silveira, D. 2006. Evaluación de cultivares de raigrás bajo distintas intensidades de pastoreo. In: Reunión do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul. Grupo Campos (21ª., 2006, Pelotas). Trabajos presentados. Pelotas, EMBRAPA. s.p.