

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE MEZCLAS FORRAJERAS SOBRE SUELO DE BASALTO
EN LA ZONA NORTE DEL PAÍS**

por

Sofía FIGUEREDO

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2022**

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. Ricardo Rodríguez Palma

Ing. Agr. Federico Pintos

Ing. Agr. Diego Michellini

Fecha: 29 de diciembre de 2022

Autora: -----

Sofía Figueredo

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a mi familia, por el apoyo recibido a lo largo de la carrera.

A los tutores Ing. Agr. Ricardo Rodríguez e Ing. Agr. Federico Pintos, por el apoyo brindado.

A Lic. Sully Toledo, por su valiosa ayuda y guía en los aspectos formales de la presentación de la tesis.

Se agradece a todo el personal de EEFAS, que sin dudas sin la ayuda de ellos en cada proceso este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 OBJETIVOS.....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. <u>DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE GRAMÍNEAS Y</u> <u>LEGUMINOSAS</u>	2
2.1.1. <u>Gramíneas</u>	2
2.1.2. <u>Leguminosas</u>	2
2.1.2.1 Estoloníferas.....	2
2.1.2.2 Porte erecto.....	3
2.1.3. <u>Morfogénesis de la planta y estructura de la pastura</u>	3
2.1.3.1. Tasa de aparición foliar (TAF).....	4
2.1.3.2. Tasa de elongación foliar (TEF).....	5
2.1.3.3. Vida media foliar (VMF).....	5
2.1.4. <u>Plasticidad fenotípica</u>	5
2.1.5. <u>Factores ambientales que determinan el crecimiento</u>	6
2.1.5.1 Efecto de la temperatura.....	6
2.1.5.2 Efecto de la cantidad y la calidad de la luz.....	7
2.1.5.3 Efecto del déficit hídrico.....	7
2.1.6. <u>Métodos de estimación del crecimiento de forraje</u>	8
2.1.6.1 Método de estimación de rendimientos comparativos.....	8
2.1.6.2 Jaulas de exclusión.....	9
2.2. <u>EFFECTOS DEL PASTOREO</u>	10
2.2.1. <u>Parámetros que definen el pastoreo</u>	10
2.2.1.1 Frecuencia.....	10
2.2.1.2 Intensidad.....	11
2.2.2. <u>Efecto del pastoreo sobre las especies que componen</u> <u>la mezcla y su producción</u>	11
2.2.3. <u>Efecto sobre la fisiología de la planta y el rebrote</u>	12
2.2.4. <u>Efecto sobre las raíces</u>	12
2.2.5. <u>Efecto sobre la utilización del forraje</u>	12
2.2.6. <u>Efecto sobre la composición botánica</u>	13
2.2.7. <u>Efecto sobre la calidad del forraje</u>	13

2.3. MEZCLAS FORRAJERAS.....	14
2.3.1. <u>Tipo de mezclas</u>	14
2.3.2. <u>Componentes de las mezclas</u>	14
2.3.3. <u>Dinámica de las mezclas</u>	15
2.3.4. <u>Persistencia de las mezclas</u>	16
2.3.5. <u>Factores climáticos que inciden en la persistencia de las pasturas</u>	16
2.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES QUE COMPONEN LA MEZCLA.....	17
2.4.1. <u><i>Dactylis glomerata</i></u>	17
2.4.2. <u><i>Festuca arundinacea</i></u>	18
2.4.3. <u><i>Trifolium repens</i></u>	20
2.4.4. <u><i>Lotus corniculatus</i></u>	21
2.4.5. <u><i>Paspalum notatum</i></u>	22
2.5. HIPÓTESIS.....	24
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	25
3.1. <u>CONDICIONES EXPERIMENTALES</u>	25
3.1.1. <u>Ubicación experimental y período del experimento</u>	25
3.1.2. <u>Descripción del sitio experimental</u>	25
3.1.3. <u>Registros meteorológicos</u>	25
3.1.4. <u>Antecedentes del área experimental y siembra y manejo de las mezclas</u>	26
3.2. <u>MANEJO DEL EXPERIMENTO</u>	27
3.2.1. <u>Tratamientos de pasturas sembradas</u>	27
3.2.2. <u>Diseño experimental</u>	27
3.3. <u>DETERMINACIONES EN LA PASTURA</u>	28
3.3.1. <u>Biomasa de forraje disponible y remanente</u>	28
3.3.2. <u>Altura del forraje en la biomasa disponible y remanente</u>	29
3.3.3. <u>Tasa de crecimiento del forraje</u>	29
3.3.4. <u>Composición botánica</u>	30
3.3.5. <u>Determinaciones adicionales realizadas en <i>Paspalum notatum</i> INIA Sepé puro</u>	30
3.3.6. <u>Manejo del pastoreo</u>	31
3.4. <u>MANEJO DE LOS DATOS</u>	31
3.5. <u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u>	32
3.5.1. <u>Modelo estadístico para tasa de crecimiento por método de corte, tasa de crecimiento estacional por mezcla y acumulación anual de forraje</u>	32
3.5.2. <u>Modelo estadístico para cobertura total y por planta de paspalum, número de plantas, altura promedio de la planta, cobertura por malezas, porcentaje de suelo desnudo y</u>	

<u>tasas de crecimiento de forraje en paspalum</u>	32
4. <u>RESULTADOS</u>	34
4.1. DATOS METEOROLÓGICOS.....	34
4.1.1. <u>Precipitaciones</u>	34
4.1.2. <u>Temperatura</u>	35
4.1.3. <u>Evolución del Índice de bienestar hídrico y % almacenaje</u>	36
4.2. TASAS DE CRECIMIENTO SEGÚN METODO A Y B EN EL PERIODO MARZO A NOVIEMBRE.....	36
4.3. TASAS DE CRECIMIENTO SEGÚN MEZCLAS.....	38
4.4. PRODUCTIVIDAD ANUAL SEGÚN PASTURAS MEZCLAS Y PURAS.....	38
4.5. BIOMASA DISPONIBLE PREPASTOREO.....	39
4.6. COMPOSICIÓN BOTÁNICA SEGÚN PASTURA.....	40
4.7. <i>Paspalum notatum</i>	43
4.7.1 <u>Evolución del área cubierta y de las características estructurales</u>	43
4.7.2 <u>Evaluación de la tasa de crecimiento</u>	45
4.7.3 <u>Biomasa disponible previo al pastoreo</u>	46
4.7.4 <u>Composición botánica</u>	47
5. <u>DISCUSIÓN</u>	49
5.1. EFECTO DEL MÉTODO DE CORTE SOBRE LA TASA DE CRECIMIENTO DE LA PASTURA.....	49
5.2. PRODUCTIVIDAD ANUAL Y TASA DE CRECIMIENTO POR MEZCLAS.....	50
5.3. COBERTURA PARA PASPALUM	55
5.4. TASA DE CRECIMIENTO, PRODUCTIVIDAD ANUAL Y BIOMASA DISPONIBLE EN PASPALUM.....	55
6. <u>CONCLUSIONES</u>	57
7. <u>RESUMEN</u>	59
8. <u>SUMMARY</u>	60
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	61
10. <u>ANEXOS</u>	71

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Categorías de severidad hídrica para campo natural en Uruguay.....	26
2. Especies utilizadas y fecha de siembras.....	26
3. Tasa de crecimiento de forraje (en kg/ha/día de MS) de cuatro mezclas según el método de corte utilizado.....	37
4. Tasa de crecimiento de forraje (en kg/ha/día de MS) por mezcla según la estación de crecimiento.....	38
5. Productividad anual de forraje (en kg/ha de MS) de cada mezcla en cada año de evaluación.....	38
6. Composición botánica promedio a partir del aporte de cada componente (en porcentaje) a la biomasa presente y por el área cubierta mediante apreciación visual en mezcla 2	40
7. Composición botánica promedio a partir del aporte de cada componente (en porcentaje) a la biomasa presente y por el área cubierta mediante apreciación visual en mezcla 3A	41
8. Composición botánica promedio a partir del aporte de cada componente (en porcentaje) a la biomasa presente y por el área cubierta mediante apreciación visual en mezcla 3B.....	42
9. Tasa de crecimiento de forraje (en kg/ha/día de MS) por periodo para <i>Paspalum notatum</i>	46
10. Composición botánica promedio a partir del aporte de cada componente (en porcentaje) a la biomasa presente y por el área cubierta mediante apreciación visual en <i>Paspalum notatum</i> ...	47

Figura No.

1. Croquis de la disposición de los bloques y tratamientos del diseño experimental	28
2. Registro de precipitaciones (en mm) durante el período del experimento comparado con los promedios históricos del período 1961-1990 según MDN. DNM	34
3. Registro de las temperaturas (en °C) durante el periodo del experimento comparado con los promedios históricos del período 1961-1990 según MDN. DNM	35
4. Evolución del índice de bienestar hídrico (en %) y porcentaje de almacenaje del suelo a nivel decádico durante el periodo de estudio.....	36
5. Biomasa disponible prepastoreo (en kg/ha de MS) para cada una de las mezclas	39
6. Porcentaje de cobertura de <i>Paspalum notatum</i> , malezas y suelo desnudo para periodo otoño 2021, primavera 2021 y otoño 2022	43
7. Número de plantas por metro cuadrado y altura promedio de la planta (cm) para el periodo otoño 2021, primavera 2021 y otoño 2022	44
8. Cobertura por planta de <i>Paspalum notatum</i> (en porcentaje) para los periodos otoño 2021, primavera 2021 y otoño 2022	45
9. Biomasa disponible prepastoreo (en kg/ha de MS) en paspalum.....	46

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay la producción de forraje se basa en diferentes alternativas, desde la producción extensiva que se caracteriza por pasturas naturales y pasturas naturales mejoradas, a la producción intensiva con pasturas implantadas y verdeos. Dentro de las pasturas implantadas existen tres variantes: mezclas forrajeras, gramíneas con nitrógeno y leguminosas puras. De la superficie total de pastoreo, 80,9% corresponde a campo natural y 19,1% a pasturas mejoradas (MGAP. DIEA, 2021).

En la actualidad es muy común el uso de mezclas forrajeras tipo multipropósito formadas por tres o cuatro especies complementarias, intentando una buena distribución estacional. Uno de los objetivos más importantes en las mezclas multipropósito es alcanzar los máximos rendimientos de materia seca por hectárea sumada a una mayor calidad de la misma, explotando la complementariedad de cada familia (Carámbula, 2007).

Los datos revelan que las pasturas cultivadas superan ampliamente la productividad y calidad del campo natural, sin embargo, presentan como limitantes su baja persistencia y estabilidad. Esto ocurre a causa de restricciones en el comportamiento de las especies introducidas, debido a problemas en la implantación, falta de equilibrio entre gramíneas y leguminosas, enmalezamiento prematuro, manejo inadecuado antes y después de la siembra, lo que evoluciona a una estacionalidad marcada y una disminución en la producción de biomasa aérea (Carámbula, 2010).

Dentro de este contexto y con el objetivo de generar información para la región Litoral Norte, se busca explorar soluciones para superar limitantes presentes en la zona, evaluando el comportamiento de distintas mezclas, para ver la productividad estimada a partir de variables indicadoras. Se consideró importante la evaluación de *Paspalum notatum* como gramínea perenne estival, nativa y con alta frecuencia en campos naturales del Uruguay.

1.1 OBJETIVOS

El trabajo tiene como objetivos evaluar la producción estacional y total anual de mezclas forrajeras con componentes perenne invernal y estival, sembradas en suelo de basalto en su primer y segundo año de edad. Como otro objetivo se propone evaluar la implantación y productividad de *Paspalum notatum*. Además, se realiza una comparación entre dos métodos de estimación de crecimiento de forraje.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS

El crecimiento se divide en tres fases, una inicial, donde la planta tiene pocas hojas y se encuentra realizando menos fotosíntesis, con un crecimiento lento y utilizando reservas, en la siguiente fase, las plantas aumentan el número de hojas, incrementando la velocidad de crecimiento, realizando mayor fotosíntesis y generando una mayor reserva de carbohidratos, y una última fase donde disminuye la fotosíntesis neta a causa del sombreado de las hojas superiores, y la energía capturada es utilizada en la floración y formación de semillas (Núñez et al., 2000). Para Brougham (1957), la tasa de crecimiento está relacionada con la intensidad del corte y su efecto subsecuente en la actividad fotosintética de la pastura luego del mismo.

2.1.1 Gramíneas

Durante el desarrollo vegetativo de las gramíneas se dan dos procesos: formación de hojas, el cual es continuo, y formación de macollos con relativa discontinuidad (Carámbula, 2002a).

El macollo en la gramínea representa la unidad morfo-fisiológica, formado por la repetición de fitómetros, diferenciados a partir del meristemo apical. El fitómetro consiste de una hoja, nudo, entrenudo, meristema axilar y meristema intercalar (Escuder, 1997a). El proceso de macollaje según Jewiss, citado por Carámbula (2002a), cumple tres funciones: ayuda al establecimiento de las plántulas asegurando rápida producción de área foliar como para interceptar luz y competir con malezas, es esencial para la regeneración de la pastura compensando la mortalidad de plantas vecinas, y confiere perennidad a la planta dada su habilidad para presentar elevada longevidad.

2.1.2 Leguminosas

La morfología de las leguminosas varía según el hábito de crecimiento, siendo estoloníferas o con tallos erectos.

2.1.2.1 Estoloníferas

En la axila de la hoja poseen una yema donde pueden desarrollarse estolones. Estos tienen un meristema apical que da origen a entrenudos y hojas (Escuder, 1997a). Se las considera como ideales para el pastoreo dada la

arquitectura, ya que los meristemas permanecen contra el suelo, y normalmente no son afectados por el pastoreo (Carámbula, 2002a).

2.1.2.2 Porte erecto

El desarrollo vegetativo consiste en el crecimiento alternado de hojas en el tallo inicial, el cual permanece corto contra el suelo. En las axilas de dichas hojas aparecen posteriormente tallos secundarios nacidos de los meristemas que allí se encuentran, por lo que al repetirse este proceso da origen a un órgano común a todos los tallos, denominado corona, órgano que constituye el asiento de meristemas axilares (Carámbula, 2002a).

2.1.3 Morfogénesis de la planta y estructura de la pastura

El término morfogénesis hace referencia a cambios estructurales que se producen a través del desarrollo de un organismo, puede ser definido a partir de procesos de formación, expansión y muerte de órganos (Agnusdei et al., 1998).

Gastal y Durand (2000), establecen que la morfogénesis se basa en dos grandes pilares: el programa morfogenético, definido genéticamente, y las condiciones ambientales locales como clima, suelo, cantidad/calidad de luz, temperaturas, disponibilidad de agua y nutrientes, entre otros.

Para una pastura en estado vegetativo en donde sólo se producen hojas, la morfogénesis puede ser descrita por tres características principales: la tasa de aparición foliar (TAF), la tasa de elongación foliar (TEF) y la vida media foliar. Estos tipos determinan características estructurales de la pastura como tamaño foliar, número de hojas por macollo y densidad de macollos, definiendo estas el Índice de área foliar (IAF) y con ello la capacidad de captar energía lumínica para la fotosíntesis y abastecer funciones de crecimiento (Colabelli et al., 1998). El índice de área foliar es la variable estructural de las pasturas de mayor relevancia en la determinación de la cantidad de radiación interceptada y del carbono fijado que se destina a las funciones de síntesis del tejido vegetal (Whitehead, citado por Marino et al., 1996). El índice de área foliar hace referencia a la relación que existe entre el área ocupada por las hojas y el área de suelo. A medida que el índice de área foliar aumenta, mayor es la proporción de radiación incidente interceptada por el canopeo, aumentando la tasa de crecimiento de la pastura hasta alcanzar el IAF óptimo (95-100 % de la radiación incidente es interceptada, Lemaire y Agnusdei, 2000). Cuando se alcanza dicho valor, la fotosíntesis y por lo tanto la producción de forraje es máxima.

Dentro de las características estructurales, el tamaño foliar está determinado por la relación entre la tasa de elongación y aparición foliar (Robson y Dale, citados por Lemaire y Chapman, 1996). La densidad de macollos está parcialmente relacionada con la tasa de aparición foliar, y esta es la que determina el número de sitios potenciales para la aparición de macollos (Davies, 1974). En praderas bajo pastoreo, la densidad de macollos es resultado del equilibrio entre la tasa de aparición y la tasa de muerte de macollos, siendo esta última causada por la remoción de ápices que genera el pastoreo animal, y también por falta de carbono que se genera en pasturas muy densas con elevado IAF como resultado de la competencia por luz (Lemaire y Chapman, 1996). Por lo tanto, genotipos con alta TAF tienen un alto potencial de macollaje y así determinan una pastura con una densidad de macollos más elevada que aquellos con baja TAF (Lemaire y Chapman, 1996).

El número de hojas por macollo es producto de la vida media foliar y la tasa de aparición de hojas (Lemaire y Chapman, 1996); llegado al máximo de hojas comienza a disminuir la capacidad fotosintética de la pastura (Difante, 2003).

La determinación de la tasa de emisión de hojas, de su tamaño, la duración de vida de las mismas y la tasa de macollaje es la base conceptual de los modelos de evolución del IAF (Nabinger, 1997).

2.1.3.1 Tasa de aparición foliar (TAF)

Mide la cantidad de hojas que aparecen por unidad de tiempo, es inverso al filocrón, siendo este último el tiempo que transcurre entre la iniciación de dos hojas sucesivas, el cual es un parámetro relativamente constante cuando se expresa en tiempo térmico (grados-días, Lemaire y Agnusdei, 2000).

Según Lemaire y Agnusdei (2000), la tasa de aparición foliar juega un papel importante en determinar la estructura de la pastura. Todo cambio en la tasa de aparición foliar, debido a la temperatura o a la calidad de la luz tendrá un efecto sobre el tamaño de la hoja, el número máximo de hojas por macollo, y la densidad de macollos.

La tasa de aparición foliar es fuertemente influenciada por la temperatura, siendo poco afectada por las demás variables, y poco influenciada por el nivel de nitrógeno ya sea en plantas individuales como en pasturas densas (Whitehead, 1995).

2.1.3.2 Tasa de elongación foliar (TEF)

Se refiere al crecimiento en longitud de la lámina verde en cierto intervalo de tiempo o suma térmica, generalmente expresada en mm. día⁻¹. La elongación foliar es la principal expresión del crecimiento de una hoja y está determinada por factores ambientales que tienen un efecto casi inmediato sobre la elongación de láminas y vainas (Colabelli et al., 1998).

Para Mazzanti y Lemaire (1994), la tasa de elongación foliar es afectada por el nitrógeno, aumentando a medida que aumenta este.

2.1.3.3 Vida media foliar (VMF)

Es el intervalo ocurrido entre la aparición de una hoja y el comienzo de su senescencia, expresado en días o en °C/día (Colabelli et al., 1998).

La vida media foliar es quien determina el rendimiento techo de la pastura, indicando el tope potencial de rendimiento de la especie, es decir, la máxima cantidad de material vivo por área, y, por otro lado, es un indicador esencial para determinar la intensidad de pastoreo en sistemas continuos o la frecuencia en sistema rotativo (Nabinger, 1996).

Factores ambientales como disponibilidad de nitrógeno y estrés hídrico afectan la longevidad de las hojas, la senescencia se acelera frente a situaciones de sequía o severo déficit hídrico, por lo tanto, la vida media de las hojas es más breve y disminuye la cantidad de hojas vivas por macollo (Colabelli et al., 1998).

2.1.4 Plasticidad fenotípica

Se denomina plasticidad a la capacidad de cada planta individual (genotipo) dentro de una población heterogénea u homogénea para adaptar sus procesos de crecimiento al estrés nutricional o hídrico o a una práctica de manejo de la defoliación para obtener recursos (Nelson, 2000). Chapman y Lemaire, citados por Escuder (1997b), indican que algunas especies forrajeras modifican su morfología frente a incrementos en la presión de pastoreo, manteniendo la estructura de la población y un crecimiento relativamente constante, o sea, un crecimiento homeostático.

2.1.5 Factores ambientales que determinan el crecimiento del forraje

2.1.5.1. Efecto de la temperatura

La temperatura es el factor abiótico que mayor influencia tiene sobre los procesos morfogénicos de las pasturas (Carámbula y Terra, 2000). Ésta afecta a las plantas mediante la alteración de la tasa diaria de los procesos metabólicos, teniendo efecto sobre el crecimiento diario de la planta (Monteith, citado por Jame et al., 1998).

Lemaire y Agnusdei (2000) muestran que, conociendo la relación entre la tasa de elongación y la tasa de aparición foliar con la temperatura, es posible simular el efecto de los cambios de temperatura en el tamaño foliar y dinámica de crecimiento y senescencia de tejido foliar. El modelo muestra que el largo final de hoja tiende a decrecer desde otoño a invierno, siguiendo la tendencia general de disminución de la temperatura; y durante primavera aumenta progresivamente con el incremento en la temperatura. Con temperaturas decrecientes en otoño, las porciones de tejido foliar que senescen son mayores que las que se producen, esto lleva a un balance negativo entre crecimiento y senescencia. Lo mismo ocurre en invierno, donde las hojas producidas durante otoño senescen progresivamente durante esta estación y son remplazadas con hojas más cortas producidas en condiciones de baja temperatura. Por el contrario, en la primavera, período donde se incrementa la temperatura, hay un balance positivo entre ambos flujos de crecimiento y senescencia.

Para la mayoría de las especies C3 la respuesta a la tasa de aparición foliar es lineal, con un umbral entre 3-5 °C para especies C3 y 8-9 °C para especies C4. Sin embargo, en el rango de temperaturas diarias promedio entre 5-17 °C para las especies C3, y 12-20 °C para las especies C4, la respuesta de la tasa de elongación a la temperatura es exponencial. Por esta diferencia en respuestas a la temperatura, la longitud final de las hojas aumenta a medida que aumenta la misma (Lemaire y Agnusdei, 2000).

Según Cooper y Taiton (1968), el crecimiento máximo en especies tropicales y subtropicales se da con temperaturas de entre 30 y 35° C, mientras que con temperaturas menores a 10° C casi no se registra crecimiento. Los autores sostienen que para especies templadas las temperaturas óptimas de crecimiento oscilan entre 20 y 25° C, afirman que a pesar de que el crecimiento disminuye con temperaturas por debajo de los 10° C, con temperaturas de 5° C todavía se registran crecimientos.

2.1.5.2. Efecto de la cantidad y la calidad de la luz

Para Smith (1981), la proporción de rojo/rojo lejano de la luz que llega a las plantas es resultado del número de hojas, su ángulo de disposición y la contribución relativa de la radiación difusa y directa recibidas. Después que el IAF de la pastura alcanza el valor 1, las áreas foliares se solapan y algunas de las hojas quedan sombreadas, generando una reducción en la tasa de asimilación de carbono (Lemaire, 2001). Como consecuencia se genera una reducción de la intensidad lumínica para la fotosíntesis y una disminución en la relación rojo / rojo lejano, provocando una reducción en el macollaje por disminución en el número potencial de yemas axilares y por falta de desarrollo de algunas de las ya existentes (Gautier y Varlet-Grancher, 1996).

Según Casal et al. (1984), en general, una baja cantidad de luz y una baja relación rojo/rojo lejano provocan tres respuestas principales en las plantas: aumento de asignación de recursos a la parte aérea, alargamiento de los órganos ya existentes, reducción del macollaje y eventualmente una reducción de la aparición de hojas.

2.1.5.3. Efecto del déficit hídrico

Carámbula (2004), establece que en líneas generales el déficit hídrico tiene los siguientes efectos sobre las pasturas:

- Reducción de la expansión foliar
- Reducción del macollaje
- Aumento en la senescencia foliar y muerte de macollos
- Aumento de la relación raíz/tallo
- Aumento de la exploración radicular
- Disminución de la fijación biológica de nitrógeno
- Disminución en la absorción de nutrientes
- Menor tamaño de células

Según Colabelli et al. (1998), los efectos del déficit hídrico sobre las variables morfogénicas a nivel de macollo y variables estructurales de las pasturas, inciden de forma muy importante sobre el desarrollo del IAF, generando una reducción en la cantidad de energía lumínica interceptada. Turner y Begg (1978), expresan que, en condiciones de déficit hídrico, se ha encontrado una reducción de la tasa de macollaje y del número de hojas vivas por macollo, y un paralelo aumento de los procesos de senescencia de hojas y macollos que conduce a una menor vida media foliar. También señalan que la elongación celular es más afectada por el déficit hídrico que la división celular,

esto se traduce en la disminución de la tasa de elongación foliar y del tamaño foliar.

En condiciones de déficit hídrico se produce un aumento de la relación raíz/parte aérea, debido a que disminuye el crecimiento de la parte aérea y por tanto la capacidad fotosintética de las hojas, determinando un incremento en los asimilados disponibles, los cuales son utilizados en mayor proporción para el desarrollo radicular (Turner y Begg, 1978).

La restricción hídrica también genera déficit de nutrientes minerales dado que el agua actúa como vehículo de ingreso de los mismos hacia la planta (Lemaire y Agnusdei, 2000).

2.1.6 Métodos de estimación del crecimiento de forraje

Existen muchos métodos para estimar el crecimiento de forraje, algunos de ellos son destructivos por cosecha secuencial de biomasa, por ejemplo en áreas clausuradas o por uso de exclusión al pastoreo mediante jaulas.

También existen métodos indirectos que pueden ser más fáciles, baratos y rápidos que el método directo de corte por jaulas de exclusión. Uno de ellos es la técnica de doble muestreo de rendimientos comparativos (Haydock y Shaw, 1975), para estimar la biomasa aérea. Otras técnicas de doble muestreo son la estimación visual, el uso de reglas, discos, bastones de capacitancia, fotos digitales. Todas ellas tienen la necesidad de calibración para cada recurso forrajero mediante un muestreo por cortes realizado previamente. Hay otras técnicas que estiman la productividad primaria neta aérea a partir del uso de sensores remotos (Sala y Austin 2000, Oesterheld et al. 2011) basadas en el modelo propuesto por Monteith (1972).

Otra clasificación de los métodos para estimar el crecimiento de la pastura es si incluyen o no el pastoreo del animal. En este primer grupo, se incorpora el método de jaulas de exclusión ya sean fijas o móviles.

2.1.6.1 Método de estimación de rendimientos comparativos

El método indirecto de rendimiento comparativo (Haydock y Shaw, 1975) sirve para estimar la biomasa de forraje. Con esta metodología si se mide la biomasa remanente post-pastoreo y la biomasa acumulada hasta el próximo pastoreo se puede calcular la tasa de crecimiento diaria de forraje por diferencia entre las biomásas y dividiendo ese valor por los días transcurridos.

Cayley y Bird (1996), indican que se deben seleccionar cinco cuadrantes como referencia para evaluar las estimaciones realizadas. Se selecciona y marca un área de bajo rendimiento, una con rendimiento intermedio y de manera similar se marca un área de alto rendimiento, no incluyendo áreas extremas como suelo desnudo. Destacan que es importante tener las escalas ubicadas de forma de que los observadores puedan inspeccionar los patrones cuando sea necesario, si el pasto se pastorea durante las observaciones se debe colocar jaulas para protegerlos. A su vez, se requiere un periodo de entrenamiento donde los observadores clasifican una serie de cuadrantes hasta alcanzar un grado aceptable de acuerdo. Luego de determinada la escala, cada observador de forma aleatoria, y cada 10 pasos califica el número requerido de cuadrantes.

2.1.6.2 Jaulas de exclusión

Como se mencionó anteriormente, el método consiste en colocar jaulas para la exclusión del pastoreo por parte de los animales, siendo las mismas fijas o móviles. Con el uso de jaulas móviles se incorpora a la estimación efectos del animal sobre la pastura (Mannetje, 2000), como deyecciones; y efectos que son consecuencia del consumo, selectividad, pisoteo y arranque de plantas.

Para Mannetje, citado por Mannetje (2000), puede surgir un sesgo si el forraje está protegido por una jaula durante un período de tiempo prolongado, esto debido a la protección contra el pastoreo y el microclima dentro de la jaula que da como resultado una acumulación de forraje que no es típica del resto de la pastura. La magnitud de este efecto está directamente relacionada con el tiempo en que las jaulas están en una determinada posición, sin embargo, si el periodo de pastoreo es de menos de una semana el efecto es insignificante. Al respecto, Lantinga et al. (2004) indican que la acumulación de forraje dentro de la jaula será consecuencia del balance entre el incremento de la fotosíntesis bruta por aumento en la tasa de asimilación de CO₂ al ir aumentando el índice de área foliar y la pérdida de material por senescencia y muerte. Dicho valor puede diferir respecto al observado en la pastura fuera de la jaula en función del régimen de defoliación que se esté aplicando y del efecto de los factores que determinan el crecimiento de forraje (luz, temperatura, nutrientes).

Cuando se realizan cortes del forraje acumulado, la altura del corte influye en el valor de crecimiento obtenido. Cortes que dejan remanentes de 4 cm tiene como desventajas que se generan sesgos en la determinación, producto de fallas en el muestreo por debajo de la altura de pastoreo cuando se aplican defoliaciones intensas, aplanamiento de la pastura por debajo de la altura de corte debido al pisoteo, contaminación de heces. Como ventaja se

menciona mínima contaminación del suelo, daño mínimo a la pastura y que se obtiene información comparable al rendimiento para corte o conservación de forraje (Lantinga et al., 2004).

Los cortes a nivel del suelo con tijera de aro, presentan como desventaja que en terrenos irregulares se puede incluir restos de raíces, y retiro de una cantidad de material foliar que puede determinar retraso en la recuperación de especies postradas. A su vez se menciona como desventaja la contaminación con partículas del suelo y el daño a la pastura. Asimismo, se indica como ventaja que la altura del corte puede controlarse con precisión (Lantinga et al., 2004).

2.2 EFECTOS DEL PASTOREO

El manejo de pastoreo en pasturas cultivadas, tiene varios objetivos principales: maximizar el crecimiento y utilización de forraje de alta calidad para el consumo animal y mantener las pasturas vigorosas, persistentes y estables a largo plazo (Formoso, 1996).

2.2.1 Parámetros que definen el pastoreo

2.2.1.1 Frecuencia

Se define como el intervalo de tiempo entre defoliaciones sucesivas (Harris, 1978).

La frecuencia de utilización depende de cada especie o de la composición de la pastura y de la época del año en que se realice. Lo que determinará la longitud del período de crecimiento será la velocidad de la pastura en alcanzar el volumen adecuado de forraje, lo que está dado por el IAF óptimo.

Para Formoso (2000b), el nivel de reservas de carbohidratos y el peso de la raíz son factores influenciados por la frecuencia utilizada en el pastoreo. Con pastoreos muy frecuentes, el área foliar remanente se reduce, causando menor capacidad de crecimiento, o sea, menor producción de forraje y rebrotes más lentos, teniendo que recurrir a las reservas almacenadas para el crecimiento. Las disminuciones de las reservas debilitan las plantas aumentando su susceptibilidad al ataque de enfermedades y muerte.

2.2.1.2 Intensidad

La intensidad de cosecha, se refiere a la altura del rastrojo al retirar los animales luego de un pastoreo, y no solo afecta el rendimiento de cada defoliación, sino que condiciona el rebrote y por lo tanto la producción total (Carámbula, 1977).

Para que el crecimiento posterior no se vea desfavorecido, las especies que componen la pastura tienen una altura mínima a la cual puede dejarse el rastrojo. Si la pastura es defoliada intensamente, gran parte de los puntos de crecimiento vegetativos son consumidos, provocando que el rebrote deba ocurrir a partir de la generación de nuevas estructuras de crecimiento, con un retraso en la producción de forraje (Carámbula, 1977) y en alcanzar el IAF crítico (Smetham, 1981). Para Carámbula (1977), las especies de hábito de crecimiento postrado aceptan alturas menores de defoliación (2,5 cm), mientras que las erectas pueden pastorearse hasta 5 a 7,5 cm, aunque pueden adaptar su crecimiento para aceptar pastoreos más intensos.

2.2.2 Efecto del pastoreo sobre las especies que componen la mezcla y su producción

Carámbula (2002c) sugiere que, para realizar un buen manejo de las defoliaciones, se debe conocer la ubicación y el estado de los puntos de crecimiento.

Según Smetham (1981), el tiempo hasta alcanzar el IAF crítico depende no solo de la época del año, sino y fundamentalmente de la altura a la que la pastura fue previamente pastoreada. Existen especies con IAF óptimos bajos, lo que facilita realizar manejos más frecuentes y obtener un aprovechamiento más intenso como aquellas pasturas dominadas por trébol blanco (IAF=3), mientras que en pasturas dominadas por leguminosas erectas (IAF=5) o gramíneas erectas (IAF=9/10) la frecuencia debe ser menor para un mejor aprovechamiento (Carámbula, 2002b).

A igual área foliar remanente, las leguminosas tienen mayor intercepción de luz que las gramíneas, debido a la disposición de sus hojas y por lo tanto se recuperan más rápidamente. También se encuentran diferencias entre gramíneas, los tipos postrados presentan rebrote más rápido que las de tipo erecto. Sin embargo, a pesar de que las leguminosas y las gramíneas postradas tienen rebrotes más rápidos, alcanzan antes el IAF óptimo y, en consecuencia, sus rendimientos en materia seca son por lo general menores que los de las gramíneas de tipo erecto. Como resultado, estas últimas

presentan una mayor producción con manejos más aliviados (Carámbula, 2010).

2.2.3 Efecto sobre la fisiología de la planta y el rebrote

Las prioridades de las plantas al ser defoliadas, apuntan a maximizar la velocidad de refoliación, utilizando eficientemente la energía remanente, a los efectos de restablecer lo más rápidamente posible un balance positivo de fijación de energía (Chapín y Richards, citados por Formoso, 1996).

El rebrote de las plantas va a depender de factores fisiológicos, como la acumulación de reservas de carbohidratos en la raíz, el área foliar remanente y la activación de los puntos de crecimiento (Pérez et al., citados por Molinelli et al., 2014). Si el área foliar remanente permite a las plantas mantener un equilibrio entre fotosíntesis y respiración, el rebrote se iniciará sin necesidad de recurrir a las reservas (Jaques, citado por Carámbula, 2010). Si, por el contrario, posterior a la defoliación queda poco tejido fotosintético como para cubrir los requerimientos de la respiración, la planta estará con un balance de carbono negativo y necesitará carbono de otras fuentes (reservas), para formar nuevas hojas, por lo cual experimentará inicialmente una pérdida de peso (Escuder, 1997b).

2.2.4 Efecto sobre las raíces

El principal efecto producido por la defoliación es la reducción de manera brusca en la provisión de carbohidratos a las raíces, y por lo tanto el crecimiento y la actividad se detienen momentáneamente hasta lograr reemplazar el área foliar (Smetham, 1981). Existe una interacción entre la velocidad de rebrote y disponibilidad de agua en el suelo; la misma afecta la posibilidad de absorción de agua y nutrientes por parte de la planta, condicionando el rebrote.

2.2.5 Efecto sobre la utilización del forraje

Una alta presión de pastoreo trae consigo un aumento en la eficiencia de cosecha, pero también implica una disminución del IAF, y, por lo tanto, una menor intercepción de luz (Smetham, 1981). Lograr una buena utilización sea probablemente el aspecto más difícil del manejo del pastoreo.

Para Escuder (1997b), para maximizar la producción de forraje deben evitarse defoliaciones tan severas que reduzcan el crecimiento del mismo. Al mismo tiempo, dichas defoliaciones pueden ser lo suficiente intensas como para

lograr una buena eficiencia de cosecha y poder así reducir las mermas de forraje por senescencia.

2.2.6 Efecto sobre la composición botánica

Según Escuder (1997b), el efecto del método de pastoreo y la variación en frecuencia o intensidad de defoliación, puede interactuar con el mayor o menor crecimiento estacional que tienen las especies en las pasturas, posibilitando el control de la composición botánica.

Un pastoreo intenso y frecuente, mientras la especie considerada está en activo crecimiento, resulta en una disminución de su capacidad competitiva, frente a otras especies que soportaron el pastoreo en forma latente o con menor tasa de crecimiento. Como consecuencia de la modificación de la composición botánica, se altera la distribución de la producción a lo largo del año, pero la producción total anual tiene menor variación (Escuder, 1997b). Para Carámbula (2002c), con pastoreos más intensos se favorece la proporción de leguminosas bajas y estoloníferas, en detrimento de las erectas, mientras que manejos aliviados favorecen a las gramíneas de porte erecto.

2.2.7 Efecto sobre la calidad del forraje

La variación de la materia seca, la energía, la proteína y la digestibilidad que presenta una planta en función de su crecimiento, son aspectos importantes para el manejo y la utilización de la pastura.

A medida que la planta envejece, y consigo aumenta el contenido de pared celular, trae como consecuencia un descenso pronunciado de la digestibilidad de la pastura, disminuyendo su calidad (Rovira, 2012). Carámbula (1996), coincide en que al avanzar el ciclo de las pasturas, se acumulan restos secos y aumenta la proporción de tejidos estructurales, y agrega que ello provoca un incremento en la cantidad de forraje rechazado por el animal, por reducción de la calidad nutritiva.

Cuando se practican cortes frecuentes, el forraje producido contiene mayores niveles de proteína, extracto etéreo, y menores niveles de fibra cruda que los cortes menos frecuentes, explicado por la variación en la relación hoja/tallo (Smetham, 1981).

Los componentes integrantes de la mezcla determinarían la calidad promedio de la misma, en tal sentido Carámbula (1996) afirma que la mejor calidad de una pastura se logrará cuando se alcancen altos porcentajes de

leguminosas, contribuciones elevadas de hojas verdes y bajos aportes de material en descomposición o muerto. El mayor potencial nutritivo de las leguminosas frente a las gramíneas se debería a que las leguminosas poseen menor concentración de pared celular, una digestibilidad más rápida de la materia seca y por consiguiente un menor tiempo de retención de la ingesta que conduce a un mayor consumo (Carámbula, 2004).

2.3 MEZCLAS FORRAJERAS

Una mezcla forrajera es una población artificial constituida por una combinación de especies de gramíneas y leguminosas, con diferentes características tanto morfológicas como fisiológicas. Uno de los objetivos de la mezcla es producir alto rendimiento de materia seca con alto valor nutritivo, durante varios años, aprovechando las ventajas que presentan las dos familias en beneficio de una buena performance animal (Santiñaque y Carámbula, 1981). Para Scheneiter (2005), se justifica el empleo de una mezcla por su uniforme distribución estacional de la producción de forraje, menor variabilidad interanual y ventajas en la alimentación como mayor calidad y menor riesgo de meteorismo.

Para la elección de las especies a incluir en la mezcla se debe considerar los siguientes factores: la adaptación edáfica de la especie, la zona geográfica donde se va a sembrar, el destino del recurso, duración de la pradera y momento de aprovechamiento, y el sistema de producción (Correa, citado por Arenares et al., 2011).

2.3.1 Tipo de mezclas

El número de especies que componen la mezcla puede variar desde mezclas ultra simples a mezclas complejas. Mezclas ultra simple, están formadas por una gramínea y una leguminosa ambas de ciclo invernal o estival. Las mezclas simples consisten en una mezcla ultra simple más una gramínea o leguminosa de ciclo complementario. Las mezclas complejas, están constituidas por un alto número de especies, de las dos familias. Pueden ser de ciclos similares (varias gramíneas y leguminosas del mismo ciclo) o de ciclos complementarios (dos gramíneas y dos leguminosas de ciclo diferentes, Carámbula, 2002a).

2.3.2 Componentes de las mezclas

Según Carámbula (2002a), al instalar una pastura, el propósito es lograr una mezcla mixta bien balanceada de gramíneas y leguminosas, para lo cual

debería estar compuesta por 60-70% de gramíneas, 20-30% de leguminosas y 10% de malezas.

Las gramíneas perennes poseen muy buena adaptación a la mayoría de los suelos, no producen meteorismo, presentan muy pocos ataques de plagas y enfermedades, permiten un adecuado control de malezas de hoja ancha, y proveen materia seca a lo largo del año. A su vez, para que mantengan una alta producción necesitan contar con una fuente apropiada de nitrógeno, es así, que se asocian muy bien con las leguminosas. Las mismas son proveedoras de nitrógeno, presentan un alto valor nutritivo y promueven la fertilidad en suelos naturalmente pobres y degradados por mal manejo, mejorando la estructura del suelo, particularmente en la descompactación en profundidad. Además, al combinar especies de distinto género, muestran distintas susceptibilidades a enfermedades y plagas, por lo tanto, la población mezcla de estos individuos actúa de barrera natural de defensa (Carámbula, 2010).

En climas intermedios como el de Uruguay se prefiere utilizar como componente estival de las pasturas a especies templadas de crecimiento estival, como *Medicago sativa* y *Lotus corniculatus* (Carámbula, citado por Santiñaque, 1979). Cuando se utilizan leguminosas en pasturas mezclas con gramíneas de ciclos complementarios se puede observar como la entrega de forraje se torna más prolongada y de mejor calidad, promoviéndose la estabilidad de la pastura. El uso de gramíneas perennes estivales como el paspalum es poco común, quizá debido a que poseen un contenido de energía neta, proteína cruda y fósforo menor que las gramíneas perennes invernales, lo que afecta el desempeño de los animales. Pero por otro lado deprime el establecimiento de las malezas en el verano, beneficiando la persistencia y productividad de la pastura (Carámbula, 2002a).

2.3.3 Dinámica de las mezclas

Las gramíneas perennes invernales, presentan un ciclo de producción otoño-invierno-primaveral, por lo que, si se manejan de manera adecuada cubren los períodos críticos invernales (Carámbula, 2002c). La mayor producción se da en primavera, disminuyendo en verano producto de las elevadas temperaturas y frecuentes períodos de déficit hídrico propios de esta estación del año. Especies como festuca y dactylis no tienen reposo estival, por lo tanto continúan produciendo durante el verano y otras como falaris presentan latencia en los períodos de verano por lo tanto cesa su producción.

En cuanto a las especies de gramíneas perennes estivales, se destacan por poseer altas tasas de crecimiento en los meses más cálidos y reposo en los más fríos, lo que les permite detener su crecimiento y así sobrevivir a las bajas temperaturas invernales (Santiñaque y Carámbula, 1981).

2.3.4 Persistencia de las mezclas

Según Carámbula (2004), los factores que influyen sobre las pasturas, interaccionan entre sí desde antes de la siembra y durante la misma, generando diferentes presiones sobre las pasturas sembradas, de tal forma que las diferentes reacciones detectadas pueden utilizarse como herramienta para alcanzar la mayor persistencia productiva de las pasturas sembradas en la región. Para Formoso (1996), lo que ocurre es una pérdida de las especies sembradas, generalmente leguminosas en primer término, acompañado de un posible enmalezamiento. El grado y el tiempo en que esto ocurre varían según la región, el manejo y factores ambientales, causando en todos los casos una reducción en la producción, calidad de forraje y provocando una baja en la producción animal.

En especies perennes, la persistencia debe favorecerse por un manejo de pastoreo que permita la aparición de nuevas unidades de crecimiento, mediante el mantenimiento de procesos activos de macollaje y de formación de tallos, rizomas y estolones (Carámbula, 2002c). En algunas especies, bajo ciertas condiciones, se debe permitir que suceda el proceso de floración-fructificación para poder lograr este objetivo (Carámbula, 2007).

2.3.5 Factores climáticos que inciden en la persistencia de las pasturas

Para las gramíneas perennes Harris y Lazenby (1974), mencionan como factor que incide en la persistencia al estrés hídrico, demostrando las diferencias entre especies a la sensibilidad frente a los déficits hídricos. Ellos observaron que la competencia por agua era mayor e inmediata por parte de los raigrases perennes para continuar en forma decreciente en festuca, falaris y paspalum, demostrando la diferente capacidad de estas especies para absorber y utilizar agua a medida que esta va decreciendo en el suelo, lo cual afecta sensiblemente su persistencia y habilidad competitiva frente a un déficit hídrico.

De igual forma, para las leguminosas, los factores que afectan de forma importante el crecimiento y persistencia son los déficits y excesos hídricos y las altas temperaturas (García et al., 1991).

Para Gastal y Durand (2000), la defoliación modifica la cantidad y calidad de la luz que llega a la base de la pastura (relación rojo/rojo lejano), y por tanto la respuesta de la planta en macollaje (Gautier y Varlet-Grancher, 1996, lo que puede afectar la persistencia de la pastura.

Dentro de los factores de carácter edáfico que presentan una mayor incidencia en la persistencia de las leguminosas deben citarse: una carencia natural generalizada del nutriente fósforo, problemas de acidez y compactación superficial de los suelos, que restringen el buen funcionamiento de las leguminosas (García et al., 1991).

La invasión de malezas en el verano es uno de los principales focos de inestabilidad de las pasturas. Las malezas encuentran las mejores condiciones para su crecimiento, en los espacios de suelo descubierto que aparecen en el verano debido a la desaparición de las leguminosas invernales sensibles a las sequías, constituyendo nichos para las especies invasoras. El enmalezamiento depende básicamente del tipo de mezcla forrajera y es ésta la que determina la intensidad y velocidad de este proceso. Las mezclas formadas por especies anuales son las más infectadas, pero a medida que se perenniza más la mezcla este efecto ocurre con menor frecuencia (Carámbula, 2007).

En la Estanzuela se realizaron estudios, donde se comprobó que existe una relación inversa entre la producción de la gramínea invernal durante el verano y el porcentaje de engramillamiento. El dactylis al ser la gramínea que más creció durante el verano, presentó un menor grado de engramillamiento, en comparación con festuca y falaris (García et al., 1991).

2.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES QUE COMPONEN LA MEZCLA

2.4.1 Dactylis glomerata

Dactylis glomerata L. es una gramínea perenne, invernal, cespitosa con macollos achatados. Las hojas son glabras de color verde azulado, presenta una nervadura central marcada, con lígula blanca y visible, no presenta aurículas (Langer, 1981).

Se caracteriza por formar matas individuales, debido a que no produce estolones ni rizomas, y forma un tapiz abierto con matas definidas. El crecimiento inicial es vigoroso, causando un rápido aumento en el número de macollos. Esto le confieren una buena implantación y por lo general mayor rendimiento en el primer año de vida en comparación con *Festuca arundinacea*

y *Phalaris aquatica*, aunque posteriormente es superado por dichas especies (Carámbula, 2002a).

Se adapta a un rango amplio de suelos, desde arenosos a pesados, pero su mejor performance se obtiene en suelos de texturas medias a permeables. Tolera bien la acidez y la sombra por lo que se adapta muy bien a siembras consociadas (Carámbula, 1977). García (2003), menciona que se destaca por su resistencia a sequía y crecimiento durante el verano, gracias a este comportamiento las praderas con *dactylis* en verano presenta menor nivel de engramillamiento.

Pastoreos continuos e intensos, principalmente en verano, disminuyen su persistencia (García, 2003). Durante el otoño, se debe permitir un crecimiento que asegure una buena acumulación de reservas. En primavera para evitar que se formen matas endurecidas, durante la etapa de encañazón, se debe realizar pastoreos intensos, evitando los pastoreos aliviados (Ayala et al., 2010). Se recomienda ingreso a pastoreo con alturas de 15 a 20 cm, salida de 5 a 7 cm.

García (1995), indica que se asocia muy bien con trébol blanco, trébol rojo y lotus perennes. A su vez, debido al porte más erecto, buen potencial estival y su floración tardía, es la gramínea perenne que mejor se asocia con la alfalfa.

La densidad de siembra recomendada es 10-15 kg/ha cuando se siembra puro y 8-10 kg/ha en mezclas.

El cultivar utilizado fue Aurus, el mismo es de ciclo tardío, similar al INIA LE Oberón (INIA, s.f.)

Presenta un hábito de crecimiento intermedio, es más macollador y presenta mayores rendimientos, destacándose sobre INIA LE Oberón a partir del segundo año.

En cuanto a la sanidad foliar, es superior al resto de los cultivares del mercado, lo cual resulta en mayor palatabilidad y persistencia del forraje.

2.4.2 *Festuca arundinacea*

Festuca arundinacea Schreb. es una gramínea perenne, de ciclo invernal. Presenta un hábito de crecimiento cespitoso con presencia de rizomas muy cortos. Se adapta a un amplio rango de suelos, pero prospera mejor en suelos medios a pesados, tolerando suelos ácidos y alcalinos. Dentro de las

gramíneas más adaptadas a las condiciones del Uruguay, festuca ocupa el primer lugar, creciendo en todo tipo de suelos, excepto en suelos arenosos con probables riesgos de déficit hídrico (Carámbula 1977, Langer 1981).

Esta especie presenta una buena precocidad otoñal, rápido rebrote a fines de invierno y floración temprana (setiembre-octubre), produciendo mucho forraje a fines de otoño y principios de invierno (Carámbula, 2010).

El pastoreo debe ser manejado de tal manera que no acumule muchos restos secos ni pierda calidad, debido a que a si pierde terneza pierde digestibilidad y apetecibilidad (Carámbula, 2010). En otoño e invierno se recomienda entrar a pastorear con 15 cm como altura máxima para evitar la formación de maciegas y consiguiente mala calidad, y dejar un remanente de 5 cm (Carámbula, 2010). Estudios realizados por Langer (1981), exponen que la producción durante el primer año es baja, debido a que la festuca se establece con lentitud y es vulnerable a la competencia con otras especies, pero si es manejada de forma adecuada la misma puede persistir muchos años. Mantener o incrementar la densidad poblacional de macollos en primavera es decisivo para lograr que la pastura persista, aún más importante es la supervivencia durante el verano de los mismos para que estos incrementos en la densidad en primavera se reflejen en densidades adecuadas en el otoño siguiente. Por lo tanto, bajo regímenes de manejo muy intensivos, puede peligrar la productividad y persistencia, debido a que la festuca no se resiembra naturalmente, por lo que se recomienda periodos de descanso (Carámbula, 2010). Para la primavera y verano el correcto pastoreo sería con una altura de entrada de 20 cm y una salida de 7 cm (Carámbula, 2010).

Según Carámbula (1977), para un correcto manejo a la siembra requiere densidades de 9 a 12 kg/ha en mezclas y de 10 a 15 en cultivos puros. Se recomienda la siembra en líneas a profundidad no mayor 2 cm.

Una característica negativa de esta gramínea es que puede presentar porcentajes altos del hongo endófito *Neotyphodium oenophyalum*, que provoca festucosis en los animales (Carámbula, 2002a).

El cultivar Rizar se destaca por su excelente productividad total, en especial en el período otoño-invierno, siendo su producción total un 13% superior a Rizomat y un 21% superior a Estanzuela Tacuabé (INIA, s.f.).

Se recomienda pastoreo rotativo, el cual permite una mejor performance de la pastura en rendimiento y calidad. Debe realizarse cuando la pastura alcanza los 15-18 cm de altura, dejando un remanente de 5-7 cm, evitando la disminución

de la calidad del forraje. En primavera se debe prevenir la encañazón mediante pastoreos más intensos y frecuentes. El manejo durante al verano debe ser cuidadoso dejando un mayor remanente (no menor a 8 cm) para evitar daños por altas temperaturas (INIA, s.f.).

2.4.3 *Trifolium repens*

Trifolium repens L. es una leguminosa perenne, con hábito de crecimiento postrado y estolonífera. De ciclo invernal y registra su mayor producción en primavera (Carámbula, 2010). Muslera y Ratera (1991), opinan que debido al hábito el trébol blanco constituye la leguminosa perenne de mayor adaptación a las praderas de pastoreo de las zonas templadas de todo el mundo.

Se adapta a suelos medianos a pesados, fértiles y húmedos. No tolera suelos superficiales, siendo sensible a la sequía (Langer, 1981). Puede comportarse como anual, bienal o de vida corta dependiendo de las condiciones ambientales que se den durante el verano, debido a que los déficits hídricos severos pueden ocasionar la muerte de plantas (Carámbula, 2002a).

Durante el crecimiento inicial, responde muy bien a niveles crecientes de fósforo (nivel crítico 14-16 ppm, Ayala et al., 2010). En cuanto al establecimiento de la especie, el vigor inicial es bajo, presenta establecimiento lento y no tolera la sombra (Carámbula, 2010). Como consecuencia, la reducción del rendimiento del trébol blanco cuando se siembra con especies asociadas se debe a la competencia librada entre todos los componentes de la pastura por luz, nutrientes y humedad (Langer, 1981), siendo notoriamente mayor dicha reducción cuando la especie asociada se trata de raigrás, en comparación con festuca y/o dactylis (Muslera y Ratera, 1991).

Según Formoso (1996), el trébol blanco eleva las hojas e inflorescencias por encima del horizonte de pastoreo, por lo tanto, mantiene los meristemos apicales de estolones, meristemos axilares nodales y primordios foliares lejos del diente del animal. Determinando que los puntos de crecimiento se mantengan protegidos, lo que permite en una instancia posterior mantener tanto el rebrote como la colonización de nuevos espacios por parte de la especie. Para Carámbula (2002a), si bien el trébol se adapta a pastoreos intensos, se ve afectado por manejos severos y exagerados. Se recomienda un manejo que permita mantener plantas vigorosas que presenten mayor longitud de estolones por área de suelo e incrementos en los diámetros del mismo, mayor peso individual de las hojas, así como mayor proporción de las hojas cosechables.

Siembras en otoño temprano permiten un primer pastoreo a fines de invierno a principios de primavera (Ayala et al., 2010). Las densidades a utilizar son 4 kg/ha en forma pura, y de 2 a 4 kg/ha en mezcla (Carámbula, 2002a).

El trébol blanco posee un elevado valor nutritivo a la largo de toda la estación de crecimiento; además de presentar habilidad para fijar cantidades muy apreciables de nitrógeno, lo que lo convierte en una de las especies más importantes para utilizar en pasturas (Carámbula, 2010).

Se puede mencionar que presenta alto riesgo de generar meteorismo, principalmente en el crecimiento primaveral; como consecuencia se debe usar asociada a una gramínea (Carámbula, 1977).

El cultivar Zapicán es uno de los cultivares más utilizados en el país, lo que prueba la gran adaptación y productividad de este material (Ayala et al., 2010). Unas de sus características más importantes son su rápido establecimiento y excelente producción invernal.

Presenta un buen aporte invernal de forraje, produce muy bien desde otoño hasta mediados de la primavera. Según la evaluación de cultivares realizado por INIA e INASE (2020), la producción de forraje del primer año fue de 7376, y en el segundo año de 7444, acumulando 14821 kg/ha de MS.

Con relación a su estación de crecimiento, la misma va desde marzo a diciembre con un pico de producción en octubre, disminuyendo su crecimiento en verano. En numerosos casos, a partir del tercer año se reduce su persistencia por estolones, para lo que es necesario realizar un adecuado manejo que asegure una buena resiembra (García et al., 1991).

2.4.4 *Lotus corniculatus*

Lotus corniculatus L. es una leguminosa perenne estival, con habito de crecimiento de erecto a decumbente según el cultivar (Carámbula, 2010).

Se adapta a un amplio rango de suelos, desde arenosos hasta arcillosos, secos o húmedos, ácidos y alcalinos (Langer, 1981). En el país se ha indicado que a causa de la amplia adaptación a suelos y debido a que no provoca meteorismo, es unas de las leguminosas más utilizadas (Ayala et al., 2010). Según Formoso (1996), los atributos del *Lotus corniculatus* como la tolerancia a la sequía, el elevado valor nutritivo y persistencia, lo convierte en una especie muy recomendable para las mezclas forrajeras. Presenta buena respuesta a la fertilización fosfatada, sin embargo, no exige altos niveles de fósforo en el suelo (Ayala et al., 2010).

Según Carámbula (2002a), la especie se beneficia con pastoreos controlados, con una altura de ingreso de 20-25 cm en pastoreos rotativos. Para pastoreos continuos, no se deben dejar remanentes menores a 7,5 cm de altura. Para Zanoniani y Ducamp (2004), los cultivares erectos deben quedar con más rastrojo que los postrados, debiendo efectuarse pastoreos racionales y rotativos. Las hojas nuevas se ubican en la parte superior del canopeo, siendo susceptibles a la defoliación, como consecuencia, el animal remueve las hojas fotosintéticamente más activas, así como meristemas axilares y apicales, reduciendo la capacidad de rebrote. Para Formoso (1996), pastoreos muy frecuentes e intensos durante todo el año, determinan que se vea sobrepasada la plasticidad de esta especie y se ocasionen pérdidas de plantas y disminución de la persistencia en la pastura.

En cuanto al aporte de forraje, la especie ofrece un buen potencial de producción en primavera, verano y otoño, logrando producir a fines de invierno en cultivares sembrados tempranos.

La densidad de siembra recomendada es de 4-10 kg/ha en mezclas (Carámbula, 2002c).

El cultivar Rigel es un cultivar sintético de *Lotus corniculatus* seleccionado en INIA La Estanzuela por persistencia a campo, destacando su mejora. Supera períodos moderados de sequía, y persiste en veranos secos cuando se realizan manejos de defoliación adecuados (INIA, s.f.).

Presenta un ciclo de crecimiento similar al cultivar San Gabriel, con floración temprana y sin reposo invernal.

Su productividad es destacada en todas las estaciones excepto en invierno. Rinde más forraje que San Gabriel desde el primer año, produciendo un 9% más en el segundo año y un 25% más en el tercer año (INIA, s.f.).

2.4.5 *Paspalum notatum*

El *Paspalum notatum* Flüggé es una gramínea perenne, de ciclo estival, con crecimiento rastrero, postrado, con estolones que enraízan desde los nudos.

Es considerada como una gramínea agresiva y con un sistema radicular profundo (Rechigl et al., 1993). Debido a sus tallos rastreros macizamente radiculados con raíces largas y fibrosas, forman pasturas densas y firmes (Skerman y Riveros, 1992).

Rosengurtt (1946) indica que las siembras de octubre a diciembre fueron las más favorables. Demora en nacer tres semanas, y germina con temperaturas cálidas.

La producción de forraje se concentra en primavera- verano y otoño, siendo enero el mes de mayor producción en el hemisferio Sur.

Según Barreto y Boldrini, citados por Maraschin (2000), el paspalum se adapta bien al pastoreo, resistiendo el pisoteo debido a que sus estolones se encuentran protegidos al estar cubiertos por la vaina. Boggiano, citado por Maraschin (2000), indica que con pastoreos entre 15 cm de altura de ingreso y un remanente de 5 cm, puede demostrar altos niveles de producción. Para Giorello (2020), el manejo del pastoreo es el principal factor para el control de la productividad, calidad y persistencia de pasturas perennes; en pastoreos rotativos se recomienda una altura de entrada de 20 a 30 cm y una altura de remanente de 10-15 cm, mientras que en pastoreo continuo la altura recomendada es de 10 a 24 cm.

Pizarro (2000), sobre el género paspalum sostiene que las limitantes principales para su uso comercial son: el escaso conocimiento de su potencial forrajero, la falta de consistencias en los resultados, así como de continuidad en la investigación sobre su manejo y la falta de producción estable de semilla de buena calidad.

El cultivar INIA Sepé presenta muy buena adaptación a varios tipos de suelos y regiones del país, desde suelos arenosos a suelos pesados de basalto y cristalino y suelos bajos (inundables o no) de la región Este y Noreste (Giorello, 2020).

Debido a su lento desarrollo inicial, se espera que la chacra tenga un enmalezamiento temprano, y a su vez, el primer año la especie tiene un uso limitado (Giorello, 2020). Dada la presencia de estolones y rizomas, tiene una gran capacidad colonizadora y ofrece la posibilidad de ser incorporada a los sistemas productivos, como componente de una pradera o incluso como monocultivo de alta producción (Reyno, 2015).

La producción de forraje puede variar desde bajos aportes en la etapa de implantación (1500-2000 kg MS/ha/año) a producciones en el entorno de 6000 a 12000 kg/ha/año de MS en los años post implantación, alcanzando los valores más altos en condiciones de alta humedad y fertilidad. Las tasas de crecimiento promedio durante el ciclo son aproximadamente 45 kg/ha/día de MS (Giorello et al., 2021).

2.5 HIPÓTESIS

- Se espera una diferencia en las tasas de crecimiento de forraje en cada mezcla a favor del método de estimación donde el corte no es al ras del suelo, sino que se parte de una mayor área foliar remanente y como consecuencia, se obtendría una mayor tasa de crecimiento.
- El desempeño de cada mezcla dependerá de su composición, por su efecto en la variación estacional del crecimiento y por tanto en la productividad anual.
Se espera mayor producción anual en las mezclas con presencia del lotus respecto a las mezclas con trébol blanco, considerando que el mismo presenta una mayor producción en primavera-verano y en el total anual respecto al trébol blanco.
En relación a las dos mezclas que contienen lotus, se espera una mayor producción en la mezcla que contiene dactylis en relación a festuca, debido a que el mismo se desempeña mejor con pastoreos menos frecuentes respecto a festuca.
- Se espera una lenta implantación del paspalum puro, pero con una rápida colonización por aumento del número y tamaño de las plantas

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES

3.1.1 Ubicación experimental y período del experimento

El trabajo se realizó en Facultad de Agronomía. EEFAS (Estación Experimental de la Facultad de Agronomía en Salto), ruta 31 km 21.5. El período de evaluación fue de otoño 2020 a primavera 2021 sobre tres mezclas forrajeras y una pastura pura.

3.1.2 Descripción del sitio experimental

El área experimental donde se realizó el ensayo se encuentra sobre la Unidad de suelos Itapebí-Tres Árboles, según la carta de reconocimiento de Suelo del Uruguay (Altamirano et al., 1976). Los suelos dominantes de esa unidad son Brunosoles eutrícos, con un horizonte A melánico de 30cm, un Bt con transición suave de 10 cm y un horizonte Bt con alto contenido de arcilla (ver anexo No.1, características del horizonte A y B).

3.1.3 Registros meteorológicos

Los registros meteorológicos fueron tomados en el Parque Agrometeorológico de la EEFAS, el mismo está situado a un kilómetro del área experimental.

Con la información de precipitaciones y evapotranspiración, se realizó un balance hídrico decádico para el periodo de marzo 2020 a diciembre 2021. Se usó un almacenaje de 69,7 mm, a partir de esto se calculó la variación de almacenaje, deficiencias, excesos, y el índice de bienestar hídrico (IBH). Este último resulta de la relación evapotranspiración real de una pastura y la evapotranspiración potencial, y se utiliza para caracterizar las condiciones hídricas (Petrasovits, citado por Cruz et al., 2014). El mismo fue validado por estos autores para campo natural y se divide en cuatro categorías descriptas a continuación.

Cuadro No. 1. Categorías de severidad hídrica para campo natural en Uruguay

Intervalo de IBH	Efecto de la escasez de agua
1 – 0,7	Escasez de agua es sólo teórica, dado que las plantas reciben agua de forma continua e ilimitada
0,7 - 0,5	Restricción paulatina de la capacidad de satisfacer la demanda de agua
0,5 – 0,2	Suministro de agua periódico y restrictivo. Escasez que provoca pérdidas de biomasa
< 0,2	Grave estrés hídrico que puede causar la muerte de plantas si se prolonga

Fuente: Cruz et al. (2014).

3.1.4 Antecedentes del área experimental y siembra y manejo de las mezclas

Las pasturas mezclas fueron sembradas el 16 y 17 de abril del 2020, teniendo como antecesor un cultivo de moha (*Setaria italica* L.) que fue sembrada en primavera de 2019. En el caso de la pastura pura de *Paspalum notatum* se sembró luego de un cultivo de raigrás, el 24 de noviembre del 2020.

Previo a la siembra se realizó la sistematización del sitio para riego. La misma consistió en un laboreo con disquera y posteriormente una pasada de landplane para la nivelación del terreno, realizándose fajas a 10 metros con encanterador y un canal de desagüe con 0,3 % de desnivel.

Se aplicó en presiembra herbicida para controlar las malezas, se usó una dosis de 5 L ha⁻¹ de glifosato.

Las gramíneas se sembraron en siembra directa con una sembradora Semeato, en línea a una distancia entre filas de 17 cm, mientras que las leguminosas se sembraron al voleo.

Cuadro No. 2. Especies utilizadas y fechas de siembras

Especie	Cultivar	Densidad de siembra (kg/ha)
<i>Lolium multiflorum</i> L.	E 284	15
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	Rizar	15
<i>Dactylis glomerata</i> L.	Aurus	12
<i>Paspalum notatum</i> Flügge	INIA Sepé	8 pastura pura 5 en mezcla
<i>Trifolium repens</i> L.	Zapicán	2
<i>Lotus corniculatus</i> L.	Rigel	8

El *Lolium multiflorum* se utilizó bajo pastoreo hasta el 8/11/2020, posteriormente se aplicó herbicida glifosato a 3,5 L/ha y 2,4- DB a dosis de 1L/ha el 10/11/2020, y se sembró *Paspalum notatum*.

La fertilización para todas las mezclas se realizó al momento de la siembra y también se realizó una re-fertilización en abril del año 2021. En ambas ocasiones se utilizó el fertilizante 7 - 40/40 - 0 + 5S, con una aplicación de 120 kg/ha.

Durante el primer año de las mezclas se aplicó a los 90 días pos-siembra los siguientes herbicidas: flumetsulan (Preside) a 400 cc/ha y 2,4-DB sal amina a 800 cc/ha.

Todas las mezclas recibieron un corte con rotativa a una altura promedio de 10 cm, en febrero de 2021 y en junio de 2021.

3.2. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.2.1 Tratamientos de pasturas sembradas

El experimento consistió en cuatro tratamientos distintos, compuestos por las siguientes pasturas sembradas:

- 1- *Paspalum notatum* puro
- 2- *Festuca arundinacea*, *Paspalum notatum*, *Trifolium repens*
- 3A- *Festuca arundinacea*, *Paspalum notatum*, *Lotus corniculatus*
- 3B- *Dactylis glomerata*, *Paspalum notatum*, *Lotus corniculatus*

3.2.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar. El área experimental abarca una superficie de 2,25 hectáreas, que fue dividida en tres bloques de un área similar. Los bloques fueron divididos en cuatro parcelas, obteniéndose doce parcelas para evaluar. Las parcelas de las mezclas 1 y 2 tienen una dimensión de 50 x 50 m, mientras que en las parcelas 3A y 3B las dimensiones son de 50 x 25 m (ver figura No.1).

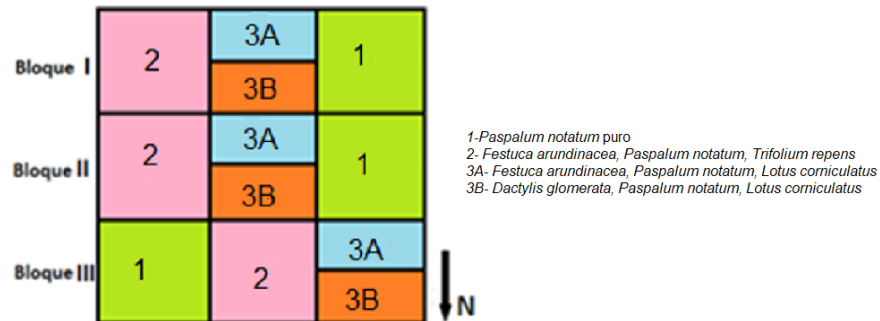


Figura No. 1. Croquis de la disposición de los bloques y tratamientos del diseño experimental

3.3. DETERMINACIONES EN LA PASTURA

3.3.1 Biomasa de forraje disponible y remanente

Se considera biomasa de forraje disponible a la cantidad de forraje presente en la parcela antes del ingreso de los animales; y biomasa de forraje remanente a la cantidad de forraje que queda luego del retiro de los animales inmediatamente posterior a cada pastoreo, expresados como kg/ha de MS.

Para determinar la biomasa disponible y remanente se utilizó el método de rendimientos comparativos de Haydock y Shaw (1975). Se estableció una escala de apreciación visual de 3 a 4 puntos según el grado de variabilidad (siendo el punto 3 ó el 4 el de mayor altura y cobertura, y el punto 1 de menor altura y cobertura). Mientras que para el forraje remanente la escala consistió en 2 ó 3 puntos según el grado de variabilidad (siendo 2 ó 3 el punto de mayor altura y cobertura, y 1 el punto de menor altura y cobertura), realizando en cada fecha dos medidas para cada punto de la escala. La cantidad de biomasa presente se estimó usando rectángulos de 0,1 m² (0,2 m x 0,5 m) dentro de los cuales se procede a cortar el forraje con una tijera de aro a una altura aproximada de 2 cm, colectando el material cosechado, el cual se pesa en verde y posteriormente al secado en estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 a 72 horas. En cada parcela se realizó un total de 25 determinaciones por el cual se le asignó un número de la escala que perteneció.

Las determinaciones de biomasa del forraje disponible se realizaron el día previo o el día de ingreso de los animales, mientras que la biomasa del forraje remanente se determinó en el momento de retirar los animales de la parcela.

3.3.2 Altura del forraje en la biomasa disponible y remanente

Para determinar la altura promedio de cada parcela, se recorrió el área en forma aleatoria en zig-zag, obteniendo 25 mediciones por parcela. Las mediciones se tomaron con una regla centimetrada, la cual se coloca en el centro del rectángulo de 0,1 m². A su vez, en las escalas usadas para determinar la biomasa se realizaron tres mediciones de altura en el cuadrante al realizar la escala, una en el centro y dos más en extremos opuestos diagonalmente, obteniendo una altura promedio por escala.

3.3.3 Tasa de crecimiento de forraje

La tasa de crecimiento se define como la cantidad de materia seca que se produce por día (kg/ha/día de MS) en el período entre dos evaluaciones sucesivas. Es calculada como la cantidad de forraje producido dividido entre los días de acumulación.

Esta determinación se realizó con dos procedimientos distintos:

1. En el período desde la siembra (16 /04/ 2020) a enero de 2021 se determinó por diferencia entre la cantidad de biomasa de forraje remanente post-pastoreo y de biomasa de forraje disponible en el pastoreo siguiente. En el caso del primer pastoreo se calculó por la biomasa acumulada entre la siembra y ese momento.
2. En el período 11 de enero de 2021 al 15 de noviembre 2021 (fin de evaluación) se utilizó el método de jaulas de exclusión al pastoreo móviles (Frame 1993, Mannetje 2000), con uso de dos a tres jaulas de exclusión por parcela; las cuales fueron colocadas en los bloques I y III.

Para la cuantificación del crecimiento de forraje con jaulas de exclusión se utilizaron dos procedimientos distintos aplicados sucesivamente. En el período enero a marzo de 2021 se determinó la acumulación de forraje desde una altura de corte de 2 cm, utilizando un área de corte por jaula de 0,4 m². Desde marzo de 2021 a noviembre de 2021, se aplica el corte de jaulas con dos métodos distintos aplicados cada uno en una mitad del área de cada jaula. Un método A, donde el corte es similar al mencionado anteriormente, o sea que se mide la acumulación de forraje desde una altura remanente de 2 cm; y un método B, en el cual se realiza el corte hasta una altura similar a la del remanente pos-pastoreo,

evaluando la acumulación de forraje desde dicha altura. En este último caso, para el cálculo de la acumulación de forraje, se considera la cantidad de biomasa remanente para estimar el crecimiento durante el periodo evaluado. En ambos métodos se utiliza para las determinaciones un área de corte de 0,2 m². En ambos casos las muestras de forraje se pesaron en verde y se colocaron en estufa de aire forzado a 60 °C durante 72 horas para obtener el peso seco y el porcentaje de MS.

3.3.4 Composición botánica

Se evaluó la proporción en porcentaje de cada componente o fracción (gramínea sembrada, leguminosa sembrada, otras gramíneas y leguminosas, restos secos, malezas) en la biomasa presente de la mezcla forrajera.

Para la estación de primavera 2021, se determinó la composición botánica para las doce parcelas a evaluar, obteniendo la proporción de cada componente en el total de materia seca. En cada parcela se cortó el material en dos cuadros de 0,9 m² con tijera a una altura de 2 cm, el contenido se embolsó y llevó al laboratorio para separar en bandejas diferentes según los componentes. Posteriormente se pesaron las mismas determinando así el peso fresco de cada uno. Luego las muestras se colocaron en estufa de aire forzado a 60 °C durante aproximadamente 48 a 60 horas (dependiendo del volumen de la muestra) para luego pesarse en seco.

También se determinó la composición botánica a través de la apreciación visual en noviembre 2021. Consistió en medir visualmente en cada cuadrante qué porcentaje ocupan los diferentes componentes. Se diferenció entre qué porcentaje del área ocupaban las gramíneas y las leguminosas sembradas, otras gramíneas, las malezas, los restos secos y el suelo descubierto.

3.3.5 Determinaciones adicionales realizadas en *Paspalum notatum* INIA Sepé puro

En la pastura pura de paspalum se realizó una serie de determinaciones en el otoño (abril) y primavera (noviembre) del 2021 y otoño (mayo) 2022.

En un marco de 1 m² se contabilizó el número de plantas de la especie y su altura promedio, realizando 8 repeticiones por parcela. A su vez, se

determinó subjetivamente el grado de cobertura de la especie sembrada, de otras especies (se consideraron como malezas) y suelo desnudo.

3.3.6 Manejo del pastoreo

Las mezclas fueron pastoreadas con vacas lecheras en ordeño. El número de animales y los tiempos de pastoreo fueron variables en distintos momentos del año. Al respecto se indica para cada estación la cantidad de animales que realizaron los pastoreos:

- Primavera/2020: 83 vacas
- Otoño/2021: 30 a 45 vacas
- Invierno/2021: 70 a 90 vacas
- Primavera/2021: 80 a 90 vacas

El pastoreo se realizó por bloque, con una ocupación de entre un mínimo de dos-tres a un máximo de cinco días en cada uno de ellos, en función de la acumulación de pasto, o sea de la biomasa disponible y de la cantidad de animales en cada pastoreo.

3.4. MANEJO DE LOS DATOS

Para el procesamiento de los datos en las mezclas 2 y 3A, se definieron las estaciones para el cálculo de la tasa de crecimiento de la siguiente manera:

- Otoño 2020: 14 días de abril (siembras el 16/04) + 31 días mayo
- Invierno 2020: 30 días junio+31 días julio+31 días agosto
- Primavera 2020: 30 días setiembre+31 días octubre+30 días noviembre
- Verano 2020-2021: 31 días diciembre+31 días enero+28 días febrero
- Otoño 2021: 31 días marzo+30 días abril+ 31 días mayo
- Invierno 2021: 30 días junio+31 días julio+31 días agosto
- Primavera 2021: 30 días de setiembre+31 días octubre+15 días noviembre.

Para la mezcla 3B las jaulas fueron colocadas en el invierno 2021, más precisamente el 21/06/2021. Por lo tanto, las estaciones van a estar conformadas de la siguiente manera:

- Invierno 2021: 9 días junio+31 días julio+31 días agosto

- Primavera 2021: 30 días de setiembre+31 días octubre+15 días noviembre.

Para la mezcla 1, las jaulas fueron colocadas a partir del 24/11/2020, y el primer periodo registrado abarca desde el 24/11/2020 al 02/03/2021, por lo tanto, se decidió agrupar la primavera 2020 con el verano 2021. Las estaciones quedaron conformadas de la siguiente manera:

- Primavera 2020-verano2021: 6 días de noviembre+31 días de diciembre+31 días de enero+28 días febrero
- Otoño 2021: 31 días marzo+30 días abril+31 días mayo
- Invierno 2021: 30 días junio+31 días julio+31 días agosto
- Primavera 2021: 30 días setiembre+31 días octubre+15 días noviembre.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La información se procesó mediante el paquete estadístico INFOSTAT, las variables medidas se analizaron por medio del análisis de varianza y de constatarse diferencias significativas entre tratamientos se realizó la prueba de DMS para determinar la mínima diferencia significativa entre tratamientos.

3.5.1. Modelo estadístico para tasa de crecimiento por método de corte, tasa de crecimiento estacional por mezcla y acumulación anual de forraje

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \xi_{ij}$$

Siendo:

- Y = tasa de crecimiento por método de corte, tasa de crecimiento por tipo de mezcla, productividad anual
- μ = media general
- t_i = efecto del i-ésimo método de corte, efecto de la i-ésima mezcla
- ξ_{ij} = es el error experimental.

3.5.2. Modelo estadístico para cobertura total y por planta de paspalum, número de plantas, altura promedio de la planta, cobertura por malezas, porcentaje de suelo desnudo y tasas de crecimiento de forraje en paspalum

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \xi_{ij}$$

Siendo:

- Y = porcentaje de cobertura total de paspalum, número de plantas por metro cuadrado de paspalum, altura promedio de la planta (en cm) de paspalum, porcentaje de cobertura por planta de paspalum, porcentaje de cobertura por malezas, porcentaje de suelo desnudo, tasa de crecimiento de forraje (en kg/ha/día de MS) de paspalum
- μ = media general
- t_i = efecto del i -ésimo momento de muestreo
- ξ_{ij} = es el error experimental.

A continuación, se presentan los rangos utilizados para el nivel de significancia

Pr>F	Nivel significativo
< 1%	Muy significativo
Entre 1 y 5%	Significativo
Entre 5 y 10 %	Tendencia a diferencia significativa

4. RESULTADOS

4.1 DATOS METEOROLÓGICOS

4.1.1 Precipitaciones

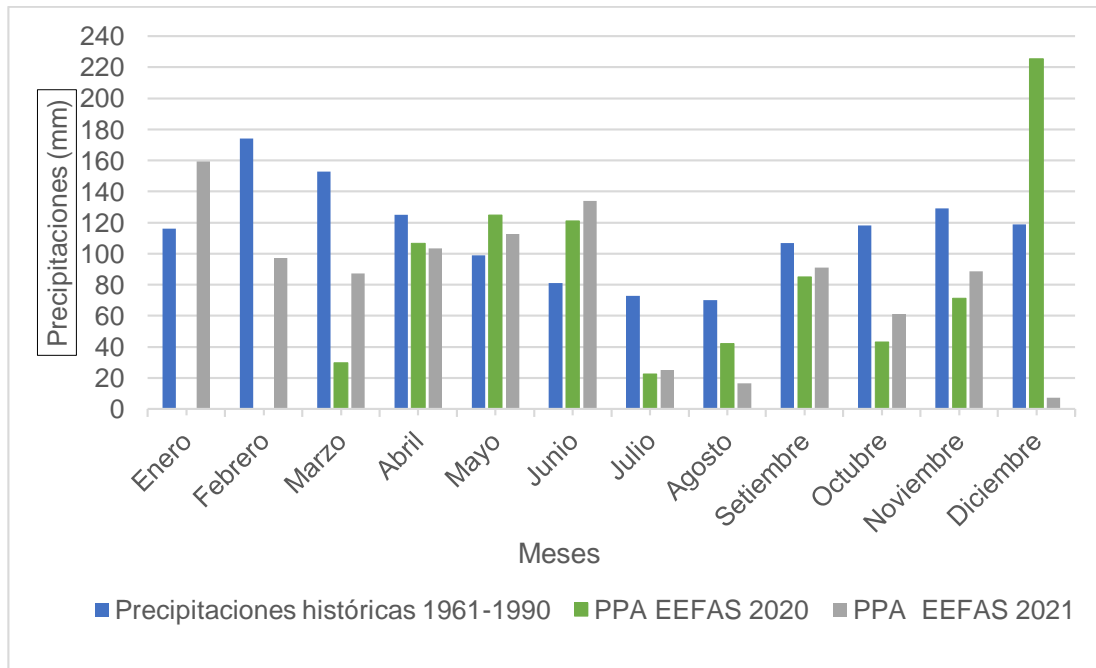


Figura No. 2. Registro de precipitaciones acumuladas mensuales (PPA en mm) durante el período del experimento comparado con los promedios históricos del período 1961-1990

Fuente: MDN. DNM (1991).

Para el 2020, en la mayor parte del periodo las precipitaciones se encontraron por debajo de la media histórica, a excepción de los meses de mayo, junio y diciembre. En la totalidad del año se determinó una diferencia de 201,9 mm en desfavor del año experimental, lo que representa un 19% menos que el promedio histórico.

Se puede observar para el año 2021, en los meses de enero, mayo y junio la media obtenida fue mayor a la esperada según los registros históricos, mientras que en los restantes meses del periodo la media obtenida fue inferior a lo esperado. Para el resto del periodo las precipitaciones fueron notoriamente inferiores en relación al promedio histórico. En la totalidad del período 2021, se determinó una diferencia de 268,5 mm en desfavor del año experimental.

En el anexo se presenta un análisis de los períodos en que existió un registro de precipitación superior al promedio histórico en ambos años.

4.1.2 Temperatura

Las temperaturas registradas en el año de estudio fueron muy similares a la serie histórica (ver figura No. 3).

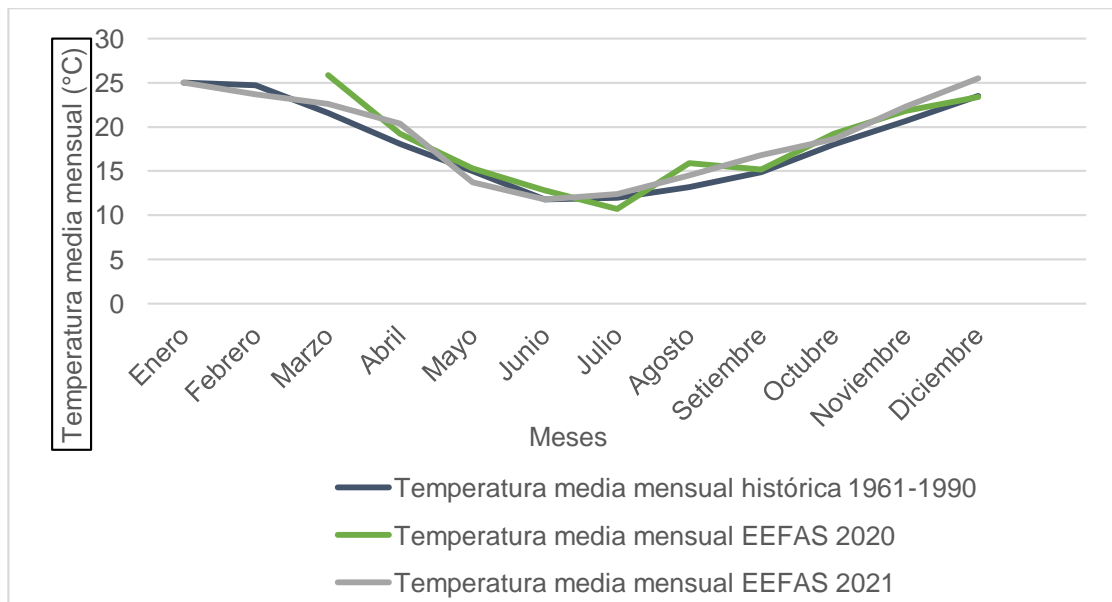


Figura No. 3. Registro de las temperaturas medias mensuales (en °C) durante el periodo del experimento comparado con los promedios históricos del período 1961-1990

Fuente: MDN. DNM (1991).

Las temperaturas promedio para el año 2020 variaron entre un mínimo de 10,7 °C en el mes de julio y un máximo de 25,9 °C en el mes de marzo; para el año 2021 del estudio variaron entre un valor mínimo de 11,8 °C en el mes de junio y un valor máximo de 25,0 °C en el mes de enero, siendo mínimas para ambos años las diferencias con el promedio histórico.

En el año 2020 las mayores diferencias se registraron en los meses de marzo y julio, con variaciones de temperatura de 4,3 °C por encima y 1,3 °C por debajo del promedio histórico, respectivamente. Para el 2021 la mayor diferencia se registró en el mes de abril, con variaciones de temperatura de 2,3°C por

encima del promedio histórico.

4.1.3 Evolución del Índice de bienestar hídrico y variación de almacenaje

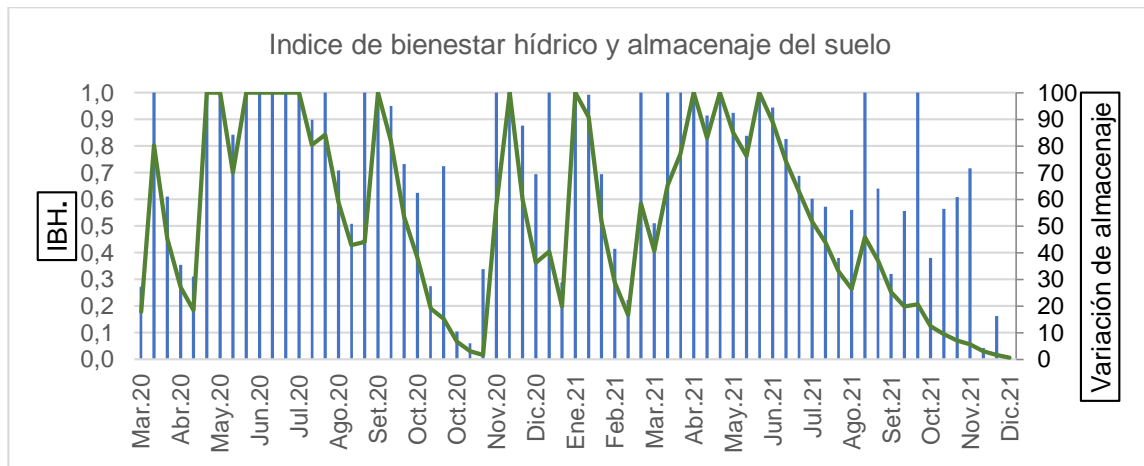


Figura No. 4. Evolución del índice de bienestar hídrico (en %) y porcentaje de almacenaje del suelo a nivel decádico durante el periodo de estudio

Se puede observar como el índice de bienestar hídrico estuvo por debajo de 0,2 para el 9% del periodo evaluado. Según este índice la pastura estuvo sometida a un grave estrés hídrico.

Durante la evaluación el 16% se mantuvo en el rango 0,2- 0,5, induciendo una escasez de agua que provoca pérdidas de biomasa.

El 25% de las evaluaciones se encontraron dentro del rango 0,5-0,7 con una restricción paulatina de la capacidad de satisfacer la demanda de agua.

Según el índice descripto, las plantas estuvieron en una situación de escasez sólo teórica, recibiendo agua de forma continua e ilimitada (IBH 0,7-1) durante un 49% del periodo evaluado.

4.2 TASAS DE CRECIMIENTO SEGÚN MÉTODO A Y B EN EL PERIODO DE MARZO A NOVIEMBRE

En cada periodo evaluado al menos en una mezcla se encuentra diferencia significativa entre los métodos de corte utilizados (ver cuadro No. 3.).

Cuadro No. 3. Tasa de crecimiento de forraje (en kg/ha/día de MS) de cuatro mezclas según el método de corte utilizado

Periodo	Mezcla	Método A	Método B
Marzo-abril 2021	2	29,5 a	53,0 b
	3A	31,0 a	60,5 b
	1	20,0 a	8,5 a
Abril-junio 2021	2	20,3 a	13,9 a
	3A	25,5 a	21,7 a
	1	2,3 a	6,9 b
Junio-julio 2021	2	34,4 a	55,7 b
	3A	31,4 a	57,1 a
	1	11,7	-
	3B	35,0 a	44,1 a
Julio- setiembre 2021	2	32,4 a	19,8 a
	3A	27,1 a	26,1 a
	1	4,1 a	12,6 a
	3B	25,9 a	3,5 b
Setiembre-noviembre 2021	2	30,2 a	39,2 a
	3A	29,2 a	35,4 a
	1	35,0 a	27,9 a
	3B	32,6 a	26,9 a

Dentro de cada período y mezcla letras distintas indican diferencias significativas entre métodos de corte ($p < 0,10$).

Referencias

1: paspalum

2: festuca+paspalum+trébol blanco

3A: festuca+paspalum+lotus

3B: dactylis+paspalum+lotus

Evaluando por mezclas, la número 2 presenta diferencias significativas entre los métodos de corte para los periodos de marzo-abril y junio-julio a favor del método B, no presentando diferencia en el resto de los periodos analizados.

Para la mezcla 3A, la diferencia significativa se presenta en el periodo marzo-abril, a favor del método B.

En la mezcla 1, la diferencia significativa se encuentra solo en el periodo de abril-junio a favor del método B, en el resto de los periodos no existe diferencia entre los métodos de corte. Los resultados obtenidos en los meses

de junio-julio no se consideran ya que no hay valor para el método B en dicho periodo.

Por último, la mezcla 3B, fue evaluada con ambos cortes a partir del periodo de junio-julio. Se encontró diferencia significativa solo para el periodo julio-setiembre, a favor del método A.

4.3 TASAS DE CRECIMIENTO SEGÚN MEZCLAS

No se encuentran diferencias significativas entre las mezclas en los periodos evaluados, excepto en la primavera 2020 y verano 2020-21, donde el crecimiento de la mezcla 3A supera al de la mezcla 2 en ambos periodos (ver cuadro No. 4).

Cuadro No. 4. Tasa de crecimiento de forraje (en kg/ha/día de MS) por mezcla según la estación de crecimiento en el otoño 2020- primavera2021

Periodo	Mezcla 3A	Mezcla 2	Mezcla 3B
Otoño 20	12,7 a	12,7 a	-
Invierno 20	10,8 a	12,7 a	-
Primavera 20	59,5 b	19,7 a	-
Verano 21	59,2 b	28,5 a	-
Otoño 21	28,9 a	25,8 a	-
Invierno 21	40,9 a	38,8 a	28,2 a
Primavera 21	36,7 a	37,2 a	28,5 a

Letras distintas dentro de cada estación de crecimiento indican diferencias significativas entre medias de mezclas ($p < 0,10$).

4.4 PRODUCTIVIDAD ANUAL SEGÚN PASTURAS MEZCLAS Y PURA

La productividad anual presenta diferencias significativas entre las mezclas evaluadas.

Cuadro No. 5. Productividad anual de forraje (en kg/ha de MS) de cada mezcla en cada año de evaluación

Productividad anual	Mezcla 2	Mezcla 3A	Mezcla 3B	Mezcla 1
2020	6496 b	12700 a	-	459 c
2021 &	9327 a	9760 a	4787* b	3843 b

Dentro de cada año de evaluación letras distintas indican diferencias significativas entre mezclas ($p < 0,05$). * La producción presentada para la mezcla 3B corresponden al periodo de invierno y primavera. & la producción del año 2021 corresponde hasta noviembre.

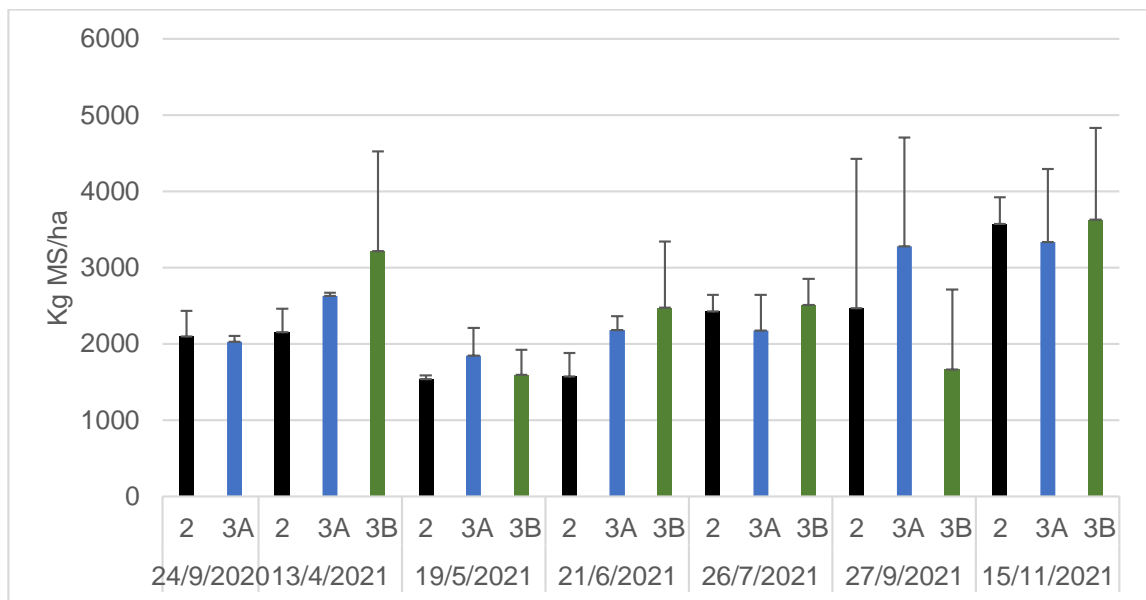
Para el periodo 2020 la mezcla 3A es significativamente superior al resto de las mezclas.

En la evaluación para el año 2021, la mezcla 2 y 3A son iguales estadísticamente, superiores a la mezcla 3B y mezcla 1, destacando que la mezcla 3B es evaluada en un periodo menor como ya se mencionó.

Durante el periodo estudiado la menor producción es presentada por la mezcla 1, seguido por la mezcla 3B, estas mezclas son ampliamente superadas por la mezcla 2 y 3A, siendo esta última superior en los dos años evaluados.

4.5 BIOMASA DISPONIBLE PREPASTOREO

La biomasa presente previa al pastoreo en general fue superior a los 1500 kg/ha de MS.



Barras indican desvío estándar

Figura No. 5. Biomasa disponible prepastoreo (en kg/ha de MS) para cada una de las mezclas

Para la mezcla 2, la menor biomasa disponible previo al pastoreo se encontró en el período de mayo del segundo año, con 1536 kg/ha de MS. Mientras que la mayor producción de biomasa se concentró en el período correspondiente a la primavera del segundo año, en las fechas 27/09/2021 y 15/11/2021 respectivamente.

En la mezcla 3A, la biomasa en el periodo de estudio estuvo entre los 1845 y 3335 kg/ha de MS. La menor biomasa disponible se encontró en el período de mayo del segundo año, con 1845 kg/ha de MS, mientras que la mayor producción de biomasa se concentró en el período correspondiente a la primavera del segundo año, en las fechas 27/09/2021 y 15/11/2021 respectivamente.

Para la mezcla 3B, la menor biomasa disponible se encontró en el período de 19/05/2021, con 1595 kg/ha de MS. La mayor biomasa disponible se encontró en la primavera del segundo año, siendo de 3628 kg/ha de MS. Cabe aclarar que en esta mezcla la biomasa disponible total correspondiente al periodo abril-noviembre 2021 fue de 15091 kg/ha de MS.

En todas las mezclas para el periodo correspondiente al mes de mayo de 2021, solo se determinó la biomasa disponible, pero los animales no ingresaron a comer, por lo que no fue un periodo con pastoreo.

4.6 COMPOSICIÓN BOTÁNICA SEGÚN PASTURA

En la composición botánica para cada mezcla, el peso de cada componente fue determinado por el aporte a la biomasa y por el área cubierta por apreciación visual.

Cuadro No. 6. Composición botánica promedio a partir del aporte de cada componente (en porcentaje) a la biomasa presente y por el área cubierta mediante apreciación visual en mezcla 2

Mezcla 2	Aporte a la biomasa (%)		Aporte al área cubierta (%)	
	Media	Desvío	Media	Desvío
Festuca	47,1	18,3	45,5	11,9
Trébol blanco	9,5	12,8	13,7	16,3
Otras gramíneas	3,3	5,7	1,7	2,6
Raigrás	1,0	1,7	0,8	1,4
Maleza	0,6	0,8	2,2	2,6
Restos secos	38,5	9,0	24,5	5,8
Suelo desnudo	-	-	11,7	1,4
Total	100	-	100	-

Se puede observar que no hubo diferencias en los valores estimados de participación de los diferentes componentes por la observación visual y el aporte a la biomasa.

En ambas determinaciones encontré como predominante la festuca, seguido por restos secos. En menor proporción se encontró trébol blanco y otras gramíneas.

Se detectó 11,7% de suelo desnudo, y un bajo porcentaje de malezas, siendo 0,6% en el aporte a la biomasa y 2,2% en la apreciación visual.

En ambas determinaciones se registró raigrás, en bajas proporciones.

Cuadro No. 7. Composición botánica promedio a partir del aporte de cada componente (en porcentaje) a la biomasa presente y por el área cubierta mediante apreciación visual en mezcla 3A

Mezcla 3A	Aporte a la biomasa (%)		Aporte al área cubierta (%)	
	Media	Desvío	Media	Desvío
Festuca	46,0	5,0	46,7	7,7
Lotus	4,5	4,3	5,0	4,3
Trébol blanco	12,4	7,9	11,2	7,7
Maleza	0,6	1,0	1,3	1,9
Restos secos	36,5	9,8	23,3	3,8
Suelo desnudo	-	-	12,5	9,0
Total	100	-	100	-

Para la mezcla 3A los valores estimados en cada metodología fueron similares. El porcentaje de festuca superó el 45%, seguido en proporción por restos secos, siendo 36,5 % a partir del aporte a la biomasa y 23,3% en la apreciación visual.

En la determinación a partir del aporte a la biomasa el porcentaje de restos secos fue mayor al observado en la determinación por apreciación visual, siendo 36,5% y 23,3% respectivamente.

En ambas determinaciones se encontró Lotus en bajas proporciones, menor e igual al 5%.

Se detectó un 12,5% de suelo desnudo, y un bajo porcentaje de malezas, siendo 0,6% en el aporte a la biomasa y 1,3% en la apreciación visual al área cubierta.

Cuadro No. 8. Composición botánica promedio a partir del aporte de cada componente (en porcentaje) a la biomasa presente y por el área cubierta mediante apreciación visual en mezcla 3B

Mezcla 3B	Aporte a la biomasa (%)		Aporte al área cubierta (%)	
	Media	Desvío	Media	Desvío
Dactylis	45,3	16,3	36,2	3,3
Lotus	7,9	6,1	8,0	5,6
Trébol blanco	6,3	4,9	4,7	3,3
Festuca	4,5	7,9	3,3	5,8
Otras gramíneas	0,4	0,6	-	-
Maleza	1,3	1,4	2,2	1,2
Restos secos	34,5	3,9	30,7	6,7
Suelo desnudo	-	-	15,0	5,0
Total	100	-	100	-

En ambas determinaciones el componente predominante fue el dactylis. El segundo componente que se encuentra en mayor proporción son los restos secos, superando el 30%.

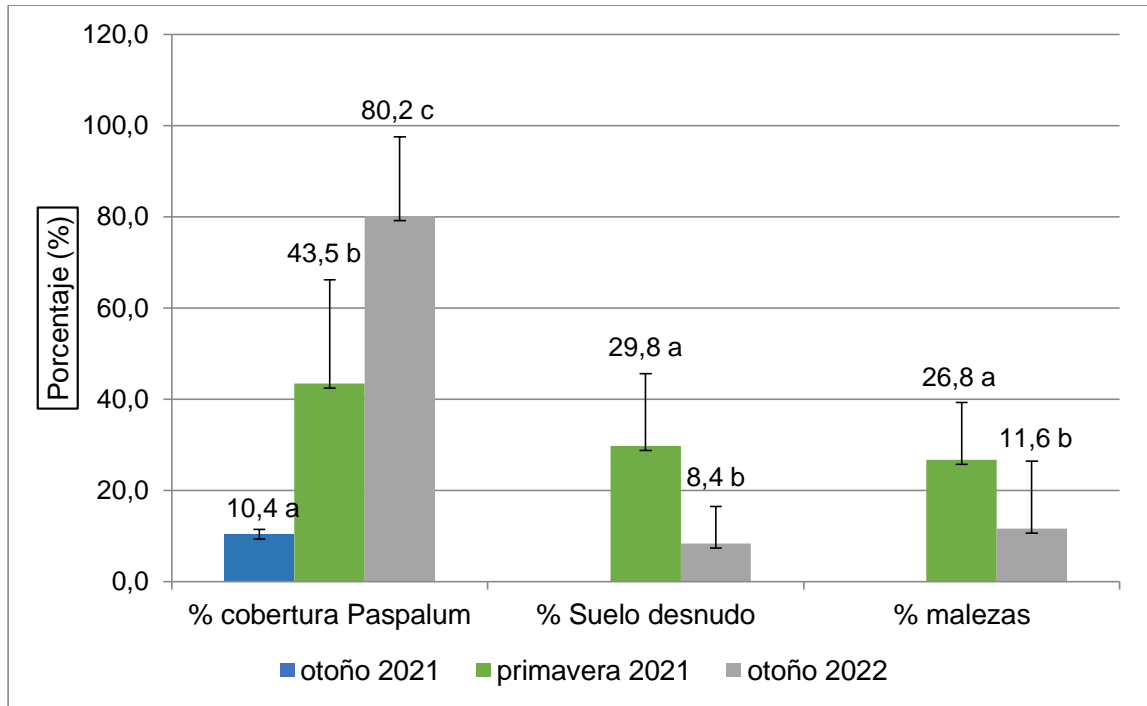
El lotus en ambas determinaciones represento un 8% del total, seguido por el trébol blanco y festuca.

El suelo desnudo representa un 15% del total, y el porcentaje de malezas un 1,3% en el aporte a la biomasa y 2,2% en el aporte por apreciación visual al área cubierta.

4.7 *Paspalum notatum*

4.7.1 Evolución del área cubierta y de las características estructurales

Se puede observar como el porcentaje de cobertura pasa de 10,4% a 80,2% en un año de crecimiento, desde seis a 18 meses post-siembra.



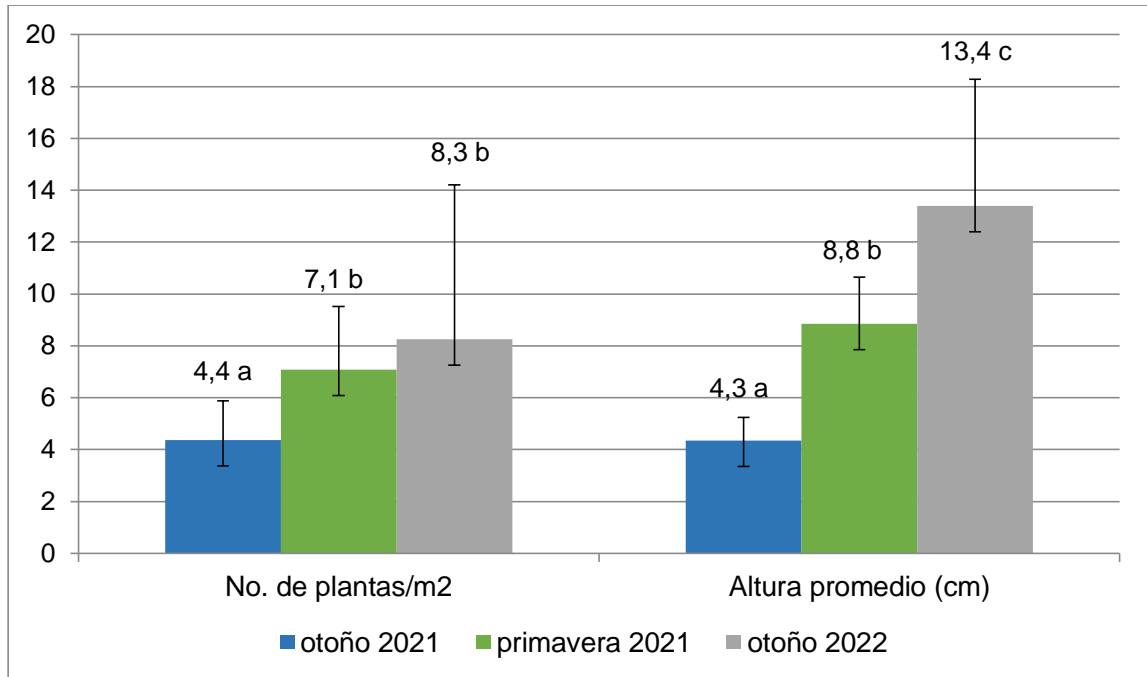
Dentro de cada momento de muestreo letras distintas indican diferencias significativas entre medias ($p < 0,05$).

Figura No. 6. Porcentaje de cobertura de *Paspalum notatum*, malezas y suelo desnudo para periodo otoño 2021, primavera 2021 y otoño 2022

El porcentaje de suelo desnudo disminuye, pasando de 29,8% en la primera determinación realizada en primavera 2021 a un 8,4% en el otoño 2022.

También para la determinación realizada para las malezas el porcentaje disminuye en un 15,1%, pasando de 26,8% en la determinación realizada en primavera 2021 a 11,6% en la determinación realizada en otoño 2022.

A continuación, se presenta un grafica con el número de plantas por m^2 y la altura promedio por planta expresada en centímetros.

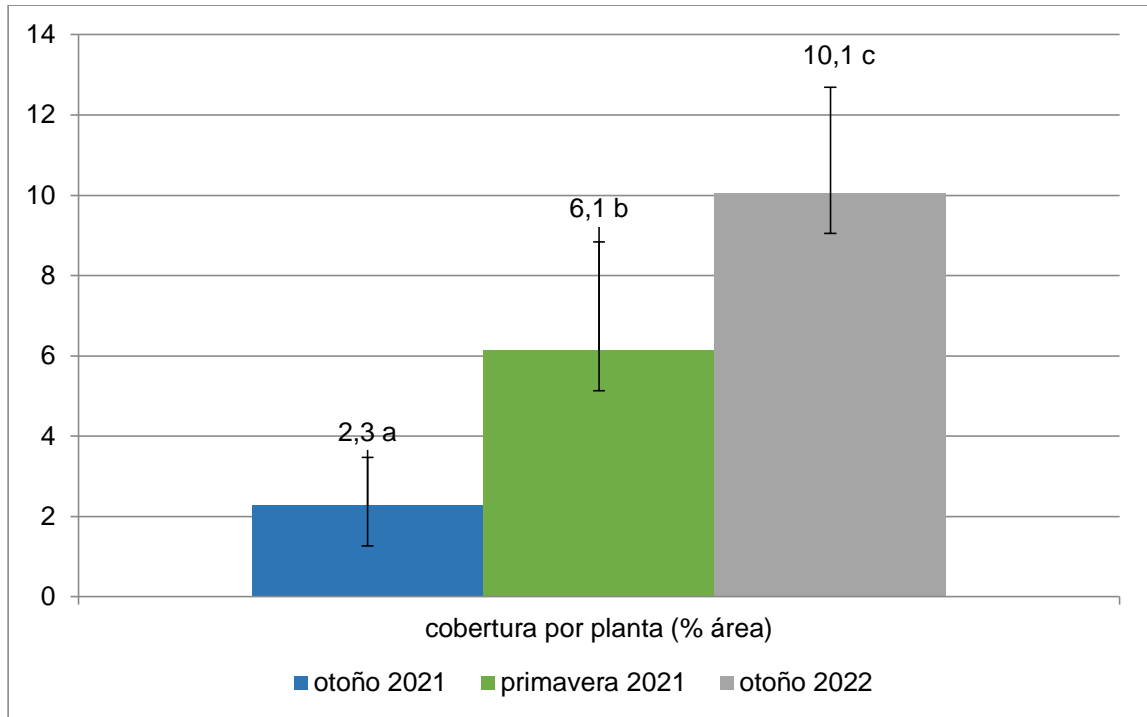


Dentro de cada momento de muestreo letras distintas indican diferencias significativas entre medias ($p < 0,05$).

Figura No. 7. Número de plantas por metro cuadrado y altura promedio de la planta (cm) para el periodo otoño 2021, primavera 2021 y otoño 2022

Se puede observar cómo tanto el número de plantas como la altura promedio aumenta entre las determinaciones. Para el caso de número de plantas la misma casi se duplica, pasando de 4,4 plantas/m² a 8,3 plantas/m² en otoño 2022. A su vez, para la altura promedio la misma se triplica entre los periodos de otoño 2021 y otoño 2022, aumentando de 4,3 cm a 13,4 cm.

Por último, se presenta la gráfica con el porcentaje de cobertura promedio por planta.



Dentro de cada momento de muestreo letras distintas indican diferencias significativas entre medias ($p < 0,05$).

Figura No. 8. Cobertura por planta de *Paspalum notatum* (en porcentaje) para los periodos otoño 2021, primavera 2021 y otoño 2022

Se puede observar, que al igual que lo detallado anteriormente para la población, en la determinación de otoño 2021 es donde el porcentaje de cobertura por planta fue menor, siendo un 2,3% del área cubierta. El mismo aumenta en cada determinación realizada, llegando a un 10,1% en otoño 2022.

4.7.2 Evaluación de la tasa de crecimiento

Como se observa en el cuadro, los valores para tasa de crecimiento van aumentando, presentando el máximo valor en primavera 2021.

Cuadro No. 9. Tasa de crecimiento de forraje (en kg/ha/día de MS) por periodo para *Paspalum notatum*

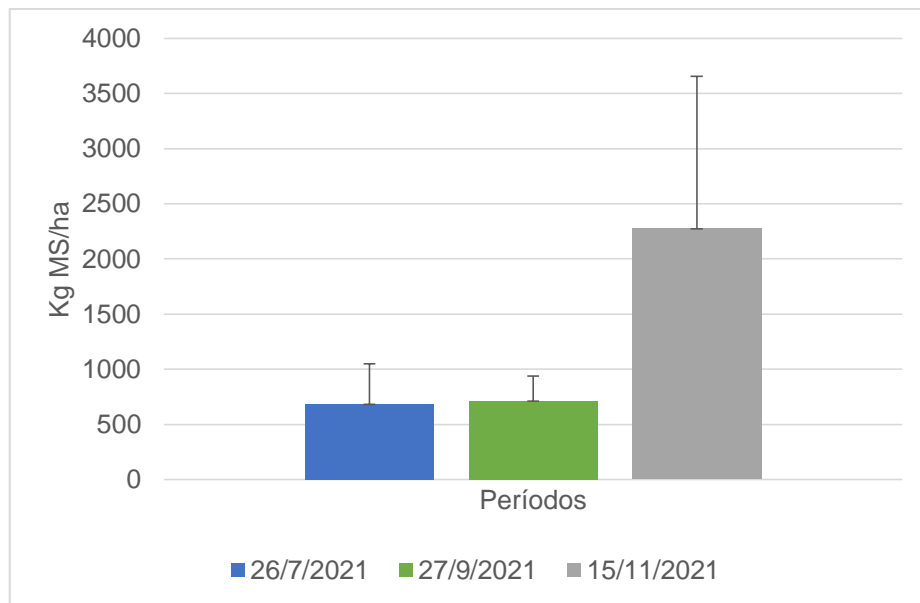
Periodo	TC
Primavera 20-verano 21	4,7 a
Otoño 21	12,2 bc
Invierno 21	11,0 ab
Primavera 21	18,8 c

Medias con letras distintas indican diferencias significativas en tasa de crecimiento de forraje entre momentos de muestreo ($p < 0,05$).

Esto se corresponde con la evolución observada en el número y tamaño de plantas y en su cobertura promedio.

4.7.3 Biomasa disponible previo al pastoreo

La biomasa presente previo al pastoreo fue en aumento desde el primero al tercero. El paspalum fue la pastura a la cual se le realizó un menor número de pastoreos, debido a su lenta implantación y bajo número de plantas por m².



Dentro de cada momento de muestreo letras distintas indican diferencias significativas entre medias ($p < 0,05$).
Barras indican desvío estándar.

Figura No. 9. Biomasa disponible prepastoreo (en kg/ha de MS) en paspalum

El primer pastoreo fue realizado en el invierno, presentando una biomasa disponible de 683 kg/ha de MS con 244 días de crecimiento desde la siembra.

El segundo pastoreo corresponde a la fecha 27/09/2021, con 711 kg/ha de MS y un crecimiento entre pastoreos de 63 días.

La mayor biomasa disponible corresponde al tercer pastoreo, realizado el 15/11/2021 con una biomasa de 2276 kg/ha de MS. El total de biomasa para el período evaluado fue de 3670 kg/ha de MS.

El paspalum fue la pastura a la cual se le realizó un menor número de pastoreos, debido a su lenta implantación y bajo número de plantas por m².

4.7.4 Composición botánica

El aporte de paspalum en la mezcla superó el 60% al año de sembrado, siendo similar entre ambas metodologías de determinación.

Cuadro No. 10. Composición botánica promedio a partir del aporte de cada componente (en porcentaje) a la biomasa presente y por el área cubierta mediante apreciación visual en *Paspalum notatum* a un año de la siembra

Mezcla 1	Aporte a la biomasa (%)		Aporte al área cubierta (%)	
	Media	Desvío	Media	Desvío
Paspalum	63,1	16,3	61,0	12,4
Otras gramíneas	0,7	1,2	0,3	0,6
Raigrás	6,7	8,8	1,3	1,3
Maleza	21,2	13,8	16,8	8,5
Restos secos	8,3	5,2	7,7	5,0
Suelo desnudo	-	-	12,8	5,5
Total	100	-	100	-

Las malezas estuvieron presentes en las dos determinaciones, siendo el segundo componente más predominante en ambas muestras, y representa el 21,2% del total en la determinación a partir del aporte a la biomasa y 16,8 en el aporte visual al área.

El porcentaje de restos secos también fue similar en ambas metodologías de determinación, 8,3% en la determinación a partir del aporte a la biomasa y 7,7% a partir de la apreciación visual, siendo de los menores

componentes presentes junto con otras gramíneas y raigrás que se presentaron en un 7,4% en la determinación a partir del aporte a la biomasa y un 1,6% en la apreciación visual. El porcentaje de suelo desnudo es de 12,8%.

5. DISCUSIÓN

5.1 EFECTO DEL MÉTODO DE CORTE SOBRE LA TASA DE CRECIMIENTO DE LA PASTURA

Como respuesta general en términos biológicos las tasas de crecimiento de forraje obtenidas con el método B fueron iguales o superiores a las observadas con el método A, presentando diferencias significativas en el periodo marzo-abril, abril-junio y en el junio-julio a favor del mismo, mientras que los resultados obtenidos con el método A superan a los del método B en el periodo julio-setiembre en una sola mezcla.

En el periodo marzo-abril, las diferencias pueden estar explicadas por los factores que determinan el rendimiento en las gramíneas, el mismo depende del número de macollos y de su peso. A su vez, el peso de los macollos está determinado por la tasa de aparición foliar, la longevidad y el estado de los macollos. Por lo tanto, en las gramíneas perennes, la persistencia se logra con un buen establecimiento y supervivencia de macollos vegetativos. Esta supervivencia pudo haber sido afectada por las condiciones ambientales durante el verano, en las cuales la temperatura presentó un máximo de 25,9°C en el mes de marzo y las precipitaciones estuvieron por debajo del promedio histórico, a su vez el IBH para el verano presentó un promedio de 0,7. Estas condiciones pueden provocar una disminución del macollaje y un incremento en la mortandad de macollos recientemente reclutados. Macollos con menor tamaño, son más susceptibles de morir en tales condiciones ambientales (Hoen, 1968). En base a esto el crecimiento a partir del método B se pudo favorecer, dado que la pastura con un tamaño de macollos más grandes producto de la mayor área foliar remanente tiene mayor posibilidad de dar macollos hijos, y con una mayor posibilidad de recuperación del verano seco, traduciéndose en mayor crecimiento de la pastura. Esta respuesta ha sido planteada por Michelini (2016), el cual obtuvo una tendencia de mayor supervivencia de macollos en parches medios y altos respecto a bajos para una pastura de festuca.

En el periodo abril-junio la reducida tasa de crecimiento observada en la mezcla 1 se debe a la disminución de la temperatura en el ingreso del invierno. Las especies C4, disminuyen su crecimiento con el descenso de la temperatura, sumado a la disminución del área foliar por el corte de la pastura, desfavoreciendo la tasa de crecimiento del paspalum.

Para el periodo junio-julio, la recuperación del área foliar es menor, debido al efecto que ejerce la temperatura sobre la tasa de elongación y la tasa de aparición foliar que disminuyen a medida que lo hace la temperatura. A esto

se suma las condiciones hídricas del suelo, con un IBH promedio para el periodo de 0,8 determinando una restricción paulatina del agua, y por lo tanto una reducción en la tasa de aparición y extensión foliar, limitando el crecimiento de la pastura.

Para el periodo julio-setiembre, donde la tasa de crecimiento obtenida con el método B fue significativamente menor respecto a la del método A en la mezcla 3B, puede deberse al efecto de la calidad y cantidad de la luz sobre la eficiencia fotosintética a medida que se incrementa el IAF. Cuando el IAF supera el valor 1 las áreas foliares se solapan y algunas de las hojas quedan sombreadas, generando una reducción en la tasa de asimilación de C (Lemaire, 2001). A medida que el IAF aumenta la tasa de crecimiento se incrementa hasta llegar a un máximo, mientras que sigue aumentando la tasa de senescencia. Se debe mencionar que al iniciar este período de crecimiento en julio, la mezcla 3B presento un remanente de 3175 kg/ha de MS, el pasto acumulado corresponde a restos secos y hojas viejas con menor capacidad fotosintética, resultando en mayores pérdidas por senescencia, además, el área foliar no queda en un buen ambiente lumínico, aumentando el sombreado, y como consecuencia la fotosíntesis promedio se reduce. Asimismo, las hojas nuevas que se desarrollan en dicho ambiente con menor luminosidad, presentan posteriormente, aún con buena luminosidad, una menor eficiencia fotosintética (Woledge, 1973).

La temperatura puede estar explicando que no existan diferencias significativas entre los métodos para el periodo de setiembre-noviembre, debido a que la misma interviene en los procesos de desarrollo, acelerando el mismo, conduciendo a una mayor tasa de crecimiento en dicho periodo. Esto ocurre, porque el pasaje al estado reproductivo de algunos macollos de las gramíneas invernales, con elongación de los tallos, determina que las condiciones lumínicas en el canopeo sean más favorables, impidiendo que la capacidad fotosintética de las hojas disminuya (Woledge, 1973). A su vez por efecto de la temperatura se aumenta la tasa de aparición de hojas y su elongación, y con ello se incrementa la tasa de fotosíntesis en mayor magnitud que la senescencia, determinando una mayor acumulación de materia seca (Parsons, 1988).

5.2 PRODUCTIVIDAD ANUAL Y TASA DE CRECIMIENTO POR MEZCLAS

No se observan diferencias significativas en las tasas de crecimiento promedio entre las mezclas 2 y 3A en los periodos de otoño e invierno 2020 y otoño, invierno y primavera 2021. La producción puede estar explicada en ambas mezclas por la presencia de la festuca, la cual presenta una precocidad otoñal y un rápido rebrote en invierno; entregando forraje a fines de otoño e

invierno; a su vez la mezcla 2 presenta trébol blanco, con una precocidad y buen vigor inicial, y con una producción distribuida en otoño-invierno-primavera.

La mezcla 3B en el periodo evaluado de invierno y primavera 2021 no presenta diferencias significativas respecto a las restantes mezclas, pero en términos biológicos las tasas de crecimiento fueron menores. Esta mezcla se diferencia con la mezcla 3A por el dactylis, el cual en la situación de pastoreo laxo y poco frecuente debiera verse favorecido en su tasa de crecimiento. No obstante, el mismo necesita disponer de humedad suficiente en el suelo ya que presenta un sistema radicular superficial, lo que determinaría una menor habilidad competitiva de la especie en situación de déficit hídrico. Esto pudo haber sido una limitante para el crecimiento del dactylis, ya que la falta de humedad en el suelo pudo haber afectado el mismo. En este trabajo las precipitaciones estuvieron por debajo de lo esperado en gran parte del ensayo y el índice de bienestar hídrico se encontró en un 51% de las evaluaciones realizadas dentro del rango de 0,2-0,7, indicando periodos donde la planta estuvo desde una restricción paulatina del agua hasta grave estrés hídrico.

Se observan diferencias significativas en las tasas de crecimiento de forraje en el periodo primavera-verano 2021 a favor de la mezcla 3A, respecto a la mezcla 2. La misma puede estar determinada por la presencia del lotus el cual ofrece un buen potencial de producción en primavera, verano y otoño. El mismo es una especie estival que tiene un sistema radicular pivotante profundo, adaptándose a un rango muy amplio de suelos secos. A su vez, la festuca, si bien es de ciclo invernal, presenta buena precocidad otoñal, y no presenta reposo estival.

LaLuz et al. (2015), presentan valores de tasa de crecimiento de forraje del período desde la siembra a setiembre para festuca + trébol blanco + lotus de 25 kg/ha/día de MS y para el verano de 33 kg/ha/día de MS. Los resultados obtenidos en esta tesis para la mezcla 3A fueron superiores en ambos periodos, obteniendo valores de 27,7 kg/ha/día de MS para el periodo de siembra a setiembre y 59,2 kg/ha/día de MS para el verano. En la mezcla 2 los resultados obtenidos fueron inferiores, 14,0 kg/ha/día de MS en el periodo otoño-invierno-primavera y 28,5 kg/ha/día de MS para el verano.

Albano et al. (2013), obtuvieron resultados para el periodo invierno-primavera en una mezcla de primer año de vida conformada por festuca + trébol blanco + lotus de 40 kg/ha/día de MS. En ese mismo período de comparación, la mezcla 2 presentó un crecimiento diario promedio de 16,2 kg/ha/día de MS y la mezcla 3A un promedio de 35,2 kg/ha/día de MS.

Según Leborgne (1995), la tasa de crecimiento de una pastura mezcla compuesta por una gramínea perenne, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, para su primer año de vida en primavera estaría entorno a los 35 kg/ha/día de MS en promedio, mientras que López et al. (2012), reportan valores para una mezcla de festuca, trébol blanco y lotus en un rango de 18 a 39 kg/ha/día de MS, en función de la fecha de siembra. La mezcla 3A mostró una tasa de crecimiento promedio primaveral de 59,5 kg/ha/día de MS superior a los valores reportados por estos autores, mientras que para la mezcla 2, los resultados se encuentran dentro del rango reportado por López et al. (2012), con una tasa de crecimiento de 19,7 kg/ha/día de MS.

Antonaccio et al. (2016), indican valores de tasas de crecimiento para una mezcla formada por festuca + trébol blanco + lotus en su primer verano de 56,4 kg/ha/día de MS; este valor es inferior al obtenido en la mezcla 3A que presentó una tasa de crecimiento de 59,2 kg/ha/día de MS. Resultados obtenidos en la mezcla 2 para el verano 2021 fueron inferiores, con valores de 28,5 kg/ha/día de MS.

Alfaro et al. (2017), presentan datos de tasas de crecimiento para el otoño, de una pastura en su segundo año de vida, conformada por festuca + trébol blanco + lotus, de 33 kg/ha/día de MS. Antonaccio et al. (2016), para dicho periodo obtuvieron valores de 20,9 kg/ha/día de MS. Los resultados obtenidos en esta tesis se encuentran por debajo de los indicados por Alfaro y superiores a los obtenidos por Antonaccio, siendo 28,9 kg/ha/día de MS para la mezcla 3A y 25,8 kg/ha/día de MS para la mezcla 2.

Gallo et al. (2015), presentaron resultados para una pastura de segundo año de vida, conformada por festuca + trébol blanco + lotus, obteniendo en el periodo invernal tasas de crecimiento promedio de 16,5 kg/ha/día de MS, mientras que Aldeta et al. (2017), obtuvieron tasas de crecimiento de 15,5 kg/ha/día de MS para dicho periodo. En el segundo invierno las mezclas evaluadas presentaron mayores tasas de crecimiento a las indicadas por estos autores, con valores de 40,9 kg/ha/día de MS en la mezcla 3A y de 38,8 kg/ha/día de MS en la mezcla 2.

En la evaluación realizada por Gallo et al. (2015), la tasa de crecimiento para el periodo invernal de una mezcla de dactylis + alfalfa fue de 22,8 kg/ha/día de MS, mientras que Aldeta et al. (2017), en una mezcla con las mismas especies, presentan valores de 21,5 kg/ha/día de MS para el periodo invernal y 44,3 kg/ha/día de MS en la primavera. Los resultados obtenidos en la tesis en la mezcla 3B, fueron de 28,2 kg/ha/día de MS para el periodo invernal y 28,5 kg/ha/día de MS en primavera, siendo superior en el periodo invernal, e inferior en el periodo de primavera a lo reportado por Aldeta et al. (2017).

Los valores del periodo primaveral presentados por Gallo et al. (2015) para la misma mezcla superan los obtenidos en este tratamiento, con un valor de 77,1 kg/ha/día de MS. La mezcla 3A presentó una tasa de crecimiento de 36,7 kg/ha/día de MS y la mezcla 2 de 37,2 kg/ha/día de MS.

En noviembre en la determinación de composición botánica en todas las mezclas más del 40% del aporte corresponde a las gramíneas invernales sembradas, y un 9-15% a las leguminosas sembradas. Para las mezclas 2 y 3A, se evidencia un claro dominio de la festuca sobre la leguminosa sembrada, no correspondiendo a lo citado por Carámbula (2002a), quien indica que una mezcla en su segundo año, presenta un dominio de las leguminosas sobre la gramínea, esto debido a que es más fácil establecer leguminosas que gramíneas. El aporte de festuca a la mezcla puede deberse al manejo realizado en el primer verano de vida de la pastura. Si bien la festuca no presenta reposo estival, requiere un manejo muy cuidadoso en esta estación del año (Langer 1981, Carámbula 2010), ya que es un período de alta susceptibilidad y fragilidad para esta especie (Formoso, 2010), aspecto contemplado en los pastoreos en el primer verano, donde las pasturas permanecieron cerradas desde el 18 de noviembre al 13 de abril.

Se observó una alta proporción de restos secos en todas las mezclas, ubicándose en un rango del 23-39%. Esto puede deberse al momento del año donde se realizó la evaluación (primavera del segundo año de vida). En este periodo, la temperatura es elevada, siendo este un factor que influye en los procesos morfogénicos de la pastura, provocando un aumento en la tasa de aparición y elongación foliar y por ende un incremento del área foliar, mientras que la vida media foliar se reduce con el aumento de la temperatura, generándose acumulación de restos secos si no son defoliadas o si la defoliación es con baja intensidad.

Los pastoreos realizados durante la primavera 2021 (27/09/2021 y 15/11/2021) presentaron un período de acumulación promedio de 61 y 48 días, respectivamente. Ello determinó que se alcanzaran valores promedios en primavera de biomasa prepastoreo de 3022, 3307 y 2645 kg/ha de MS, para las mezclas 2, 3A y 3B respectivamente. Estos niveles de biomasa pre-pastoreo, en asociación con la alta proporción de restos secos, pueden explicar la baja participación del trébol blanco, tanto en la mezcla 2 donde se sembró como en las mezclas 3A y 3B donde no fue sembrado, que osciló en un rango entre 4-12%. Esta especie es desfavorecida con los pastoreos aliviados, debido a la competencia y sombreado que le ejercen los otros componentes de la mezcla con crecimiento cespitoso.

El porcentaje de malezas fue menor al 3% en todas las mezclas, esto puede deberse a que el período donde se cuantificó se corresponde con el máximo crecimiento de las gramíneas, las cuales presentan un buen potencial de macollaje que le permite colonizar el espacio. Esto estaría indicando una buena estrategia competitiva por parte de las especies sembradas; sin embargo, la proporción del suelo desnudo se encuentra en el entorno del 12 al 15%, lo que puede ocasionar un problema de enmalezamiento en el posterior período estival.

Al comparar la producción anual de las mezclas, en ambos años evaluados, la mezcla 3A, fue superior al resto de las mezclas en términos absolutos, pero solo presentó diferencia significativa con las restantes mezclas en el año 2020.

La falta de diferencias en la productividad anual a favor de la mezcla 3A en el segundo año evaluado pudo deberse al pastoreo laxo que ocurrió entre setiembre del primer año y abril del segundo año, atentando contra la persistencia del lotus. A su vez, en este segundo año de evaluación no se considera el momento donde el lotus expresa su potencial de producción, dado que el período evaluado termina en noviembre, y además, durante el período evaluado existe un déficit hídrico que también perjudica su crecimiento. Lo mismo sucede para la evaluación de la mezcla 1, donde no se incluye el período donde el paspalum expresaría su máxima producción. Sin embargo, sí se considera todo el período de crecimiento del trébol blanco, determinando la productividad encontrada en la mezcla 2.

Zanoniani et al. (2018), presentaron resultados de producción anual de forraje de una pastura conformada por festuca+ trébol blanco + lotus, con valores de 5369 kg/ha de MS en el primer año y de 7647 kg/ha de MS en el segundo año. Los resultados obtenidos en esta tesis fueron superiores en la mezcla formada por festuca+ trébol blanco + lotus en ambos años evaluados, siendo 6496 kg/ha de MS para el primer año de la pastura y 9327 kg/ha de MS en el segundo año de vida.

Es de remarcar que las condiciones meteorológicas desfavorables establecidas durante el período de estudio, hayan sido las causantes de que no se alcancen tasas de crecimiento y productividades anuales más elevadas. Como ya se mencionó las precipitaciones se encontraron por debajo de la media histórica en la mayoría del período evaluado, a su vez, el IBH determinó que solo un 49% del período evaluado las plantas estuvieron en una condición de escasez sólo teórica, recibiendo agua de forma continua.

5.3 COBERTURA PARA PASPALUM

Como se planteó en la hipótesis el paspalum presentó una lenta implantación, alcanzando en la primera evaluación realizada en otoño 2021, a los días 140 pos-siembra, un porcentaje de cobertura del 10,4%. Unas de las razones de la lenta implantación pueden deberse a la fecha de siembra, el paspalum admite siembras tanto en otoño como en primavera, siempre y cuando se realicen temprano (Carámbula, 2002a). Para Rosengurt (1946), las siembras de octubre a diciembre son las más favorables, obteniéndose la germinación en los meses más cálidos, y presenta un vigor inicial bajo, tomando vigor en otoño, tal cual se observó en este trabajo.

Otro factor a considerar es el estado hídrico del suelo, el mismo presenta un promedio de 0,6 en los meses de octubre-noviembre-diciembre, lo que indica una escasez de agua con pérdida de biomasa, lo que puede afectar el crecimiento inicial de la pastura.

Cuando se evalúa el porcentaje de cobertura en otoño 2022, se observa que alcanza a cubrir el 80% de suelo. Asimismo, se duplica el número de plantas por metro cuadrado y las mismas triplican su altura y cuadriplican el área cubierta por planta, en relación al muestreo de otoño 2021. Según Maraschin (2000) su ciclo de producción comienza en la primavera tardía, se desarrolla durante el verano y culmina en otoño frente a la presencia de heladas, ocurriendo en primavera-verano la mayor producción de forraje.

La cobertura de malezas y el porcentaje de suelo desnudo se redujeron entre el segundo y el tercer muestreo; a su vez, el porcentaje de suelo desnudo en la determinación realizada por composición botánica es del 12%, lo que indica la capacidad colonizadora que tiene esta especie. Además de la capacidad competitiva por parte del paspalum, la pastura fue fertilizada para favorecer el crecimiento de estolones, manejo que ayudo a dicha competencia y permitió colonizar el suelo.

5.4 TASA DE CRECIMIENTO, PRODUCTIVIDAD ANUAL Y BIOMASA DISPONIBLE EN PASPALUM

La tasa de crecimiento obtenida en cada periodo evaluado fue inferior a la mencionada por Giorello et al. (2021), quienes obtuvieron tasas de crecimiento de 45 kg/ha/día de MS durante el periodo evaluado de setiembre a mayo.

A su vez, la productividad anual en el 2020 fue de 459 kg/ha de MS, en un período de acumulación de 96 días y de 3843 kg/ha de MS para el año 2021.

Desde la siembra y hasta el 15/11/2021, período de 364 días, acumuló una biomasa total de 3670 kg/ha de MS. Estos valores son inferiores a los presentados por Giorello et al. (2021), quienes indican que la producción de forraje puede variar entre 1500-2000 kg/ha de MS en etapa de implantación y 6000- 12000 kg/ha de MS en los años post implantación en condiciones de alta humedad y fertilidad.

Uno de los factores de bajo rendimiento puede ser la falta de humedad en los meses de primavera, pues como ya se mencionó las precipitaciones estuvieron por debajo de lo esperado y el índice de bienestar hídrico se encontró durante la primavera en un promedio de 0,6 determinando una restricción paulatina del agua.

El primer pastoreo fue realizado en el invierno, con una baja acumulación de forraje, la cual va aumentando paulatinamente hacia la primavera, debido a que el ciclo de producción comienza en la primavera tardía, y se desarrolla fundamentalmente durante el verano, finalizando en el otoño ante la presencia de heladas severas (Giorello et al., 2021). Este tipo de respuesta en la acumulación de biomasa, reportado por estos autores, es la que se observó en este trabajo.

6. CONCLUSIONES

Se registraron precipitaciones por debajo de la media histórica y el IBH presentó valores en el rango de 0,7 a 1,0 (situación de bienestar hídrico para las plantas) en el 49% del periodo evaluado, pero por debajo de 0,5 (situación de disponibilidad de agua que provoca pérdidas de biomasa) en el 25% del período evaluado, determinando una situación de disponibilidad de agua que pudo influir en las tasas de crecimiento de las mezclas.

Con respecto a los métodos de estimación del crecimiento se observó diferencia significativa para cuatro de los cinco periodos evaluados, en tres de los periodos el resultado fue a favor del método B, que parte de un remanente superior, coincidiendo con el planteo de la hipótesis.

En lo que refiere a las tasas de crecimiento por mezcla, existieron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes mezclas utilizadas, en el periodo de primavera-verano 2021 a favor de la mezcla 3A, coincidiendo con lo indicado en la hipótesis. La mezcla 3B fue evaluada sólo en el período invierno-primavera 2021 y no presentó diferencias significativas en la tasa de crecimiento con el resto de las mezclas, lo que no coincide con lo planteado en la hipótesis.

El mejor comportamiento lo tuvo la mezcla 3A superando en términos absolutos al resto de las mezclas en cuatro de las siete determinaciones realizadas, seguido por la mezcla 3B. El aporte de *Paspalum notatum* fue insignificante en todas las mezclas y periodos evaluados en los primeros 18 meses de vida de las pasturas mezclas.

En el primer año de la pastura la mayor productividad anual fue obtenida por la mezcla 3A, seguida en producción por la mezcla 2 y por último el paspalum puro. En el segundo año de la pastura, la mayor productividad anual fue obtenida por las mezclas 3A y 2, sin poder comparar la mezcla 3B debido a que se evaluó en un periodo más corto.

La biomasa disponible pre-pastoreo estuvo entre 1500-3600 kg/ha de MS, pero mayoritariamente por encima de 2500 kg/ha de MS en otoño y primavera del segundo año, lo que refleja un incorrecto manejo del pastoreo durante el experimento, con posibles efectos en la tasa de crecimiento. Al analizar los componentes de la biomasa de forraje disponible de las mezclas, se observa un mayor aporte de las gramíneas sembradas por sobre la leguminosa sembrada, en la evaluación realizada en la primavera del segundo año de vida de la pastura.

Paspalum presentó una lenta implantación, pero a los 18 meses pos-siembra logró colonizar el espacio con un 80% de cobertura, con aumento del número y del tamaño de las plantas.

7. RESUMEN

El trabajo tiene como objetivos evaluar la producción estacional y anual de tres mezclas forrajeras con componentes perenne y estival en su primer y segundo año de vida y evaluar la implantación y productividad en *Paspalum notatum* INIA Sepé. El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía en Salto. Los tratamientos corresponden a tres mezclas, la primera compuesta por *Festuca arundinacea*, *Paspalum notatum* y *Trifolium repens*, la segunda compuesta por *Festuca arundinacea*, *Paspalum notatum* y *Lotus corniculatus*, la tercera por *Dactylis glomerata*, *Paspalum notatum* y *Lotus corniculatus*, por último la pastura pura de *Paspalum notatum*. Las pasturas mezclas fueron sembradas el 16 y 17 de abril de 2020 y el *Paspalum* se sembró el 24 de noviembre de 2020. El periodo evaluado abarco desde la siembra a la primavera de 2021 y en el caso de la pastura pura de *Paspalum notatum* desde la siembra hasta el otoño 2022. Las mezclas fueron pastoreadas con vacas lecheras en ordeño, con un número de animales y tiempos de pastoreos variables, con una ocupación de un mínimo de dos a tres días y un máximo de cinco días. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres bloques y cuatro parcelas (mezclas) por bloque. En las mezclas se evaluó tasa promedio de crecimiento diario de forraje a nivel estacional y productividad anual de forraje. Durante un período de ocho meses se comparó la tasa de crecimiento diaria de forraje con dos metodologías, que se diferencian por la biomasa desde la cual se estima la acumulación de forraje. Existieron diferencias significativas en los métodos de corte a favor del método en el cual se evalúa desde una mayor biomasa. Se observaron diferencias entre mezclas en las tasas de crecimiento estacional y en la productividad anual. En relación a la pastura pura de *Paspalum notatum* se observó una colonización a partir del inicio del segundo año, llegando a los 18 meses a un 80 % de cobertura.

Palabras clave: Mezclas invernales-estivales; Tasa de crecimiento; *Festuca*; *Dactylis*; *Paspalum notatum* Sepé.

8. SUMMARY

The work has as objectives to evaluate the seasonal and annual production of three forage mixtures with perennial and summer components in their first and second year of life and to evaluate the implantation and productivity in *Paspalum notatum* INIA Sepé. The experiment was carried out at the Experimental Station of the Faculty of Agronomy in Salto. The treatments correspond to three mixtures, the first composed by *Festuca arundinacea*, *Paspalum notatum* and *Trifolium repens*, the second composed by *Festuca arundinacea*, *Paspalum notatum* and *Lotus corniculatus*, the third by *Dactylis glomerata*, *Paspalum notatum* and *Lotus corniculatus*, finally the pure pasture of *Paspalum notatum*. The mixed pastures were sown on April 16th. and 17th., 2020 and the paspalum was sown on November 24th. 2020. The period evaluated spanned from sowing to spring 2021 and in the case of the pure *Paspalum notatum* pasture from the planting until autumn 2022. The mixtures were grazed with milking dairy cows, with a variable number of animals and grazing times, with a minimum occupation of two to three days and a maximum of five days. A randomized complete block experimental design was used, with three blocks and four plots (mixtures) per block. In the mixtures, the average daily growth rate of forage was evaluated at the seasonal level and annual productivity of forage. During a period of eight months, the daily forage growth rate was compared with two methodologies, which differ by the biomass from which forage accumulation is estimated. There were significant differences in the cutting methods in favor of the method in which it is evaluated from a higher biomass. Differences were observed between mixtures in seasonal growth rates and in annual productivity. In relation to the pure *Paspalum notatum* pasture, a colonization was observed from the beginning of the second year, reaching 80 % coverage at 18 months.

Keywords: Winter-summer mixtures; Growth rate; Fescue; Dactylis;
Paspalum notatum Sepé

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Agnusdei, M.; Colabelli, M.; Mazzanti, A.; Labreveux, M. 1998. Fundamentos para el manejo de pastizales y pasturas cultivadas de la pampa húmeda bonaerense. INTA Balcarce. Boletín Técnico no. 147. 16 p.
2. Albano, J. S.; Platero, T.; Sarachu, N. 2013. Evaluación invierno-primaveral de mezclas forrajeras en el primer año de vida. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 93 p.
3. Aldeta, A.; Dutra Da Silva, L.; Ramos, B. 2017. Productividad invierno-primaveral de praderas mezclas de *Festuca arudinaceae* y *Dactylis glomerata* en si segundo año de vida. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 69 p.
4. Alfaro, J.; Bidegain, N.; Brit, N. 2017. Producción de cultivares de gramíneas perennes en mezclas en el segundo año de vida. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 62 p.
5. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echeverría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
6. Antonaccio, M. A.; Mailhos, M.; Zerbino, J. C. 2016. Producción de forraje y carne de cuatro mezclas forrajeras en su primer verano y su segundo otoño de vida. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 82 p.
7. 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. 76 p.
8. Ayala, W.; Bemhaja, M.; Cotro, B.; Docanto, J.; García, J.; Olmos, F.; Real, D.; Rebuffo, M.; Reyno, R.; Rossi, C. Silva, J. 2010. Forrajeras: catálogo de cultivares 2010. Montevideo, INIA. 131 p.

9. Baruch, Z.; Fisher, M. J. 1988. Factores climáticos y de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de una pastura. In: Reunión del Comité Asesor de la RIEPT (6ª., 1988, Veracruz, MX). Establecimiento y renovación de pasturas: memorias. Veracruz, México, CIAT. pp. 103-142.
10. Brougham, R. W. 1957. Pasture growth studies in relation to grazing management. (en línea). Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 17(1):46-52. Consultado jun. 2016.
Disponible en
<http://www.nzsap.org/system/files/proceedings/1957/ab57008.pdf>
11. Carámbula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 463 p.
12. _____. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, Uruguay, INIA. 46 p. (Serie Técnica no. 19).
13. _____. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 524 p.
14. _____.; Terra, J. A. 2000. Las sequías: antes, durante y después. Montevideo, Uruguay, INIA. 133 p. (Boletín de Divulgación no. 74).
15. _____. 2002a. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.1, 357 p
16. _____. 2002b. Pasturas y forrajes: insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 2, 371 p
17. _____. 2002c. Pasturas y forrajes: manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 3, 413 p.
18. _____. 2004. Pasturas y forrajes: manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 3, 413 p.
19. _____. 2007. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 1, 186 p.
20. _____. 2010. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.

21. Casal, J. J.; Deregibus, V. A.; Sánchez, R. A. 1984. Influencia de la calidad de la luz sobre el macollaje de gramíneas forrajeras. *Revista Argentina de Producción Animal*. 4 (3):279-388.
22. Cayley, J. W. D.; Bird, P. R. 1996. *Techniques for measuring pastures*. Victoria, Australia, Pastoral Research Institute. 60 p.
23. Colabelli, M.; Agnusdei, M.; Mazzanti, A.; Labreveux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. *SAGPyA. Boletín Técnico*. no. 148:1-14.
24. Cooper, J. P.; Tainton, N. M. 1968. Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperate grasses. *Herbage Abstracts*. 38:s.p.
25. Cruz, G.; Baethgen, W.; Picasso, V.; Terra, R. 2014. Análisis de sequías agronómicas en dos regiones ganaderas de Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*. 18(1):126-132.
26. Davies, A. 1974. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 82 (1):165-172.
27. Difante, G. 2003. *Importância da morfogênese no manejo de gramíneas forrageiras*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 25 p.
28. Escuder, C. J. 1997a. Manejo de la defoliación. Efecto de la carga y métodos de pastoreo. *In: Cangiano, C. ed. Producción animal en pastoreo*. Buenos Aires, INTA Balcarce. pp. 65-83.
29. _____. 1997b. Morfología de gramíneas y leguminosas forrajeras. Implicancias en el manejo. *In: Cangiano, C. A. ed. Producción animal en pastoreo*. Buenos Aires, INTA Balcarce. pp. 5-14
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, INIA. pp. 1-19 (Serie Técnica no. 80).
31. _____. 2000a. Alfalfa en mezclas forrajeras. *In: Rebuffo, M.; Risso, D. F.; Restaino, E. eds. Tecnología en alfalfa*. Montevideo, INIA. pp. 53-74 (Boletín de Divulgación no. 69).

32. _____. 2000b. Manejo de la alfalfa para producción de forraje. *In*: Rebuffo, M.; Risso, D. F.; Restaino, E. eds. Tecnología en alfalfa. Montevideo, INIA. pp. 75-94 (Boletín de Divulgación no. 69).
33. _____. 2010. Festuca arundinacea: manejo para producción de forraje y semillas. Montevideo, INIA. pp. 21-57 (Serie Técnica no. 182).
34. Frame, J. 1993. Herbage mass. *In*: Davies, A.; Baker, R. D.; Grant, S. A.; Laidlaw, A. S. eds. Sward measurement handbook. Dunston, UK, British Grassland Society. pp. 39-67.
35. Gallo, J. D.; Godoy, E. E.; Toneguzzo, M. 2015. Evaluación de la producción de forraje y carne de tres mezclas forrajeras de segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 133 p.
36. García, J.; Rebuffo, M.; Formoso, F. 1991. Las forrajeras de La Estanzuela. Montevideo, INIA. 15 p. (Boletín de Divulgación no. 7).
37. _____. 1995. *Dactylis glomerata* L. INIA LE Oberón. Montevideo, Uruguay, INIA. 10 p. (Boletín de Divulgación no. 49).
38. _____. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. Montevideo, Uruguay, INIA. 26 p. (Serie Técnica no. 133).
39. Gastal, F.; Durand, J. L. 2000. Effects of nitrogen and water supply on N and C fluxes and partitioning in defoliated swards. *In*: Lemaire, G.; Hodgson J.; De Moraes, A.; Carvalho, F.; Nabinger, C. eds. Grassland ecophysiology and grazing ecology. Wallingford, UK, CABI. pp. 15-35.
40. _____.; Lemaire, G. 2015. Defoliation, Shoot Plasticity, Sward Structure and Herbage Utilization in Pasture: review of the Underlying Ecophysiological Processes. *Agriculture*. 5 (4):1146-1171.
41. Gautier, H.; Varlet-Grancher, C. 1996. Regulation of leaf growth of grass by blue light. *Physiologia Plantarum*. 98:424-430.

42. Giorello, D. 2020. Respuestas morfofisiológicas y agronómicas de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé a regímenes de defoliación. Piracicaba, Universidad de San Pablo. 99 p
43. _____.; Do Canto, J.; Porcile, V.; De Barrieri, I.; Soares de Lima, J.; Montossi, F.; Rossi, C.; Maranges, F.; Reyno, R. 2021. *Paspalum notatum* INIA SEPÉ: una gramínea nativa de alta productividad y persistencia. (en línea). Revista INIA. no. 66:51-54. Consultado nov. 2022. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/16007/1/Revista-INIA-66-Setiembre-2021-14.pdf>
44. Grolero, I.; Rodríguez, F. 2015. Evaluación de la producción animal de tres mezclas forrajeras de primer año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 72 p.
45. Harris, W.; Lazenby, A. 1974. Competitive interaction of grasses with contrasting temperature responses and water stress tolerances. Australian Journal of Agricultural Research. 25 (2):227-246.
46. _____. 1978. Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pasture. In: Wilson, J. R. ed. Plant relations in pastures. Melbourne, CSIRO. pp. 67-85.
47. Hoen, K. 1968. The effect of plant size and developmental stage on summer survival of some perennial grasses. Animal Production Science. 8(31):190 - 196.
48. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). s.f. Catálogo de cultivares de especies forrajeras. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado ago. 2021. Disponible en <https://pasturas.inia.org.uy/catalogo/index.php>
49. _____.; INASE (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY; Instituto Nacional de Semillas, UY). 2020. Catálogo. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado ago. 2021. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/index_00.htm
50. Jame, Y. W.; Cutforth, H. W.; Ritchie, J. T. 1998. Temperature response function for leaf appearance rate in wheat and corn. Journal of Plant Science. 79:1-10.

51. LaLuz, R.; Martino, S. L.; Rovira, F. R. 2015. Producción de forraje y carne de cuatro mezclas forrajeras en su primer año de vida. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 82 p.
52. Langer, R. H. M. 1981. Crecimiento de gramíneas y tréboles. In: Langer, R. H. M. ed. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 47-74.
53. Lantinga, E. A.; Neuteboom, J. H.; Meijis, J. A. C. 2004. Sward methods. In: Penning, P. D. ed. Herbage Intake Handbook. 2nd. ed. Reading, UK, The British Grassland Society. pp. 23-52
54. Leborgne, R. 1995. Antecedentes técnicos y metodologías para presupuestación en establecimientos lecheros. 2ª. ed. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 53 p.
55. Lemaire, G.; Chapman, D. F. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. In: Hodgson, J.; Illius, J. eds. The ecology and management of grazing systems. Wallingford, UK, Centre for Agriculture and Biosciences International. pp. 3-36.
56. _____; Agnusdei, M. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. In: Lemaire, G.; Hodson, J.; Moraes, A.; Nabinger, C.; Carvalho, F. eds. Grassland ecophysiology and grazing ecology. Wallingford, UK, CABI. pp. 265-288.
57. _____. 2001. Ecophysiology of grasslands: dynamics aspects of forage plant populations in grazed swards. In: International Grassland Congress (19th., San Pablo, 2001). Proceedings. Wageningen, Wageningen Academic Publishers. pp. 29-37.
58. López, G.; Pastorini, J. M.; Vázquez, F. J. 2012. Efecto de la fecha de siembra y mezcla forrajera sobre la producción invierno-primaveral para praderas de primer año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 81 p.
59. Maciel, P. H.; Tucci, A. L. 2015. Evaluación de la producción de forraje de tres mezclas de primer año. Tesis Ing. Agr. Montevideo,

Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía.
86 p.

60. Marnettje, J. L. 2000. Measuring biomass of grassland vegetation. *In*: Marnettje, J. L.; Jones, R. M. eds. Field and laboratory methods for grassland and animal production research. Wallingford, UK, CAB International. pp. 151-177.
61. Maraschin, E. G. 2000. A planta forrageira no sistema de produção. *In*: Simpósio sobre Manejo da Pastagem (17º., 2000, Piracicaba). Trabalhos apresentados. Piracicaba, Brasil, s.e. pp. 217-264.
62. Marino, M. A.; Mazzanti, A.; Echerverría, H. E.; Andrade, F. 1996. Fertilización nitrogenada de cultivos forrajeros invernales. I. Acumulación de forraje. *Revista Argentina de Producción Animal* 16 (supl.1):248-249.
63. Mazzanti, A.; Lemaire, G. 1994. Effect on nitrogen fertilization on herbage production of tall fescue swards continuously grazed by sheep. Consumption and efficiency of herbage utilization. *Grass and Forage Science*. 49 (3):352-359.
64. MDN. DNM (Ministerio de Defensa Nacional. Dirección Nacional de Meteorología, UY). 1991. Normales climatológicas período 1961-1990. Montevideo. 20 p.
65. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigación Estadísticas Agropecuarias, UY). 2021. Anuario estadístico agropecuario 2021. (en línea). Montevideo. 263 p. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2021/LIBRO%20ANUARIO%202021%20Web.pdf>
66. Michellini, D. 2016. Persistencia de festuca (*Festuca arundinaceae* schreb.): dinámica poblacional estival en pasturas con diferente desarrollo reproductivo. Tesis Mg. en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 94 p.
67. Molinelli, P. L.; Odella, F. A.; Verrastro, M. 2014. Efecto de la mezcla forrajera y fecha de siembra en la producción de forraje, composición botánica y respuesta animal durante su segundo verano y tercer otoño de vida. Tesis Ing. Agr. Montevideo,

Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía.
105 p.

68. Monteith, J. L. 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology*. 9:747-766.
69. Muslera, E.; Ratera, C. 1991. Praderas y forrajes: producción y aprovechamiento. Madrid, Mundi-Prensa. 674 p.
70. Nabinger, C. 1996. Aspectos ecofisiológicos do manejo de pastagens e utilização de modelos como ferramenta de diagnóstico e indicação de necessidades de pesquisa. *In: Reunión do Grupo Técnico em Melhoramento e Utilização de Recursos Forrageiros das Áreas Tropical e Subtropical do Cone Sul, Grupo Campos (16ª., 1996, Porto Alegre)*. Anais. Porto Alegre, FAO. pp. 17 - 62.
71. _____. 1997. Eficiência do uso de pastagens; disponibilidade e perdas de forragem. *In: Simposio Sobre Manejo da Pastagem. Fundamentos do Pastejo Rotacionado (14º., 1997, Piracicaba)*. Anais. Piracicaba, USP. ESALQ. pp. 213-151.
72. Nelson, C. J. 2000. Shoot morphological plasticity of grasses: leaf growth vs. tillering. *In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.; Carvalho, P. C. eds. Grassland ecophysiology and grazing ecology*. Wallingford, CABI. pp. 101-126.
73. Núñez, G.; Espinosa, J.; Salinas, H.; Gutiérrez, J.; Medina, G.; Dovel, R. 2000. Manejo agronómico de praderas. (en línea). México, D. F., s.e. 6 p. Consultado nov. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/48-manejo_agronomico_de_praderas.pdf
74. Núñez, J.; Núñez, M. 2017. Productividad de cuatro mezclas forrajeras, con y sin riego suplementario, en invierno-primavera-verano de su segundo año de vida. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 64 p.
75. Oesterheld, M.; Paruelo J. M.; Oyarzabal, M. 2011. Estimación de la productividad primaria neta aérea a partir de diferencias de biomasa y de integración de la radiación absorbida. *In: Altesor, A.; Ayala, W.; Paruelo, J. M. eds. Bases ecológicas y tecnológicas*

para el manejo de pastizales. Montevideo, INIA. pp. 113-119 (FPTA no. 26).

76. Parsons, A. J. 1988. The effect of season and management on the growth of grass sward. In: Jones, M. B.; Lazenby, A. eds. The grass crop. The physiological basis of production. London, UK, Chapman and Hall. pp. 129-177.
77. Pizarro, E. A. 2000. Potencial forrajero del genero *Paspalum*. Pasturas Tropicales. 22 (1):38-46.
78. Rechcigl, J. E.; Mislevy, P.; Alava, A. K. 1993. Influence of limestone and phosphogypsum on bahiagrass growth and development. Soil Science Society of American Journal. 57(1):96-102.
79. Reyno, R. 2015. Subtropicales: *Paspalum notatum* TB42. In: Jornada de Divulgación (2015, Tambores, Tacuarembó). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 36-37.
80. Rosengurtt, B. 1946. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay: 5ª. contribución. Montevideo, Uruguay, Rosgal. pp. 320-321.
81. Rovira, J. 2012. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 336 p.
82. Sala, O. E.; Austin, A. 2000. Methods of Estimating Aboveground Net Primary Productivity. In: Sala, O. E.; Jackson, R. B.; Mooney, H. A.; Howarth, R. W. eds. Methods in Ecosystem Science. New York, NY, Springer. pp. 31-43.
83. Santiñaque, F. 1979. Estudios sobre productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 86 p.
84. _____; Carámbula, M. 1981. Productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. Investigaciones Agronómicas. no. 2:16-21.
85. Scheneiter, O. 2005. Mezclas de especies forrajeras templadas. In: Jornada de Actualización Técnica en Pasturas Implantadas (2005, Buenos Aires, Argentina). Trabajos presentados. Buenos Aires, s.e. s.p.

86. Skerman, P. J.; Riveros, F. 1992. Gramíneas tropicales. Roma, FAO. 849 p.
87. Smetham, M. L. 1981. Manejo del pastoreo. In: Langer, R. H. M. ed. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 209-270.
88. Smith, H. 1981. Function, evolution and action of plant photosensors. In: Smith, H. ed. Plants and daylight spectrum. New York, Academic Press. cap. 2, pp. 499-508.
89. Turner, N. C.; Begg, J. E. 1978. Responses of pasture plant to water deficits. In: Wilson, J. R. ed. Plants relations in pastures. Melbourne, CSIRO. pp. 50 -66.
90. Whitehead, D. C. 1995. Grassland nitrogen. Wallingford, CABI. 397 p.
91. Woledge, J. 1973. The photosynthesis of ryegrass leaves grown in a simulated sward. *Annals of Applied Biology*. 73:229-237.
92. Zanoniani, R.; Ducamp, F. 2004. Leguminosas forrajeras del género Lotus en el Uruguay. *Cangüé*. no. 25:5-11.
93. _____; García, J.; Cadenazzi, M.; Nabinger, C.; Boggiano, P. 2018. Dinámica de la producción espacial y temporal dos pasturas con especies perennes. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 26 (3-4):97-110.

10. ANEXOS

Anexo No. 1. Características del horizonte A y B con las fracciones del suelo (en porcentaje) en un Brunosol eutríco

Horizonte A 32 cm	Arena	Limo	Arcilla	Materia orgánica
	8.8	38.6	52.6	8.3
Horizonte B 45 cm	9.3	31.6	59.1	4.9

Anexo No. 2. Precipitaciones esperadas versus ocurridas para 2020 en los meses en que las mismas fueron superiores a lo climáticamente esperado

	Precipitación acumulada mensual (1961-1990)	Días con precipitación (1961-1990)	Precipitación acumulada mensual EFFAS 2020	Días con precipitación EFFAS 2020
Mayo	99	5	125,0	5
Junio	81	5	121,1	14
Diciembre	119	5	225,4	8

Anexo No. 3. Precipitaciones esperadas versus ocurridas para 2021 en los meses en que las mismas fueron superiores a lo climáticamente esperado

	Precipitación acumulada mensual (1961-1990)	Días con precipitación (1961-1990)	Precipitación acumulada mensual EFFAS 2021	Días con precipitación EFFAS 2021
Enero	116	5	159,4	6
Mayo	99	5	112,6	7
Junio	81	5	133,9	6