

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RESPUESTA AL RIEGO SUPLEMENTARIO EN MEZCLAS FORRAJERAS
CON COMPONENTE GRAMÍNEA PERENNE EN BASALTO**

por

**Matías DUCAN RODRÍGUEZ
Gonzalo MACHADO JAUREGUIBERRY
Juan Martín MAZZILLI INVERNIZZI**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2016**

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Sylvia Saldanha

Ing. Agr. Álvaro Ferreira

Ing. Agr. Álvaro Otero

Ing. Agr. Oscar Bentancur

Ing. Agr. Milagros Arce

Fecha: 14 de diciembre de 2016

Autores:

Matías Ducan Rodríguez

Gonzalo Machado Jaureguiberry

Juan Martín Mazzilli Invernizzi

AGRADECIMIENTOS

A nuestra tutora Ing. Agr. Sylvia Saldanha, por el apoyo brindado y por hacer posible esta tesis.

A nuestras familias por acompañarnos incondicionalmente en este proceso de formación y permitirnos concretar esta fuerte vocación por la carrera.

A nuestros amigos y todos los compañeros que nos acompañaron desde nuestro inicio.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	IV
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. MÉTODOS DE RIEGO	3
2.1.1. <u>Riego por aspersión</u>	4
2.2. RESPUESTA DE LAS PASTURAS SEMBRADAS BAJO RIEGO EN URUGUAY	5
2.2.1. <u>Leguminosas perennes</u>	6
2.2.2. <u>Gramíneas anuales y perennes</u>	8
2.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES QUE COMPONEN LAS MEZCLAS	9
2.3.1. <u>Festuca arundinacea</u>	9
2.3.2. <u>Trifolium repens</u>	10
2.3.3. <u>Lotus corniculatus</u>	11
2.3.4. <u>Dactylis glomerata</u>	13
2.3.5. <u>Medicago sativa</u>	14
2.3.6. <u>Trifolium pratense</u>	15
2.3.7. <u>Lolium multiflorum</u>	17
2.3.8. <u>Lotus tenuis</u>	18
2.4. MEZCLAS FORRAJERAS	19
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	23
3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES	23
3.1.1. <u>Ubicación experimental</u>	23
3.1.2. <u>Descripción del sitio experimental</u>	23
3.1.3. <u>Antecedentes del área experimental</u>	24
3.1.4. <u>Tratamientos</u>	25
3.1.5. <u>Diseño experimental</u>	25
3.1.6. <u>Manejo del experimento</u>	26
3.2. CONDICIONES AMBIENTALES	27

3.2.1. <u>Temperatura</u>	27
3.2.2. <u>Precipitaciones y evapotranspiración</u>	28
3.2.3. <u>Balace hídrico de agua en el suelo</u>	30
3.3. <u>METODOLOGÍA EXPERIMENTAL</u>	33
3.3.1. <u>Variables medidas y estimadas</u>	33
3.3.1.1. Cantidad de forraje en base seca pre y pos pastoreo	33
3.3.1.2. Producción de forraje	33
3.3.1.3. Forraje desaparecido	34
3.3.1.4. Porcentaje de utilización	34
3.3.1.5. Composición botánica	34
3.4. <u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u>	34
3.4.1. <u>Modelo estadístico</u>	35
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	36
4.1. <u>PRODUCCIÓN DE FORRAJE</u>	36
4.1.1. <u>Consumo del forraje producido</u>	43
4.1.2. <u>Utilización del forraje producido</u>	44
4.2. <u>DISPONIBLES</u>	44
4.2.1. <u>Componente gramínea sembrada</u>	47
4.2.2. <u>Componente leguminosa sembrada</u>	48
4.3. <u>RECHAZOS</u>	49
4.4. <u>ANÁLISIS DE LA INTERCEPCIÓN DE LUZ (TAU)</u>	51
5. <u>CONCLUSIONES</u>	52
6. <u>RESUMEN</u>	53
7. <u>SUMMARY</u>	54
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	55
9. <u>ANEXOS</u>	61

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.		Página
1.	Factores que inciden en la elección del método de riego.....	4
2.	Producción de forraje (t MS ha ⁻¹) en el 1 ^o año de trébol rojo cultivar LE 11 6 según régimen hídrico	7
3.	Descripción del perfil del suelo del área experimental.....	24
4.	Especies y cultivares utilizados, densidad de siembra (kg ha ⁻¹) y empresas que brindaron las semillas.....	25
5.	Fechas de riego, volumen regado, excesos y relación evapotranspiración de referencia y evapotranspiración real moderada.....	32
6.	Eto, Etr y eficiencia de riego.....	32
7.	Producción total en Kg MS ha ⁻¹ del tratamiento (riego y seco), correspondiente al período del 05/10/2013 al 14/02/2014.	36
8.	Producción total en Kg MS ha ⁻¹ de las especies sembradas bajo tratamiento riego y seco, correspondiente al período del 05/10/2013 al 14/02/2014.....	38
9.	Producción de cada mezcla y por componente en Kg MS ha ⁻¹ bajo riego y seco, correspondiente al período del 05/10/2013 al 14/02/2014.....	42
10.	Utilización del forraje producido por cada mezcla	44
11.	Biomasa promedio en Kg MS ha ⁻¹ para los disponibles bajo el tratamiento (riego y seco)	45

Figura No.

1.	Croquis de la disposición de los tratamientos del diseño experimental.....	26
2.	Temperatura del aire (°C) mínima, media y máxima mensual de octubre 2013 a abril 2014 y promedio del período 2006-2014 EEFAS.....	28
3.	Precipitaciones acumuladas mensuales (mm) para el año en estudio 2013-2014 y promedio 2006-2014 EEFAS, y evapotranspiración de referencia acumulada mensual (mm) para el año en estudio 2013-2014 y serie histórica 1970-2014 INIA Salto Grande.....	29
4.	Evolución del contenido volumétrico de agua disponible en el suelo (Hv %) para el tratamiento riego y seco	31
5.	Producción total en Kg MS ha ⁻¹ de las diferentes mezclas.....	37
6.	Producción total en Kg MS ha ⁻¹ de las especies sembradas en cada mezcla.....	38
7.	Producción de forraje en Kg MS ha ⁻¹ de las especies sembradas y no sembradas para cada mezcla.....	40
8.	Consumo total de forraje producido en Kg MS ha ⁻¹ de cada mezcla.....	43
9.	Kg MS ha ⁻¹ de los componentes de las mezclas y especies no sembradas en los diferentes disponibles	46
10.	Kg MS ha ⁻¹ de los componentes gramíneas sembradas de las mezclas en los diferentes disponibles.....	47
11.	Kg MS ha ⁻¹ de los componentes leguminosas sembradas de las mezclas en los diferentes disponibles.....	48
12.	Kg MS ha ⁻¹ de los componentes de las mezclas y especies no sembradas en los diferentes rechazos.....	50

1. INTRODUCCIÓN

Las pasturas artificiales perennes han constituido desde los orígenes de la intensificación ganadera gran parte de la base forrajera en los sistemas productivos pecuarios. Sin embargo en los últimos tiempos viene ocurriendo un fenómeno de anualización de la base forrajera en dichos sistemas.

Esto trae asociado un mayor costo de producción, un elevado uso de insumos y suplementos por parte de los sistemas (Cardozo y Uribe, 2010) y un desaprovechamiento de recursos (agua, nutrientes y radiación) al estar por más tiempo el suelo descubierto. Esta situación constituye una fuerte limitación al desarrollo y a la sustentabilidad bio-económica agropecuaria.

La errática distribución de lluvias y su impredecibilidad genera déficits e inestabilidad en el sistema (Bocking y Bandeira, 2010) incidiendo en un factor que explica la escasa adopción de esta alternativa forrajera: la alta probabilidad de obtener bajos niveles de implantación. El establecimiento de las praderas es muy dependiente de las condiciones ambientales y es determinante de su productividad futura (Sheldrik, 2000).

Las referencias de productividad de estas pasturas son escasas para zonas con características peculiares de suelo y clima, como lo es la región basáltica, en donde tuvo lugar el ensayo (Formoso, 2011), siendo mínimo el empleo de gramíneas perennes en la región.

Las praderas compuestas por gramíneas y leguminosas perennes y de ciclos de producción complementarios utilizan más eficientemente el potencial ambiental del lugar al ocupar diferentes nichos (Carámbula 1977, Torssell y Nicholls 1978).

La mayor demanda atmosférica y las altas temperaturas en verano determinan altos niveles de estrés a las especies con metabolismo C3, pudiendo estas alcanzar los límites de tolerancia fisiológica y morfológica, determinando así, menor número de unidades de crecimiento y menor disponibilidad de energía para los mismos (Formoso, 1996).

Disponer de riego suplementario independizaría la fecha de siembra de la ocurrencia previa de lluvias, permitiendo adecuar a condiciones fototermales propicias (Dardanelli, 2010), y sería una alternativa tecnológica que contribuya a un mayor uso de praderas perennes en la zona.

En este trabajo, se propone analizar la respuesta al riego suplementario de cuatro mezclas forrajeras, tres con componente gramínea perenne y el testigo de la zona basáltica con componente anual. Las mezclas se componen de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus tenuis*; *Dactylis glomerata*, *Lotus corniculatus* y *Trifolium pratense*; *Dactylis glomerata* y *Medicago sativa*; *Lolium multiflorum*, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* y *Lotus corniculatus*.

Más específicamente se busca analizar la producción de forraje en el primer año de vida, con y sin riego suplementario por especie y mezcla, considerando también el nivel de enmalezamiento según la mezcla y la aplicación o no de riego suplementario. Se considerará la evolución de los componentes de las mezclas, tanto gramíneas como leguminosas, para poder discutir los resultados obtenidos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. MÉTODOS DE RIEGO

Los métodos de riego como a los sistemas de riego suelen usarse como sinónimos. Sin embargo por método de riego se entiende al conjunto de aspectos que caracterizan al modo de aplicar agua a las parcelas a ser regadas, y sistema de riego es el conjunto de equipamientos y técnicas que proveen esa aplicación siguiendo un determinado método.

El término sistema de riego se puede utilizar también para hacer referencia al conjunto de equipamientos y técnicas de gestión que aseguran la captación del agua, su almacenamiento, transporte y distribución a los regantes.

Los métodos de riego pueden clasificarse del siguiente modo (Pereira et al., citados por Bourdin et al., 2015):

- Riego de superficie, o por gravedad, comprendiendo el riego por inundación, en canteros tradicionales y surcos cortos o en canteros con nivelado de precisión, el riego por sumersión en canteros para arroz, el riego por infiltración en surcos o en melgas y el riego por escorrentía libre.
- Riego por aspersión, con sistemas estáticos y disposición en cuadrícula, fija o móvil, con sistemas móviles de cañón o ala sobre carro tirada por enrollador o por cable, y sistemas de lateral móvil, pivotante o de desplazamiento lineal.
- Riego localizado, o micro-riego, comprendiendo el riego por goteo, por difusores o borbotadores (“bubblers”), por tubos perforados o porosos, la micro-aspersión y el riego sub-superficial por tubos perforados y tubos porosos.
- Riego subterráneo, realizado por control de la profundidad de la capa freática.

Cuadro No. 1. Factores que inciden en la elección del método de riego.

Factores	Riego por superficie	Aspersión	Riego localizado
Precio del agua	Bajo	Medio	Alto
Suministro del agua	Irregular	Regular	Continuo
Disponibilidad del agua	Abundante	Media	Limitada
Pureza del agua	No limitante	Sin sólidos	Elevada
Capacidad de infiltración del suelo	Baja a media	Media a alta	Cualquiera
Capacidad de almacenamiento del suelo	Alta	Media a baja	No limitante
Topografía	Plana y uniforme	Relieve suave	Irregular
Sensibilidad al déficit hídrico	Baja	Moderada	Alta
Valor de la producción	Bajo	Medio	Alto
Costo de la mano de obra	Bajo	Medio	Alto
Costo de la energía	Alto	Bajo	Moderado
Disponibilidad de capital	Baja	Media a alta	Alta
Exigencia en tecnología	Limitada	Media a alta	Elevada

Fuente: Pereira y Trout (1999)

2.1.1. Riego por aspersión

El objetivo del riego por aspersión es producir una lluvia uniforme sobre toda la parcela, y con una intensidad tal que el agua infiltre en el mismo punto donde cae.

Partiendo de que el riego por aspersión no necesita de nivelación de suelo y se adapta a topografías onduladas, los sistemas móviles o semi fijos requieren de una menor inversión, se puede modificar fácilmente la pluviometría del sistema por lo tanto se independiza de la permeabilidad del terreno, es de fácil remoción al momento de permitir el ingreso de animales o en el caso de un cultivo para una buena mecanización (Morales, 2011).

2.2. RESPUESTA DE LAS PASTURAS SEMBRADAS BAJO RIEGO EN URUGUAY

Los primeros intentos de generar información sobre la respuesta en producción de forraje y de semilla con riego de una leguminosa forrajera, el trébol rojo (*Trifolium pratense*), fueron llevados a cabo por Pritsch et al. (1976).

Ya en ese entonces, en el reporte de Pritsch et al. (1976), se mencionaba las buenas condiciones del país para realizar el cultivo de maíz con riego y la necesidad de rotar con pasturas en un sistema también bajo riego.

Por otra parte se llevaron a cabo experimentos con el objetivo de seleccionar umbrales de riego óptimos para diferentes especies forrajeras (Hofstadter, Cardellino et al., citados por Sawchik y Formoso, 2000).

La investigación en el Litoral Sur fue retomada luego de un largo período a fines de 1990 (Sawchik et al., 2010). Desde el año 1997 se ha conducido diversos experimentos que tienen como objetivos la definición de umbrales de riego óptimos para distintas leguminosas, los potenciales de rendimiento de forraje alcanzables y el conocimiento de la capacidad de exploración radicular de las diferentes especies (Sawchik y Formoso, 2000).

En el año 1998 se instaló un experimento con cuatro especies: festuca cv. Tacuabé, trébol rojo cv. INIA Mizar, lotus cv. INIA Draco y alfalfa cv. Crioula. En el año de instalación de la pastura, los autores no encontraron respuestas significativas al riego en producción de forraje para ningún corte en trébol rojo, alfalfa y lotus. En el caso de festuca, ésta rindió un 10% más en el tratamiento regado para todo el período analizado. Parecería que en parte la respuesta podría deberse a que la especie presentó un sistema radicular más superficial que las leguminosas en el primer año. Los autores indican que en los cortes de primavera fue donde se obtuvo respuesta al riego, coincidiendo con la estación que presentó más deficiencias hídricas (Sawchik y Formoso, 2000).

En el reporte de Mas (2004), se muestran los resultados de un experimento en el cual se evaluaron distintas mezclas invernales sembradas por método convencional después de arroz, con un componente base de trébol blanco, al cual se le agregaba una gramínea como festuca o phalaris, o ambas y a estos tres tratamientos con gramíneas se le agregaba o no la variante del componente lotus, totalizando un total de seis tratamientos. El riego se aplicaba en el período primavera verano en torno a 3 o 4 eventos de riegos por temporada según las características climáticas reinantes. No se encontró

efecto significativo en cuanto a producción de las distintas mezclas, pero si una tendencia a mayor producción en aquellas que incluían el componente lotus.

Paralelamente y durante los dos primeros años, el trébol blanco fue significativamente superior cuando no tuvo la competencia del lotus.

Debido a lo anterior, los autores comentan que el riego de este tipo de pasturas con ciclo invierno-primaveral es más complicado de lo que parece y que las respuestas esperadas pueden ser muy inferiores a las obtenidas y que existen factores y efectos desconocidos que no se manejan cuando se agrega agua artificialmente a la pastura (Mas, 2004).

2.2.1. Leguminosas perennes

En Uruguay las leguminosas presentan pobre persistencia. El trébol blanco por ejemplo, se comporta como una especie de vida corta, alcanzando como máximo cuatro años, con producciones sustancialmente bajas (Díaz et al., 1996).

Su baja persistencia es principalmente de origen climático. Es más sensible a los déficit hídricos que otras leguminosas sembradas, por la escasa profundidad radicular de sus estolones, que luego de su primer año de vida son su principal mecanismo de persistencia (Arana et al., 2000).

En el caso de lotus (tanto *Lotus corniculatus* como *Lotus tenuis*) por las características de su ciclo biológico es de esperar una gran capacidad de respuesta al riego, aunque algunos problemas de sanidad y persistencia pueden incrementarse por imperfecciones del sistema referidos al drenaje (Mas, 2004).

El trébol blanco presenta un ciclo invierno-primaveral, aunque es capaz de responder a estímulos hídricos durante el verano. Si bien presenta limitantes fisiológicas desde el punto de vista de la eficiencia a la repuesta productiva debido a las altas temperaturas de la estación. Independientemente del crecimiento que logre la leguminosa durante el verano, el riego puede ayudar a la sobrevivencia de plantas y estolones permitiendo un mejor inicio en el ciclo siguiente (Mas, 2004).

La respuesta al agua agregada en el período estival, promedio de los tratamientos del trabajo realizado por Pérez Gomar (2004) fue de 8,95 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹ de agua, siendo altamente significativo. La respuesta del mejoramiento de trébol blanco fue en promedio 7,2 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹ de agua agregada, mientras que la del trébol rojo fue de 9,52 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹ de agua

agregada, siendo significativa la diferencia entre ambas especies (Pérez Gomar, 2004).

También se observó una disminución general de la producción de forraje de ambas leguminosas en el mejoramiento extensivo con el incremento de la resistencia a la penetración (RP). Por lo tanto es muy probable que la menor producción de forraje esté altamente explicada por menor disponibilidad de agua para las plantas asociadas a mayor RP (Pérez Gomar, 2004).

Los déficit hídricos que se manifiestan en el período estival, se ven magnificados en suelos de basalto, por un lado por la variación de profundidad que presentan y por el otro por su textura arcillosa, que determinan una mayor retención del agua en el suelo a tensiones no disponibles para las plantas (Pérez Gomar, 2004).

En el ciclo 1997/1998 Sawchik y Formoso (2000) evaluaron dos umbrales de riego: 40 % (agotamiento del 60 % del agua disponible) y 75 % (agotamiento del 25 % del agua disponible), lo que determinó la aplicación de láminas mayores de menor frecuencia y láminas menores de mayor frecuencia para uno y otro caso respectivamente. Estos tratamientos y el testigo en seco se aplicaron en tres especies; trébol rojo, alfalfa y lotus. En el cuadro No. 2 se presentan los rendimientos de forraje acumulado para trébol rojo.

Cuadro No. 2. Producción de forraje (t MS ha⁻¹) en el 1º año de trébol rojo cultivar LE 116 según régimen hídrico.

Tratamiento	Secano	Riego 1 (Umbral 40 %)	Riego 2 (Umbral 75 %)
Prod. acum. (t MS ha ⁻¹)	6,7	8,1	8,0
Rendimiento relativo	100	119	118
Lámina neta aplicada		100	140

Fuente: Sawchik y Formoso (2000).

En este trabajo aparece una respuesta significativa al riego, pero de baja magnitud (20 %) comparado con el secano. Se consideró para la reposición de la lámina una profundidad de arraigamiento de 40 cm. La producción de forraje corresponde al período del 3/11 al 31/3 de la estación de crecimiento.

En el caso de alfalfa cv. Crioula, Sawchick y Formoso (2000) no encontraron diferencias significativas en producción de forraje para los tres

regímenes hídricos. Los mismos autores destacan la mayor profundidad radicular de esta especie.

De igual forma, para lotus, los datos mostraron tendencias similares a alfalfa en cuanto a la respuesta en producción de forraje bajo riego.

Hofstadter (1982) reporta para trébol blanco que los tratamientos con riego produjeron 18 % más de forraje en el promedio de los años (1974-1975 y 1975-1976) comparado con el secano.

Para el caso del lotus, su sistema de raíz pivotante permitió en parte adaptarse mejor a la condición extrema y según los autores, salvo condiciones de sequías severas, ésta sería una especie marginal a incluir en un plan de pasturas a regar (Sawchik y Formoso, 2000).

Pritsch et al. (1976), realizaron un estudio preliminar sobre el comportamiento bajo dos regímenes hídricos diferentes, de dos cultivares de trébol rojo: Kenland y Estanzuela 116, en producción de forraje y semilla. Encontraron para las zafras 74/75 y 75/76 en las cuales se llevaron a cabo los experimentos, que el riego incrementó la producción de materia seca total del cultivar Estanzuela 116 en un 50 % frente a los testigos sin riego.

Santiñaque y Battista (2003), estudiaron en *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel, el efecto de dos frecuencias de defoliación (F: frecuente y A; aliviado), bajo tres niveles de estrés de agua en el suelo (E0, E1 y E) sobre el comportamiento de la leguminosa y el uso del agua. El manejo frecuente (F) correspondió a cortes cada 22 días y el aliviado (A) cada 44 días. EL E0 fue sin estrés hídrico (82 % de CC), E1 estrés intermedio (65 % CC) y el E2 estrés severo (59 % de CC). Se constataron diferencias en producción de forraje para los tres niveles de estrés para el promedio de los dos manejos de defoliación y en los dos períodos evaluados (a) primavera-verano y (b) verano. El rendimiento se redujo al 64 y 51 % en el período (a) y 45 y 22 % para el período (b) para E1 y E2, respectivamente con respecto al manejo sin estrés. Otros autores encontraron similar respuesta en lotus donde la producción bajo estrés hídrico promedió el 21 % del control irrigado (Peterson et al., citados por Santiñaque y Battista, 2003).

2.2.2. Gramíneas anuales y perennes

En el experimento que se hizo referencia de Sawchik y Formoso (2000) instalado en 1998 con cuatro especies, la festuca cv. Tacuabé rindió un 10 % más en el tratamiento regado en todo el período analizado. En los cortes de

primavera fue donde se obtuvo respuesta al riego, coincidiendo con la estación que presentó más deficiencias hídricas.

Según Formoso (2010), festucas irrigadas aumentaron su producción de materia seca en secano de 1000 kg ha⁻¹ a 3000 kg ha⁻¹ bajo riego.

En setiembre de 2010 se instalaron en la Estación Experimental “Dr. Alejandro Gallinal” dos sistemas de riego por aspersión para regar pasturas destinadas al engorde de corderos y manejo estratégico de bovinos. Las pasturas fueron dos de ciclo corto (*Cychorium intybus* cv. INIA Lacerta; y *Lolium hybridum* cv. Banquett II, ambos con trébol rojo cv. Estanzuela 116,) y tres pasturas de ciclo largo (festuca cv. Rizomat con trébol blanco cv. Zapicán, festuca cv. Rizomat, trébol blanco cv. Zapicán y *Lotus uliginosus* cv. Grassland Maku, y *Lotus uliginosus* cv. Grassland Maku). En 2011 y 2012, festuca con trébol blanco y lotus Maku fueron las que produjeron más forraje (23,0 y 26,3; t ha⁻¹ para 2011 y 21,3 y 25,9; t ha⁻¹ para el 2012 respectivamente) (Formoso y Norbis, 2014).

En Portugal, Lourenco et al. (2006) reportan que raigrás anual con riego permite duplicar el número de pastoreos, (cuatro en lugar de dos) comparado con el tratamiento de secano, también duplica el rendimiento de materia seca, proteína cruda y digestibilidad, lo que muestra la importancia del riego suplementario en estabilizar la disponibilidad forrajera a lo largo del año.

2.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES QUE COMPONEN LAS MEZCLAS

2.3.1. Festuca arundinacea

Se trata de una gramínea perenne invernada, con hábito de crecimiento cespitoso a rizomatoso. Presenta un buen crecimiento en lugares húmedos y a su vez tiene buena resistencia a la sequía. Se adapta a un amplio rango de suelos, prosperando en suelos medios a pesados, tolera suelos ácidos y alcalinos (Langer, 1981).

Tiene una lenta implantación debido a que sus plántulas son muy poco vigorosas presentando vulnerabilidad frente a la competencia en esta etapa, en siembras tardías con suelos fríos se reduce la velocidad de implantación y se retrasa la fecha al primer pastoreo. Esto se debe a una baja movilización de las reservas de la semilla y en consecuencia el lento crecimiento de la raíz (Langer 1981, Carámbula 2002, Ayala et al. 2010).

En su segundo año de vida presenta precocidad otoñal, un rápido rebrote de fines de invierno y floración temprana (setiembre-octubre) además de una muy buena persistencia. Requiere de alta fertilidad, necesita un suministro de nitrógeno importante, sea a través de fertilizantes nitrogenados o mediante la siembra de leguminosas asociadas (Carámbula, 2002).

Admite pastoreos relativamente intensos y frecuentes, no solo porque las sustancias de reservas se encuentran en las raíces y rizomas cortos que forman la corona de las plantas, sino también porque por lo general, presentan áreas foliares remanentes altas luego de los pastoreos. Pero períodos prolongados de pastoreo intensivo pueden llegar a ser desfavorables para su crecimiento (Carámbula, 2002).

No obstante, la falta de latencia estival y la carencia de órganos para acumular grandes volúmenes de reservas, puede hacer peligrar su productividad y persistencia bajo manejos excesivamente intensos. Por esta razón es apropiado dejar ciertos períodos de descansos favoreciendo de esta manera su futuro comportamiento (Carámbula, 2002).

El cv. INIA Aurora, se caracteriza por ser de tipo continental. Presenta una floración muy temprana (aproximadamente a fines de agosto), es de alto vigor inicial y rápido establecimiento. Tiene altos rendimientos en todas las estaciones y buena sanidad. El rendimiento promedio para el primer año de producción para las estaciones de primavera y verano se sitúa en los 7000 kg MS ha⁻¹ (Ayala et al., 2010).

El cv. Rizomat, es producto de 40 años de selección natural en Uruguay, particularmente en suelos de basamento cristalino. Es rizomatosa, de hábito prostrado y cubre el suelo en forma pareja sin formar las matas típicas de las festucas tradicionales. Es de rápida implantación. Tiene floración tardía con fecha de espigazón a inicios de octubre. Se caracteriza por rendimientos promedios en el primer año de 7500 kg MS ha⁻¹ para las estaciones de primavera y verano (PGWsementes, 2012).

2.3.2. *Trifolium repens*

Es una leguminosa perenne estolonífera de ciclo invernal, aunque su mayor producción se da en primavera bajando drásticamente su producción en el verano. Puede comportarse como anual, bienal o de vida corta, dependiendo de las condiciones del verano ya que es muy sensible a la sequía (Carámbula, 2002).

El trébol blanco es usado en zonas donde las temperaturas del verano son moderadas y donde la humedad del suelo no es limitante. Se adapta a

suelos fértiles, húmedos y medianos a pesados. No tolera suelos superficiales, pues sufre la falta de agua y muchas plantas pueden morir en el verano. Además, presenta bajo vigor inicial y establecimiento lento, y no tolera la sombra (Langer, 1981).

Esta especie tiene la capacidad de persistir en forma vegetativa como también por semillas duras, condición muy valiosa que permite ocupar nichos vacíos en las pasturas (Carámbula, 2002).

Es una de las leguminosas con mayor digestibilidad y apetecibilidad, además de presentar un gran valor nutritivo y gran potencial de fijación de nitrógeno. Estas características hacen elevar la calidad de todas las pasturas en las que se lo incluyan. Sin embargo los riesgos de meteorismo en la época de crecimiento primaveral son elevados (Langer, 1981). Por lo tanto, el trébol blanco cuando es utilizado para uso pastoril se siembra con una gramínea que presente su mismo ciclo de producción, de esta manera el forraje producido por la mezcla es balanceado y disminuye el riesgo de meteorismo.

Admite pastoreos relativamente intensos y frecuentes, ya que tiene tallos estoloníferos que enraízan en los suelos muy eficientemente, meristemas contra el suelo, índices de área óptimos foliar bajo, hojas jóvenes ubicadas en el estrato inferior y hojas viejas ubicadas en el estrato superior. El trébol blanco no es de floración terminal y aunque florezca, el estolón puede seguir creciendo, pero bajo pastoreos frecuentes e intensos pierde su habilidad competitiva (Carámbula, 2002).

Goliath es un cultivar de hoja grande, de hábito erecto, tiene estolones más gruesos y mayor densidad foliar que Estanzuela Zapicán. Es de ciclo largo, florece más tarde que Estanzuela Zapicán y su floración se extiende más hacia el verano. Su rendimiento anual es similar a Estanzuela Zapicán en el primer año, ronda los 6155 kg MS ha⁻¹, pero presenta una mayor producción en primavera-verano que este. Estanzuela Zapicán también es un cultivar de hoja grande, erecto, con floración temprana y abundante. Se destaca por su rápido establecimiento y excelente producción invernal (Ayala et al., 2010).

2.3.3. Lotus corniculatus

Lotus es una leguminosa forrajera perenne de ciclo estival. Entre sus fortalezas se destaca que se adapta a un rango muy amplio de suelos, tiene un sistema radicular pivotante profundo, ofrece un buen potencial de producción primavero-estivo-otoñal con posibilidades de producción a fines de invierno en cultivares tempranos y presenta un elevado valor nutritivo que declina poco en pleno verano con la madurez. Algunas de las limitantes es el lento crecimiento

de sus plántulas y su difícil establecimiento, lo que quiere decir que no compite satisfactoriamente con plántulas de crecimiento rápido, ya sean cereales, forrajeras o malezas y el bajo vigor de sus plántulas origina un establecimiento del cultivo pobre, además de la susceptibilidad que presenta al mal manejo del pastoreo. Y en cuanto a la producción de semillas es afectada por la maduración despereja de las vainas y el proceso generalizado de desgrane de las mismas (Carámbula, 2002). Otra de las debilidades es la alta susceptibilidad a enfermedades de raíz y corona dado por *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani* (Altier, 1997).

No es exigente en cuanto a requerimientos de suelos. Es sumamente plástico, pudiendo presentar buen desarrollo tanto en suelos arenosos como en arcillosos, en suelos demasiado húmedos y pesados para la alfalfa o demasiado secos para el trébol blanco y en suelos moderadamente ácidos o alcalinos, aún con bajos porcentajes de fósforo. Sin embargo responde muy bien a la fertilización fosfatada y al encalado (Carámbula, 2002).

Su resistencia a la sequía, su alto valor nutritivo y su persistencia, hacen de ella una especie muy recomendable para ser incluida en mezclas forrajeras (Formoso, 1993).

Si bien presenta un patrón de crecimiento bastante parecido al de alfalfa, se destaca por poseer un mejor comportamiento bajo temperaturas frescas a frías y la gran ventaja de no producir meteorismo. Lotus al igual que las praderas mixtas, muestran una clara tendencia hacia una estacionalidad más marcada a medida que el cultivo envejece (Carámbula, 2002). Esto es reafirmado por Formoso (1993), que dice que la primavera es la estación en la que es menos notoria la disminución de la producción por una mayor edad.

Una característica fundamental que presenta es el alargamiento de entrenudos, que determina que la defoliación retire no solo folíolos sino también meristemas apicales y axilares que se encuentran por encima de la altura de corte y que las hojas más nuevas, que se encuentran en la parte superior del canopeo, sean susceptibles a ser removidas durante el pastoreo, determinando que el área foliar remanente sea nula o de baja capacidad fotosintética (Zanoniani y Ducamp, 2004).

En cuanto al manejo de pastoreo, Formoso (1996) indica que manejos frecuentes (10-12 cm) e intensos (3 cm) determinan una baja producción de forraje y baja longevidad de las plantas. Un manejo menos frecuente (20-25 cm) en verano sería el factor determinante en alcanzar condiciones de alta longevidad de plantas, y en estas condiciones la disminución de la intensidad de corte de 3 a 6 cm permitiría un mejor comportamiento productivo. Así

mismo, manejos frecuentes en primavera determinan condiciones de menor producción de forraje y cuando se maneja en forma menos frecuente la producción de forraje anual incrementa. En condiciones de alta producción y persistencia (buenas condiciones fisiológicas y morfológicas del cultivo), el aumento de intensidad de corte de 6 a 3 cm, favorece mayores eficiencias de cosecha (eficiencia de utilización) y posibilita que se obtengan mayores rendimientos, por lo que se puede concluir que la intensidad de corte incide en forma diferencial según la condición fisiológica del cultivo. Las mayores producciones se logran cuando se manejan cortes menos frecuentes e intensidades de 3 a 6 cm. La tasa de crecimiento máxima obtenida se presenta según Díaz et al. (1996) en primavera y fue de 31 kg MS ha⁻¹ día⁻¹.

El cv. San Gabriel presenta una excelente adaptación al pastoreo, comprobada versatilidad y amplia adaptación ambiental, se adapta a los más variados tipos de suelos. Presenta buen comportamiento en suelos con bajos niveles de fósforo. Su producción para el primer año de vida es de 7500 kg MS ha⁻¹ para las estaciones de invierno, primavera y verano aproximadamente (Ayala et al., 2010).

2.3.4. *Dactylis glomerata*

Es una gramínea perenne invernal, cespitosa con macollos comprimidos lateralmente (Langer, 1981).

Dactylis es una valiosa gramínea forrajera que se adapta bien a una fertilidad moderada y a un bajo contenido de humedad del suelo (Langer, 1981), presentando menores requerimientos en fertilidad de suelo que las demás especies perennes invernales más utilizadas en el Uruguay (Carámbula, 2002).

Según Langer (1981), a menos que sea sometida a un pastoreo fuerte, tiene la tendencia de tornarse algo grosera y muy cespitosa, y en estas condiciones no es muy aceptada por los animales en pastoreo.

Como todas las especies forrajeras, la producción total anual y estacional depende del manejo del pastoreo. En una pastura mixta manejada durante todo el año a una frecuencia de 18 cm y una intensidad de 7 cm se registraron los mayores rendimientos anuales de la pastura.

En esta especie las sustancias de reserva se encuentran ubicadas en las bases de las macollas y en las vainas de las hojas, por lo tanto el manejo del pastoreo acepta defoliaciones frecuentes pero no intensas, de lo contrario la planta se verá afectada ya que los animales consumirán directamente las

reservas de la misma. Se adapta muy bien a pasturas mezcla ya que es poco agresivo, lo cual permite, con un manejo apropiado de la leguminosa que lo acompañe, obtener una pastura balanceada (Carámbula, 2002).

En algunas zonas se lo asocia con lotus o con alfalfa, de ser así, deben buscarse cultivares de alfalfa resistentes a los fríos y que tengan crecimiento temprano en la primavera, ya que si hay excedente de forraje se logra un heno de buena calidad (Carámbula, 2002).

Dactylis cv. Perseo presenta una floración temprana a principios de octubre, de hábito semi-erecto y buena sanidad foliar. En el primer año la producción se sitúa alrededor de los 6966 kg MS ha⁻¹ (Ayala et al., 2010).

2.3.5. *Medicago sativa*

Es una especie de leguminosa perenne estival, con crecimiento erecto a partir de corona, con alto potencial de producción primavero-estival independientemente del grado de latencia del cultivar, siendo esta característica determinante de la producción otoño-invernal. Los cultivares con latencia producen 6-10 % y los sin latencia 16-20 % de la producción total en dicho período respectivamente (Rebuffo, 2000).

El sistema radicular de la alfalfa consta de una raíz principal que penetra en el suelo, si se dan las condiciones, 7 a 9 metros o más. Sin embargo no es raro que el sistema radicular se encuentre extremadamente ramificado, la masa de raíces disminuye logarítmicamente en la medida que descendemos en el perfil del suelo, encontrándose el 60-70 % de la masa total de las raíces en los primeros 15 cm de suelo (Heichel, citado por Barnes y Scheaffer, 1995). Las raíces fibrosas que proliferan en los primeros 20 cm de suelo son las que tienen la mayoría de los nódulos (Barnes y Scheaffer, 1995).

El pH del suelo es un factor muy importante que afecta el crecimiento de esta especie afectando de forma directa la fijación simbiótica de N₂ y la disponibilidad de elementos esenciales. Potasio, fósforo, azufre y boro son los nutrientes limitantes más comunes en la producción de alfalfa, aunque pueden ocurrir otras deficiencias en determinados suelos (Barnes y Scheaffer, 1995).

La alfalfa tiene un mejor comportamiento frente a un régimen de cortes poco frecuentes, de esta forma puede realizar una mejor gestión de los nutrientes dentro de la planta entre defoliaciones para asegurar buenos rendimientos y persistencia de la planta. Las reservas de nitrógeno en la raíz de la planta son determinantes de la velocidad de crecimiento luego de la

defoliación, basándose el nuevo crecimiento en el pool de proteínas de almacenamiento vegetativo (Barber et al., citados por Frame, 1996).

Esto coincide con el manejo planteado por Carámbula (2002), de que la alfalfa se adapta perfectamente al pastoreo rotativo con el cual se favorece una acumulación eficiente de reservas en la corona.

La utilización de alfalfa en mezclas con festuca, dactylis o cebadilla es una tecnología ampliamente aceptada y difundida entre los productores argentinos desde hace muchos años. Dicha asociación tiene ventajas desde el punto de vista del enmalezamiento y el riesgo de meteorismo (Formoso, 2000).

Como se mencionó anteriormente, los cultivares de alfalfa difieren en su capacidad de producción en invierno (latencia invernal), siendo éste un carácter de grados y no una condición absoluta. Los cultivares se agrupan en tres categorías de latencia (de mayor a menor detención del crecimiento en invierno: con latencia, latencia intermedia y sin latencia). La latencia invernal, constituye una adaptación de la especie para sobrevivir a la condición adversa del invierno, lo que es de mayor importancia en zonas climáticas con inviernos más rigurosos que los nuestros (INIA e INASE, 2014).

En otras palabras, el grado de reposo invernal o latencia indica el período en el que la alfalfa no produce, ya que las variedades de diferentes grupos inician y finalizan el reposo con distintos umbrales de temperatura y longitud del día en el período otoño-invierno. Este es uno de los aspectos más relevantes de las características varietales, ya que determina la distribución estacional de forraje y en particular el potencial de crecimiento con bajas temperaturas (Rebuffo, 2000).

Estanzuela Chaná se caracteriza por sus plantas de porte erecto, coronas de gran tamaño y tallos largos. De reposo invernal corto y floración poco profusa que se extiende desde noviembre hasta marzo inclusive, tiene excelente precocidad y vigor de plántulas que determinan el alto rendimiento en el primer año cuando se la siembra en otoño temprano. Su rendimiento promedio se sitúa en los 6800 kg MS ha⁻¹ para el primer año de vida, en las estaciones de invierno-primavera-verano (Ayala et al., 2010).

2.3.6. Trifolium pratense

Trébol rojo es una especie bianual de ciclo invernal cuyo crecimiento es erecto a partir de corona, y es de tipo productivo fino (Rosengurtt, 1979). Es una especie que presenta raíz pivotante que la hace tolerante frente a déficits hídricos, y muy adaptada a suelos profundos de texturas medias y pesadas con

buen drenaje. Tolera, además, suelos con pH más bajos que la alfalfa (aunque es menos tolerante que el trébol blanco), y es poco productiva en suelos arenosos o livianos (Carámbula, 2002).

Dentro de las leguminosas se destaca por el buen vigor inicial y rápido establecimiento, teniendo todos los tipos (con floración temprana sin latencia, floración intermedia con latencia y floración muy tardía con latencia prolongada) una excelente implantación cuando las siembras se realizan en otoño temprano (marzo-abril). Esta especie ha demostrado tener una buena implantación tanto en siembras convencionales como en siembra directa, y admite una mayor amplitud de fechas de siembra que se puede extender hasta agosto inclusive (Ayala et al., 2010).

En trébol rojo la persistencia depende en buena medida de la perennidad de la planta original, dado que la resiembra natural es errática (García, 1992). Presenta una escasa persistencia debido a la muerte de plantas por marchitez y podredumbre radicular, fundamentalmente causadas por hongos del género *Fusarium* (Rebuffo y Altier, 1996).

Las especies de hábito erecto pueden ser defoliadas con facilidad y casi totalmente y tienen menos desarrollados los mecanismos de homeostasis (menor plasticidad fenotípica) con respecto a las especies de hábito postrado. Por lo tanto para no perjudicar a este tipo de plantas, es necesario retirar los animales y esperar que recompongan su área foliar y sus reservas, con un período de descanso largo (Beltramini et al., 1967). De esta manera se adapta mejor a pastoreos rotativos o cortes siendo su manejo ideal una frecuencia de 15-18 cm en invierno y 20-24 cm en primavera con una intensidad de 4-5 cm (Carámbula, 2002). Con estos pastoreos se logra una importante acumulación de reservas a través de un período de descanso largo.

Díaz et al. (1996) encontraron que el primer año existe una menor producción en otoño-invierno respecto al segundo año por tratarse del año de implantación. Por otra parte, las tasas de crecimiento en primavera-verano fueron superiores en el primer año respecto al segundo, siendo esto atribuido a los problemas de persistencia que ya empiezan a aparecer en la segunda primavera. La máxima tasa de crecimiento registrada en esa evaluación en La Estanzuela fue de 72 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ en noviembre del primer año.

El cultivar LE.116 según García (1992) es uno de los más productivos considerando el rendimiento total de los dos primeros años. Se trata de un cultivar con una destacada precocidad y alta producción invernal y total, característica que lo diferencia de los cultivares con latencia (Ayala et al., 2010).

Este cultivar (al igual que la mayoría de los cultivares en nuestro país) no sobrevive luego de la primavera del segundo año, consecuencia de la alta susceptibilidad al ataque de patógenos, siendo la principal causa de muerte la podredumbre de raíz. Es por esto que la producción en el tercer año tiene alta erraticidad, traduciéndose la baja persistencia en un fenómeno que contrarresta la consistente oferta de forraje durante los dos primeros años (García, 1992). Esto coincide con lo expuesto por Ayala et al. (2010), quienes establecieron que la producción del segundo verano está generalmente condicionada por la incidencia de enfermedades radicales, las altas temperaturas y el déficit hídrico, cuyos efectos combinados reducen el número de plantas.

Su producción en el primer año para las estaciones de invierno-primavera-verano, se sitúa en los 10100 kg MS ha⁻¹ aproximadamente (Ayala et al., 2010).

2.3.7. *Lolium multiflorum*

El cultivar Estanzuela 284 fue obtenido en INIA La Estanzuela por selección de materiales introducidos de Brasil. Fue liberado al mercado a comienzos del cincuenta y se popularizó rápidamente en la región por sus excepcionales características. Desde hace años también se multiplica en USA bajo el nombre Gulf, llegando a ser el cultivar más sembrado con el 50 % del mercado americano. Es uno de los cultivares de floración más temprana en Uruguay y Argentina, y son pocos los cultivares que lo superan en producción hasta mediados de invierno. Si bien Estanzuela 284 es susceptible a roya, por su floración temprana normalmente escapa a las infecciones de primavera (Ayala et al., 2010).

Es una de las forrajeras más importantes a nivel mundial. En el Uruguay es ampliamente utilizada como verdeo invernal y/o componente de distintas pasturas. El uso de la especie en el país ha estado concentrado mayoritariamente en el cv. Estanzuela 284 y poblaciones derivadas. Si bien en el mundo existen muchos cultivares y programas de mejoramientos muy activos, recién en los últimos años comienzan a utilizarse otras variedades (García, 1998).

Dentro de la especie *Lolium multiflorum*, los distintos cultivares pueden agruparse en dos tipos:

a. Tipo multiflorum; cultivares que tienen requerimientos de frío para florecer y que por lo tanto los macollos que se producen a partir del invierno

permanecen vegetativos sin florecer; por consiguiente, pueden comportarse como bianuales (ejemplo; INIA Titán).

b. Tipo westerwoldicum; cultivares sin requerimientos de frío para florecer y que tienen un comportamiento estrictamente anual por ejemplo, Estanzuela 284, INIA Cetus (García, 1998).

Los tipos westerwoldicum son más productivos durante el otoño y parte del invierno. Presentan baja flexibilidad en cuanto a fecha de siembra. La fecha de floración para Estanzuela 284 es entre el 25 de setiembre y 5 de octubre (Ayala et al., 2010).

Se recomienda sembrarlo a partir de los primeros días de marzo, utilizando densidades de 15-20 kg de semilla ha⁻¹ en siembra pura, o 10-15 kg ha⁻¹ en mezclas con avena. Por ser el cultivar E284 un tipo westerwoldicum de floración temprana, el atraso en la siembra acorta el ciclo productivo. Se comporta como estrictamente anual.

La producción según INIA e INASE (2014) ronda los 6100 Kg MS ha⁻¹, para los períodos 2012 y 2013 estudiados en EEFAS.

Según Goodenoug, citado por Algorta y De Maio (2008), la especie también presenta un desarrollo vegetativo variable según su ploidía, donde los cultivares tetraploides (2n=28) generalmente presentan pocos macollos de gran grosor y hojas de láminas anchas y color verde oscuro, en contraste con los diploides (2n=14) con mayor cantidad de macollos pero de menor grosor y hojas de láminas más angostas y de color verde más claro.

La producción de forraje de Estanzuela 284 se maximiza con pastoreos rotativos cuando alcanza 18-20 cm de altura, pero tolera bien manejos más frecuentes. Muy versátil, se adapta bien a situaciones de menor potencial productivo y manejos poco controlados (Ayala et al., 2010).

Estudios recientes (Algorta y De Maio, 2008) han comprobado que parte de la semilla comercial que se vende en Uruguay bajo el nombre de Estanzuela 284 no responde al tipo varietal, por lo que es obligatorio a partir del 1/1/2016 el uso de semilla certificada.

2.3.8. Lotus tenuis

Se trata de una especie de hábito de vida perenne y producción primavera-estivo-otoñal. Crece en ambientes diversos y tolera suelos ácidos y

de poca fertilidad, resiste alcalinidad moderada, presenta un sistema radicular profundo, se adapta a pastoreo continuo y no produce meteorismo (Carámbula, 2002).

Montes y Cahuépe (1985) indican que *Lotus tenuis* es una especie que se adapta a suelos imperfectamente drenados o con restricciones hídricas durante ciertos períodos. También dicen que es una planta poco agresiva, lo que la transforma en un débil competidor con gramíneas nativas y malezas.

La presencia de raíces adventicias y tallos poseedores de una hipertrofia muy importante de tejido aerénquimatoso, ha sido asociada a la tolerancia en condiciones de inundación prolongada (Mazati et al., 1988).

En este sentido, de acuerdo con Vignolio et al. (1991) *Lotus tenuis* es más tolerante al anegamiento, en términos de supervivencia y crecimiento que *Lotus corniculatus*.

Lotus se reproduce solo por semillas, cuya producción es abundante. Más del 90 % de estas semillas poseen cubierta dura y no germinan inmediatamente, formando parte del reservorio del suelo (Miñón et al., 1990).

En mezclas con festuca en el primer año de producción el aporte de lotus fue de 3,5 t MS ha⁻¹ (Miñón et al., 1990).

2.4. MEZCLAS FORRAJERAS

Carámbula (2002) define mezcla forrajera como una población artificial formada por varias especies con diferentes características tanto morfológicas como fisiológicas. Como resultado de esta “población artificial” de especies y de las características de cada una en particular, se produce un proceso complejo de interferencias que puede conducir a alguno de los siguientes resultados; mutua depresión, depresión de una especie en beneficio de otra, mutuo beneficio y/o falta total de interferencia.

Según Saldanha (2011), al momento de la elección de especies a incluir en la mezcla se debe tener en cuenta; a) el objetivo productivo de la mezcla, b) los factores edáficos, c) especies compatibles en el manejo de la defoliación, d) los factores climáticos, e) el nivel de enmalezamiento de la chacra y f) el rastrojo.

Como explica Carámbula (2002) las siembras de pasturas sobre suelos cansados, pobres o degradados, en los que la sola fertilización fosfatada conjuntamente con la falta de nitrógeno, ocasionada por la demanda de cultivos

precedentes y/o prácticas culturales y de conservación inadecuadas, conduce a una mala implantación de las gramíneas y por lo tanto a un desbalance de especies dominando así las leguminosas.

Pensando en el factor competencia que se puede generar entre las especies sembradas, Santiñaque (1979) plantea que dos plantas, independientemente de cuan cerca estén una de la otra no compiten entre sí mientras el contenido de agua, nutrientes y luz se encuentre en exceso sobre las necesidades de ambas. Teniendo en cuenta que basta que uno de los factores decaiga por debajo de la demanda combinada de ambas plantas, para que dicha competencia comience. Como pueden ocurrir relaciones benéficas entre las especies sembradas, el término más exacto para definir esta relación sería “interferencia” (Donald, citado por Santiñaque, 1979). Esta se define como la respuesta de una planta individual o plantas de una especie al ambiente total cuando éste es modificado por la presencia y/o el crecimiento de otros individuos.

Santiñaque (1979) nombra las principales especies disponibles para formar mezclas en Uruguay, separando por componente gramínea o componente leguminosa.

Haciendo referencia a las gramíneas, su importancia radica en que constituye el volumen más importante de forraje para los animales, separándolas en invernales y estivales. Como gramíneas invernales propone las especies normalmente usadas en el país, *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata*, entre otras. Con un comportamiento que determina dos períodos productivos, primavera y otoño y un período invernal donde se observa una disminución en la producción de forraje y finalmente un reposo total o casi total durante el verano según sean las condiciones climáticas.

Clasifica a las leguminosas como “dadoras” de nitrógeno al componente gramínea asociada y como responsables de incrementar el valor nutritivo del forraje, recomendando el uso de leguminosas templadas de crecimiento estival, como alfalfa y lotus.

Como clasificación general de las mezclas se destacan mezclas ultra simples, mezclas simples y mezclas complejas, las diferencias entre unas y otras radican en el número de especies integrantes.

Las mezclas ultra simples están formadas por una gramínea y una leguminosa ambas de ciclo invernal o estival, se puede citar como ejemplo; festuca-trébol blanco (invernales) o paspalum-lotus (estivales).

Las mezclas simples consisten en una mezcla ultra simple más una gramínea o leguminosa de ciclo complementario, teniendo como ejemplo festuca-trébol blanco-lotus. Según Langer (1981), utilizando mezclas simples de especies compatibles el potencial de crecimiento individual es alcanzado con mayor facilidad por motivo de que las demandas por luz, agua y nutrientes, se dan en diferentes momentos determinado por el ciclo de vida de las especies, por lo tanto el manejo es más fácil, si lo comparamos con las mezclas complejas.

Por último las mezclas complejas, las cuales pueden ser de ciclos similares (varias gramíneas y leguminosas del mismo ciclo) o de ciclos complementarios (varias gramíneas y leguminosas de ciclos diferentes). Existiendo como ejemplo, para el primer caso festuca-falaris-trébol blanco-trébol rojo y para el segundo lotus-paspalum-festuca-trébol blanco. Se las clasifica como mezclas de difícil establecimiento y manejo (Carámbula, 2002).

Langer (1981) plantea que es imposible proveerle condiciones de establecimiento y manejos óptimos para todas las especies, provocando que algunas desaparezcan pronto.

El rol de las gramíneas dentro de las mezclas es aportar: productividad sostenida por varios años, se adaptan a distintos tipos de suelos, facilidad de mantenimiento de poblaciones adecuadas, explotación total del nitrógeno simbiótico, estabilidad en la pastura, baja vulnerabilidad a la invasión de malezas y mejora en las propiedades físicas del suelo.

Los verdeos de invierno son una buena opción para aumentar la eficiencia en la producción temprana de forraje, esta tecnología busca adelantar el período de aprovechamiento otoñal, disponer de una importante entrega de forraje invernal y extender el aprovechamiento del forraje primaveral. Para obtener los mayores beneficios de los verdeos de inviernos asociados (mezcla simple), es necesario realizar siembras tempranas a principios de marzo que promuevan pastoreos adelantados (Carámbula, 2002).

En el caso de las leguminosas: ofrecen nitrógeno a las gramíneas, poseen alto valor nutritivo para contribuir en la dieta animal y promueven la fertilidad en suelos naturalmente pobres, así como degradados por un mal manejo (Carámbula, 2002).

La entrega de nitrógeno a las gramíneas varía con el largo del ciclo de la leguminosa, el pastoreo y el porcentaje de leguminosas entre otros. Por cada 1000 kg MS ha⁻¹ se fija aproximadamente 30 kg N ha⁻¹. Aunque este aporte puede no ser suficiente, por lo que se puede aplicar fertilizante a las gramíneas

para complementar el aporte pero de manera de no sustituirlo (Saldanha, 2011).

Según Formoso (2010), a medida que se aumenta el número de especies en la mezcla, las contribuciones individuales de cada componente disminuyen, sin embargo, las especies deprimidas en uno o dos períodos del año pasan a ser dominantes en otros, donde tienen ventajas comparativas de crecimiento. Estas complementaciones posibilitan aumentar los rendimientos globales de las asociaciones.

Se debe tener en cuenta además las temperaturas óptimas de crecimiento de cada especie, como forma de lograr una distribución de forraje homogénea en las distintas estaciones. La temperatura óptima de crecimiento para las especies templadas está entre 15 °C y 20 °C (Carámbula, 2003). Por otro lado Langer (1981) sostiene que la temperatura óptima para especies templadas está entre los 20 °C y 25 °C.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES

3.1.1. Ubicación experimental

El trabajo se realizó en la Estación Experimental de Facultad de Agronomía de Salto (EEFAS), ubicada sobre la ruta No. 31 a 21 km de la ciudad de Salto. El ensayo fue realizado en el potrero No. 25 (31°22'34.7"S 57°42'53.9"W).

3.1.2. Descripción del sitio experimental

Según datos extraídos de Blanco (2008), el sitio se encuentra sobre la unidad de suelos Itapebí-Tres Árboles, la cual se caracteriza por la predominancia de suelos basálticos de moderada a alta profundidad. Además indica que el suelo se trata de un Brunosol Éutrico.

Dicho autor describe este suelo como de buena profundidad para la actividad agrícola, el color es de pardo a pardo muy oscuro llegando a pardo amarillento en el horizonte C, de textura pesada a muy pesada con diferenciación textural media. En los horizontes más profundos comienzan a aparecer concreciones de CaCO_3 y también se pueden ver películas de arcilla.

Cuadro No. 3. Descripción del perfil del suelo del área experimental.

Horizonte	Profundidad (cm)	Color	Textura	Estructura	Transición
A	0 – 11	Pardo oscuro	Arcillo - limoso	Bloques moderados	Gradual
AB	11 – 22	Pardo oscuro	Arcillo - limoso	Bloques subangulares de moderados a fuertes	Gradual
Bt1	22 – 57	Pardo muy oscuro	Arcillo - limoso bien pesado	Bloques angulares fuertes	Gradual películas de arcilla
BC	57 – 82	Pardo oscuro	Arcillo - limoso pesado	Bloques angulares fuertes	Concreciones de CaCO ₃
C	82	Pardo-amarillento	Franco - limoso	Débil	Presencia de Basalto alterado

Fuente: Blanco (2008).

3.1.3. Antecedentes del área experimental

El cultivo antecesor a la siembra de las mezclas en el área experimental fue un sorgo forrajero bajo cortes con rotativa. El 3 de marzo de 2013 se aplicó glifosato, y el 4 de abril se lo cortó e hileró y se retiró el rastrojo a mano. Posteriormente, el 8 de abril se aplicó 300 kg ha⁻¹ de 7-40-40-0. Se pasó excéntrica luego de la aplicación del fertilizante. Cabe destacar que lo ideal hubiera sido muestrear el suelo y analizarlo, para después aplicar fertilizante según los resultados obtenidos.

La fecha de siembra de las mezclas fue entre el 10 al 13 de mayo; se observaron plantas emergidas el 17 de mayo. La densidad de siembra para cada especie se presenta en el cuadro No. 4.

Cuadro No. 4. Especies y cultivares utilizados, densidad de siembra (kg ha⁻¹) y empresas que brindaron las semillas.

Espece	Densidad	Gentileza de:
<i>Trifolium repens</i> cv. Goliath	3	Wrightson Pas
<i>Lotus tenuis</i> cv. Aguapé	8	Wrightson Pas
<i>Lotus corniculatus</i> cv. San Gabriel	8	EEFAS
<i>Trifolium pratense</i> cv. La Estanzuela 116	6	EEFAS
<i>Medicago sativa</i> cv. Chaná	20	Procampo
<i>Trifolium repens</i> cv. Zapicán	3	EEFAS
<i>Festuca arundinacea</i> cv. INIA Aurora y cv. Rizomat	15	Wrightson Pas
<i>Dactylis Glomerata</i> cv. Perseo	8	Procampo
<i>Lolium multiflorum</i> cv. LE 284	15	EEFAS

3.1.4. Tratamientos

Se efectuaron ocho tratamientos que consistieron en: cuatro mezclas, con (1) y sin (0) riego suplementario respectivamente.

- 1) (fe) *Festuca arundinacea* cv. INIA Aurora y cv. Rizomat -50 % en peso de semilla de cada cultivar-, *Trifolium repens* cv. Goliath y *Lotus tenuis* cv. Aguapé.
- 2) (datrl) *Dactylis glomerata* cv. INIA Perseo, *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel y *Trifolium pratense* cv. LE116.
- 3) (dalf) *Dactylis glomerata* cv. INIA Perseo y *Medicago sativa* cv. Chaná.
- 4) (rg) *Lolium multiflorum* cv. LE284, *Trifolium repens* cv. Zapicán, *Trifolium pratense* cv. LE116 y *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel.

3.1.5. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar en parcelas divididas con tres repeticiones. El área experimental fue de 4400 m², que fueron divididos en 3 bloques, cada bloque contaba con 8 tratamientos (4

mezclas forrajeras en parcelas menores x 2 tratamientos: con y sin riego en parcelas mayores), cada tratamiento tenía 148,4 m².

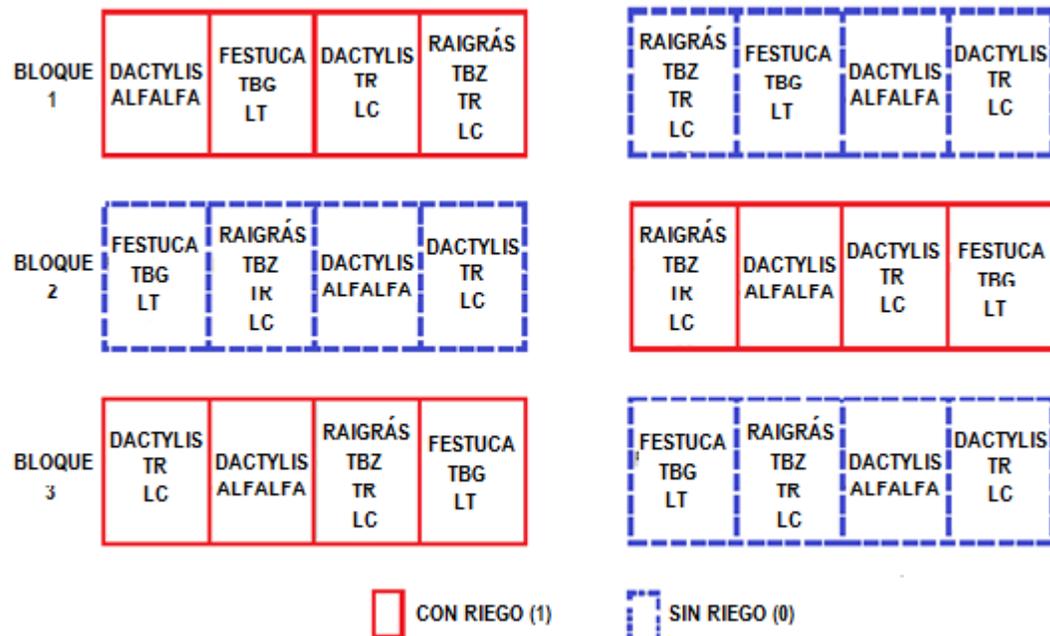


Figura No. 1. Croquis de la disposición de los tratamientos del diseño experimental.

3.1.6. Manejo del experimento

En el primer año de crecimiento de las pasturas se realizaron cuatro pastoreos. Previo a cada uno de ellos se estimó la biomasa aérea presente (disponible), luego se pastoreó y al finalizar cada pastoreo se estimó nuevamente la biomasa de forraje (rechazo).

Los momentos en que se estimó el forraje disponible pre pastoreo fueron: 5 de octubre, 30 de octubre, 2 de diciembre y 11 de febrero. El 14 de abril siguiente también se estimó el forraje, fecha en que se dio por finalizado el trabajo de campo (período experimental).

Las fechas en que se estimó el forraje remanente de cada pastoreo fueron: 14 de octubre, 4 de noviembre, 4 de diciembre y 14 de febrero. Y este es el período que se utiliza para analizar la producción de forraje.

La decisión de cuando pastorear se realizó en función del estado de las pasturas y de la intercepción de luz de la canopia. Para medir la intercepción

de luz por la pastura se utilizó un ceptómetro (AccuPAR LP-80, USA). Se realizaron entre 7 y 8 lecturas de forma aleatoria por parcela, de la proporción de luz que interceptaban las mezclas; dicha intercepción es la diferencia entre la radiación incidente encima de la pastura y la que llega al suelo. Teóricamente cuando las mezclas se acercan al 90 % de la intercepción de luz o algunas de ellas alcanzan este valor se debe pastorear, pues el crecimiento de nuevas hojas se ve afectado por la abundante cantidad de forraje que impide la llegada de luz a todas las hojas. Tau es la proporción de la radiación incidente que llega al suelo. Haciendo $1 - \text{Tau}$ se estima la cantidad de luz interceptada por las mezclas.

Para poder analizar la información estadísticamente por período, se pastoreó simultáneamente todas las parcelas, aunque no todas estuviesen en su momento óptimo para ser pastoreadas.

Los animales utilizados fueron vacas en ordeño y en algunos casos vacas vacías, cada parcela se pastoreó hasta alcanzar 3 a 5 cm de altura de la pastura.

Se comenzó a instalar el equipo de riego el 17 de junio, el sistema de riego utilizado fue por aspersores y presentó una pluviometría de 4 mm hora^{-1} .

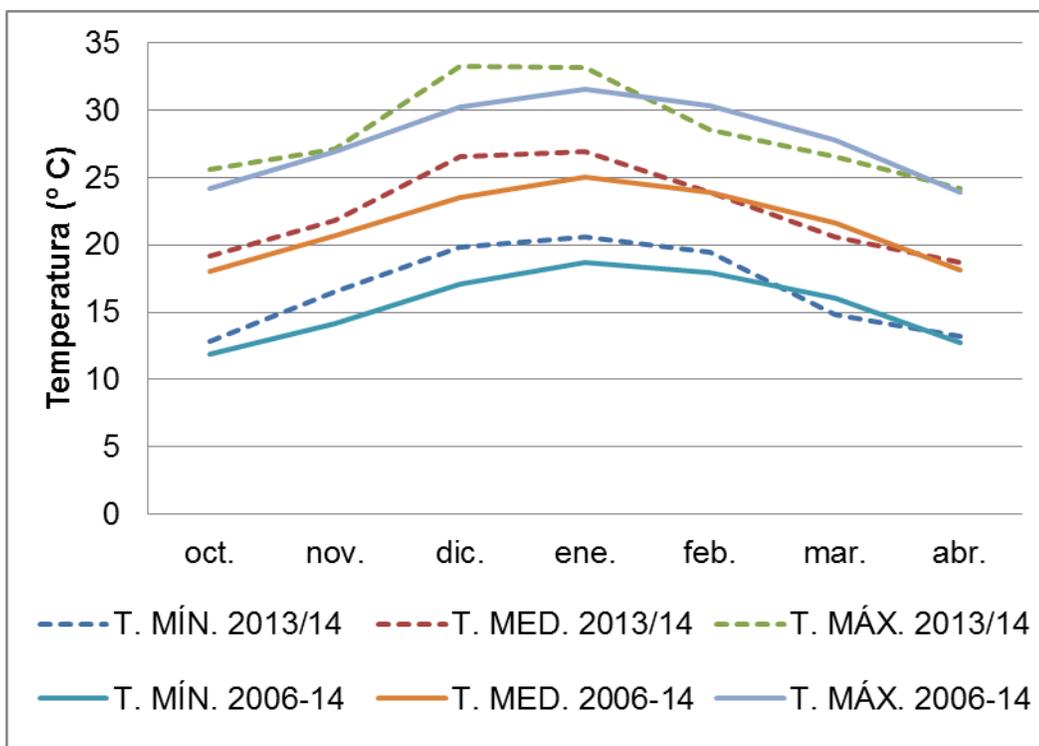
En total se regaron 185,1 mm. En el cuadro No. 5 se muestra el detalle de las fechas y mm regados.

Desde octubre se midió el contenido de agua en el suelo (contenido volumétrico, HV%.) mediante la instalación de FDR (Frequency Domain Reflectometry) (Decagon 10HS, USA). Es un dispositivo que contiene un sensor que a través de sus varillas metálicas y un emisor receptor de impulsos eléctricos, mide el tiempo y frecuencia que tarda los impulsos eléctricos en recorrer las varillas según la cantidad de humedad. Se instalaron cuatro sensores, dos de ellos en el tratamiento de secano (0-10 cm y 20-30 cm) y los restantes en el de riego (0-10 cm y 20-30 cm).

3.2. CONDICIONES AMBIENTALES

3.2.1. Temperatura

A continuación se presenta un gráfico con las temperaturas registradas en la estación meteorológica ubicada en EEFAS. comparando las del año en estudio (2013-2014) con el promedio histórico (2006-2014).



Referencias:

- T. MÍN.: temperatura media, mensual promedio (°C)
- T. MED.: temperatura media, mensual promedio (°C)
- T. MÁX.: temperatura media, mensual promedio (°C)

Figura No. 2. Temperatura del aire (°C) mínima, media y máxima mensual de octubre 2013 a abril 2014 y promedio del período 2006-2014 EEAFAS.

Las temperaturas durante el período experimental se asemejan al período climático con pequeñas oscilaciones. En el período de octubre a enero del año en estudio las temperaturas estuvieron por encima del promedio histórico. Para los meses de febrero-abril vemos que se comportan de forma similar a la serie histórica.

3.2.2. Precipitaciones y evapotranspiración

En la figura No. 3 se presentan los registros pluviométricos extraídos de la estación meteorológica ubicada en EEAFAS para la serie histórica (2006-2014) comparados con las ocurridas en el año en estudio (2013-2014). La evapotranspiración mensual (Eto Penman-Moneith, Allen et al., 2006) del año

en estudio y para la serie histórica (1970-2014) se extrajo de la Estación Experimental INIA Salto Grande (ubicada a 21 km del sitio experimental).

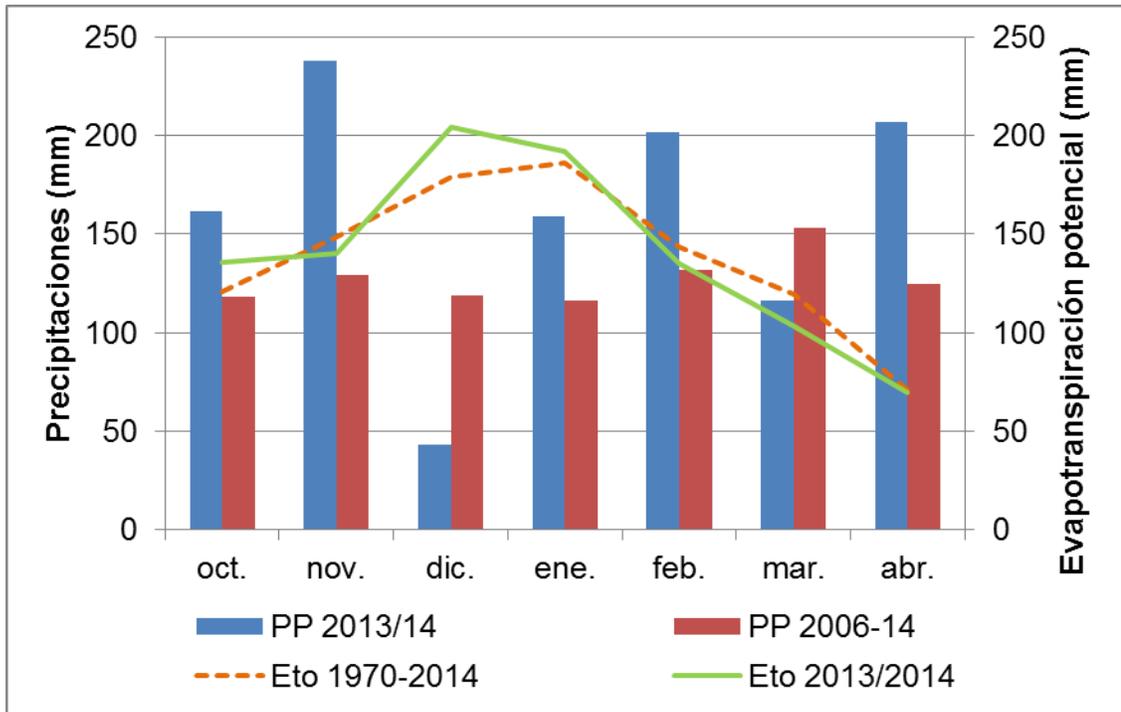


Figura No. 3. Precipitaciones acumuladas mensuales (mm.) para el año en estudio 2013-2014 y promedio 2006-2014 EEFAS, y evapotranspiración de referencia acumulada mensual (mm) para el año en estudio 2013-2014 y serie histórica 1970-2014 INIA Salto Grande.

Se puede observar que las precipitaciones del año en estudio no acompañan al promedio histórico, vemos que en los meses de octubre, noviembre, enero, febrero y abril las precipitaciones son por encima del promedio histórico (346,3 mm). Y que en los meses de diciembre y marzo estos son inferiores a los promedios de referencia (112,4 mm).

En el mes de noviembre las diferencias con el promedio histórico fueron las más altas, siendo la misma de 108,8 mm. a favor del año en estudio. Mientras que la mayor diferencia a favor de la serie histórica se dio en el mes de diciembre con 75,9 mm.

En cuanto a la Eto, se puede ver que la del año en estudio acompañó a la serie histórica. Con la salvedad de que los meses de octubre, diciembre y

enero superaron al promedio histórico (34,46 mm.) con su mayor diferencia concentrada en el mes de diciembre.

Si bien en la mayoría de los meses en el año en estudio las precipitaciones superan a las Eto; dichos excesos no son aprovechables ni transferibles a períodos con déficit. En los meses de diciembre y enero las precipitaciones están muy por debajo de los requerimientos de Eto.

3.2.3. Balance hídrico de agua en el suelo

El balance hídrico de agua en el suelo se simuló con el modelo Winsareg (Pereira et al., 2003) que estima el contenido de agua en el suelo durante el desarrollo del experimento. Teniendo en cuenta las condiciones climáticas registradas: precipitaciones, evapotranspiración, viento y tipo de suelo, humedad, pastura implantada y agua de riego utilizada.

Se consideró para las mezclas un Kc de 0,2 en la implantación y de 1 a partir del comienzo de la etapa de evaluación (Allen et al., 2006), una profundidad radicular efectiva de 35 cm, y un contenido volumétrico de agua del 48,5 % de capacidad de campo (CC) y 26,1 % de punto de marchitez permanente (PMP).

El modelo estima que para el óptimo crecimiento de las pasturas el contenido volumétrico de agua en el suelo debe fluctuar entre el 48,5 % de CC y no ser inferior al valor P (%) o fracción de agotamiento de agua en el suelo sin estrés. Para el experimento se tomó un valor P de 50 % del agua disponible.

La figura No. 4 muestra las fluctuaciones del contenido volumétrico agua (Hv %) en el suelo a 35 cm de profundidad, para las diferentes mezclas en riego y secano.

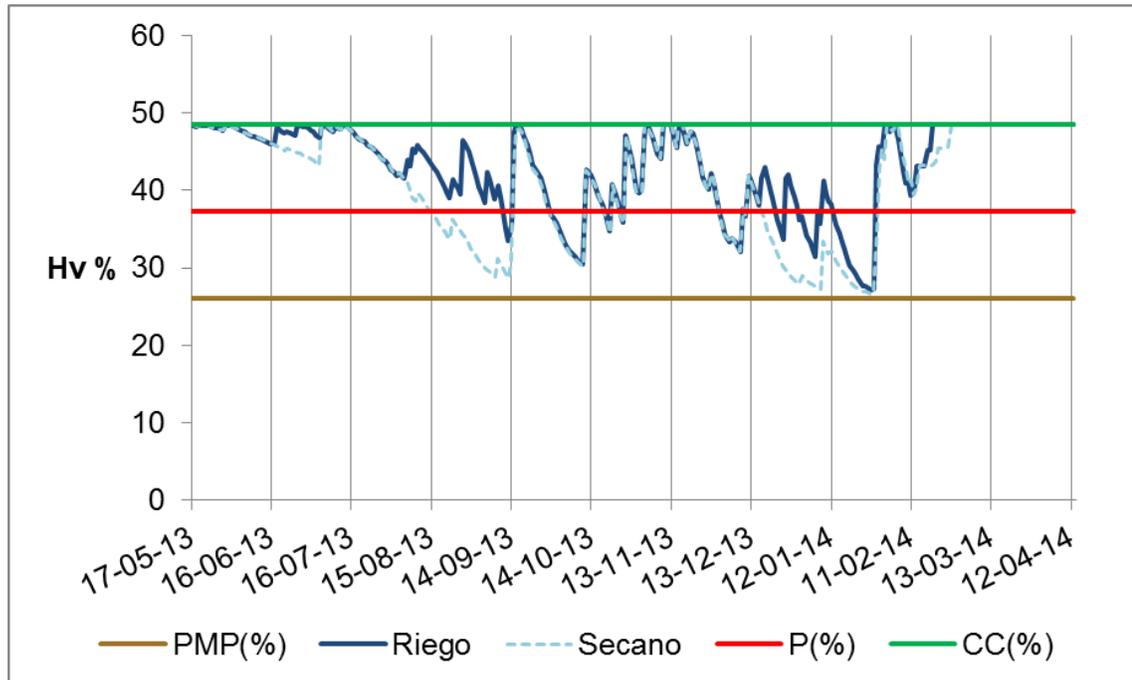


Figura No. 4. Evolución del contenido volumétrico de agua disponible en el suelo (Hv %) para el tratamiento riego y secano.

Durante el período en estudio (05/10/2013 al 14/04/2014) podemos evidenciar dos momentos con importantes deficiencias hídricas para el caso de secano, los cuales superan al punto de estrés P (%). Estos se ubican en la primer quincena de octubre y en un período que se extiende desde mediados de diciembre a fines de enero (17/12/2012 a 29/01/2014), coincidiendo este momento con las altas Eto registradas y analizadas en el año de estudio; el contenido de agua en el suelo alcanza valores cercanos a PMP y bajo esta condición es esperable que gran parte de las especies sembradas disminuyan su rendimiento o sucumban ante tal estrés.

Cuando se implementó el riego en el período estival, los efectos del estrés fueron menores. De todas maneras no fue suficiente para evitarlo en su totalidad. Aunque sí se acortó el período bajo estrés, el riego no fue suficiente.

El cuadro No. 5 muestra los diferentes momentos de riego y sus volúmenes aplicados, así como también la relación entre la evapotranspiración potencial y la real.

Cuadro No. 5. Fechas de riego, volumen aplicado, excesos y relación evapotranspiración de referencia y evapotranspiración real moderada.

Días	Riego (mm)	Excesos (mm)	Etr/Eto
18/06/2013	8	0	1
26/06/2013	8	2,9	1
06/08/2013	10	0	1
08/08/2013	12	0	1
27/08/2013	27	0	1
05/09/2013	17	0	1
17/12/2013	16	0	0,99
18/12/2013	8	0	1
26/12/2013	32	0	0,63
27/12/2013	8	0	1
07/01/2014	24	0	0,44
18/02/2014	7	0	1
19/02/2014	13	1,1	1

Se observa en el cuadro No. 5 que la relación entre la evapotranspiración potencial y la real en dos momentos (26/12/2013 y 07/01/2014) del período estival, estuvo por debajo del óptimo, confirmando que el riego no fue suficiente.

El cuadro No. 6 muestra la evapotranspiración potencial total y real total para el período con riego. Así como también su relación y la eficiencia de riego.

Cuadro No. 6. Eto, Etr y eficiencia de riego.

Eto (mm)	829,3
Etr (mm)	718,3
Etr/Eto (%)	86,6
Eficiencia (%)	97,9

Se evidencia que el riego en el período no fue suficiente, ya que la Etr es menor a la Eto. Por lo tanto la pastura no tuvo el agua suficiente para expresar su potencial, siendo esta de un 86,6 %.

No obstante se alcanzaron altísimos valores de eficiencia, 97,9 %.

3.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Se evaluó la producción de las diferentes mezclas y sus componentes a través de la medición de diferencia de biomasa pre pastoreo y el remanente posterior al pastoreo. Por apreciación visual, en cada muestra se estimó la cantidad relativa de forraje a una escala de referencia marcada para tal objetivo en cada fecha y la contribución relativa de cada especie sembrada y del conjunto de malezas a esta. También se estimó el área de suelo sin vegetación (suelo desnudo).

3.3.1. VARIABLES MEDIDAS Y ESTIMADAS

3.3.1.1. Cantidad de forraje en base seca pre y pos pastoreo

Se definió como disponible a la cantidad de biomasa aérea a ras del suelo, en base seca, presente antes del comienzo del pastoreo por unidad de área.

El remanente se definió como la cantidad de biomasa aérea a ras del suelo presente luego de finalizado el pastoreo.

La forma de determinación de los mismos fue a través del método de doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975). El método mencionado se aplicó utilizando 5 puntos de referencia en cantidad de forraje, según altura y densidad de la pastura. En cada parcela se tomaron al menos 10 muestras de 30 x 30 cm. Se realizaron 30 cortes para la calibración (10 cortes por bloque).

Los 30 cortes de calibración y 5 cortes de escala se secaron a estufa a 60 °C por 48 horas, previo y posterior pesado del forraje, para determinar el porcentaje (%) de materia seca y la cantidad de forraje en peso seco de cada valor de la escala. Con estos valores se ajustó una regresión lineal (cantidad de forraje en kg MS ha⁻¹ y valores de 1 a 5), la que luego se utilizó para estimar la cantidad de pasto presente en cada unidad experimental. Esto se realizó cada vez que se hizo un muestreo pre y pos pastoreo.

3.3.1.2. Producción de forraje

El forraje producido se estimó como la diferencia entre la cantidad de forraje disponible para el pastoreo menos el forraje remanente dejado en el pastoreo anterior, esa fue la producción de forraje en ese período de tiempo. Para el cálculo de la producción en un período mayor de tiempo se sumaron estas diferencias y a los períodos (días) bajo pastoreo se le asignó la tasa de crecimiento promedio del período anterior y posterior a cada pastoreo.

3.3.1.3. Forraje desaparecido

Se calculó como la diferencia entre la cantidad de forraje presente antes del pastoreo y el remanente luego de este, o sea es una estimación del forraje consumido por los animales expresado en base seca.

3.3.1.4. Porcentaje de utilización

Se estimó la proporción del forraje utilizado en relación al producido en el período estudiado, a través de la relación entre la suma del forraje desaparecido (“consumido”) en cada pastoreo y el forraje producido en todo el período.

Y también se estimó la proporción del forraje utilizado en relación al forraje disponible previo a cada pastoreo, a través del cociente entre el promedio del forraje desaparecido (“consumido”) por pastoreo sobre el promedio del forraje disponible pre pastoreo.

3.3.1.5. Composición botánica

Se refiere al aporte porcentual en biomasa de las diferentes especies sembradas y malezas en general, en el momento del muestreo, tanto del disponible previo al pastoreo como del remanente. Se estimó visualmente la contribución relativa de cada componente en base seca, en cada muestra realizada para estimar la cantidad de forraje presente (a través del método de rendimientos comparativos). Luego la proporción de cada componente en cada muestra se multiplicaba por la cantidad de forraje total de la misma (obtenido por la ecuación de regresión) y con el promedio de todas las muestras se estimaba la composición relativa del forraje de cada parcela en ese momento.

En cada muestra de 30 x 30 cm también se estimaba visualmente la proporción en área con suelo desnudo.

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Mediante el paquete estadístico Infostat se analizaron la producción total de forraje y por componente, consumo de forraje producido y la utilización del forraje producido.

Fueron analizados con procedimientos habituales del SAS, el forraje total y por componente, previo y posteriormente a cada pastoreo (con el efecto día), así como el forraje desaparecido en cada pastoreo, % de utilización en función del disponible por pastoreo, y la variable Tau.

Se analizó las variables medidas por medio del análisis de varianza y en el caso de encontrarse diferencias significativas se realizó la prueba Tukey al 5 % ($p < 0,05$) para determinar la mínima diferencia significativa entre tratamientos.

3.4.1. Modelo estadístico

El modelo estadístico utilizado es de bloques al azar con parcelas divididas:

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_k + A_i + \delta_{ijk} + B_j + (AB)_{ij} + M_l + (ABM)_{ijl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Dónde;

l; 1, 2 riego y sin riego
j; 1, 2, 3, 4 mezclas
k; 1, 2, 3 bloques
i; 1; 2; 3; 4; 5 mediciones

Y_{ijk}	es el valor de la variable en el i-esimo tratamiento, en la j-esima mezcla y k-esimo bloque
μ	media poblacional
β_k	efecto bloque (B1; B2; B3)
A_i	efecto de tratamiento (riego, secano)
δ_{ik}	error experimental entre U.E.
B_j	efecto de las mezclas (1, 2, 3, 4)
$(AB)_{ij}$	interacción entre riego/secano y mezclas
M_l	efecto medición (1, 2, 3, 4, 5)
$(ABM)_{il}$	interacción entre medición y tratamiento
ε_{ijk}	error experimental entre mediciones dentro de la unidad experimental

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PRODUCCIÓN DE FORRAJE

Cuadro No. 7. Producción total en Kg MS ha⁻¹ del tratamiento (riego y seco), correspondiente al período del 05/10/2013 al 14/02/2014.

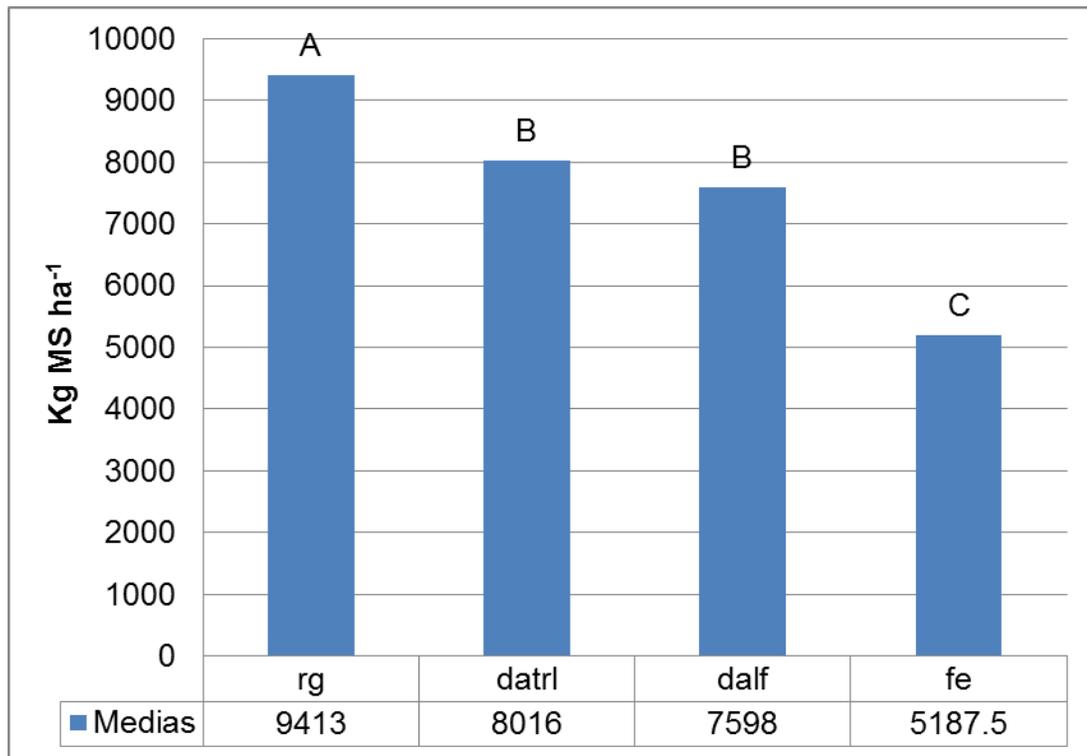
Tratamiento	Producción (Kg MS ha ⁻¹)	Grupo
Riego	8667	A
Secano	6440	B

Las medias de los tratamientos en las filas seguidas de diferentes letras son significativamente distintas con el Test de Tukey ($p < 0,05$).

Existió efecto riego ($p < 0,0154$) siendo la diferencia del forraje producido de 2227 Kg MS ha⁻¹ a favor del tratamiento bajo riego. Esto coincide con los autores citados en bibliografía (Pritsch et al. 1976, Hofstadter 1982, Sawchik y Formoso 2000) que expresan el aumento de rendimiento al incorporar agua a las mezclas.

La figura No. 5 muestra los resultados en Kg MS ha⁻¹ de las distintas mezclas forrajeras, correspondiente al período del 05/10/2013 al 14/02/2014.

Se constató diferencias entre mezclas ($p < 0,0001$), no siendo significativa ($p < 0,63$) la interacción mezcla forrajera*riego.



Las medias de los tratamientos en las columnas seguidas de diferentes letras son significativamente distintas con el Test de Tukey ($p < 0,05$).

Figura No. 5. Producción total en Kg MS ha⁻¹ de las diferentes mezclas.

La mezcla con gramínea anual resultó ser la de mayor producción frente a las otras con componente gramínea perenne ($p < 0,0001$).

Analizando las mezclas ($p < 0,0001$), la que presentó la menor performance fue la que incluyó a festuca como componente gramínea, mientras que las que contenían dactylis presentaron una producción intermedia y no difirieron entre sí.

El resultado obtenido se puede deber a que al ser raigrás una gramínea anual expresa todo su potencial en el primer año de vida como fue citado por Carámbula (2002), en comparación a las demás que presentan un hábito de vida perenne y que alcanzan la mayor producción en el segundo y/o tercer año de vida.

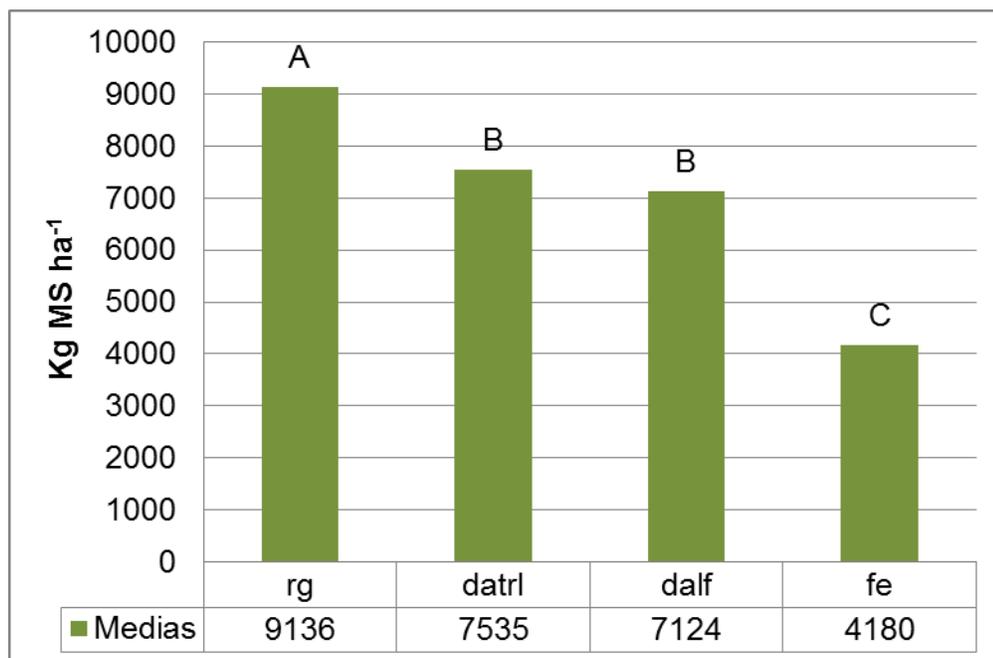
Cuadro No. 8. Producción total en Kg MS ha⁻¹ de las especies sembradas bajo tratamiento riego y seco, correspondiente al período del 05/10/2013 al 14/02/2014.

Tratamiento	Producción (Kg MS ha ⁻¹)	Grupo
Riego	8144	A
Secano	5844	B

Las medias de los tratamientos en las filas seguidas de diferentes letras son significativamente distintas con el Test de Tukey ($p < 0,05$).

Para las especies sembradas existió diferencias significativas ($p < 0,02$) en favor al riego, siendo esta diferencia de 2300 Kg MS ha⁻¹.

La figura No. 6 visualiza la producción total en Kg MS ha⁻¹ del conjunto de las especies sembradas en las distintas mezclas, correspondiente al período del 05/10/2013 al 14/02/2014.



Las medias de los tratamientos en las columnas seguidas de diferentes letras son significativamente distintas con el Test de Tukey ($p < 0,05$).

Figura No. 6. Producción total en Kg MS ha⁻¹ de las especies sembradas en cada mezcla.

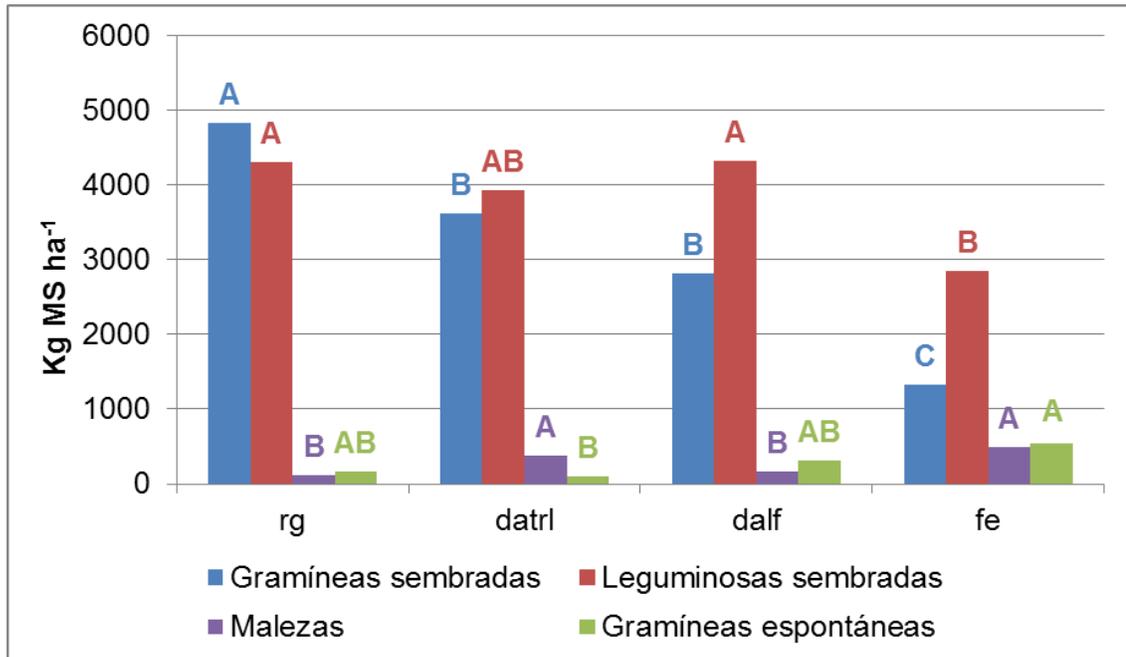
La mezcla que presentaba a raigrás, nuevamente resultó la de mayor producción frente a las demás ($p < 0,0001$).

Mientras que las mezclas ($p < 0,0001$) que contenían dactylis como componente gramínea mantuvieron su producción intermedia sin importar el tipo de leguminosa que conformaba la mezcla. También se repitió como menos productiva aquella que era conformada por festuca.

Si bien no existió interacción mezcla forrajera*riego ($p < 0,577$), Tukey diferenció tratamientos. Como gran resultado, se desprende que todas las mezclas que estaban bajo riego rindieron más que sus pares en seco (ver anexo No. 1).

La figura No. 7 muestra la producción de forraje por componentes, sean sembrados o espontáneos, para cada mezcla, correspondiente al período del 05/10/2013 al 14/02/2014.

Cuando se analizaron los componentes de cada mezcla, y sus respectivas interacciones con los siguientes factores: riego, riego*block, mezcla forrajera, mezcla forrajera*riego, se ve que en el único caso en el cual se encontraron diferencias significativas fue entre mezclas.



Las medias de los tratamientos en las columnas seguidas de diferentes letras son significativamente distintas con el Test de Tukey ($p < 0,05$).

Figura No. 7. Producción de forraje en Kg MS ha⁻¹ de las especies sembradas y no sembradas para cada mezcla.

Hubo diferencias cuando analizamos a las especies de interés, tanto sea gramíneas ($p < 0,0001$) como leguminosas ($p < 0,0293$).

Analizando el componente gramínea, quien presentó la mejor performance fue el raigrás, con 4825 Kg MS ha⁻¹. Mientras que festuca fue quien tuvo la menor producción dentro de las gramíneas en estudio (1330 Kg MS ha⁻¹). Las mezclas con dactylis tuvieron una producción intermedia diferenciándose de raigrás y de festuca (ver anexo No. 2)

Si bien no existió efecto riego en el componente gramínea ($p < 0,1362$), al observar el test de Tukey, de éste se desprende que salvo festuca, las demás presentaron en valores absolutos mayor producción con riego que en seco.

El componente leguminosa no se puede analizar por especie por ser varias y no estar presentes las mismas en todas las mezclas. Las diferencias en producción del conjunto de leguminosas en cada mezcla no fueron tan marcadas como en las gramíneas. Lo que si se destacó fue el bajo aporte de

las leguminosas en la mezcla con festuca. La producción de alfalfa y la producción conjunta de *Trifolium repens* cv. Zapicán, *Trifolium pratense* cv. LE.116 y *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel fueron mayores ($p < 0,0293$) que la de *Trifolium repens* cv. Goliath con *Lotus tenuis* cv. Aguapé (ver anexo No. 3).

También existieron diferencias en cuanto a la producción de las malezas dentro de cada mezcla ($p < 0,0003$). Contrariamente a lo esperado la mezcla que contenía a raigrás como gramínea sembrada, no fue la más afectada por la aparición de malezas, ya que ésta en el período estival no está presente dejando espacio para la aparición de malezas y/o gramíneas espontáneas. Las mezclas en que la producción de malezas fue mayor fueron fe ($483 \text{ Kg MS ha}^{-1}$) y datrl ($378 \text{ Kg MS ha}^{-1}$), las que no se diferenciaron entre sí. Tampoco se diferenciaron en la producción de malezas en el período estudiado las mezclas de rg y dalf (ver anexo No. 4)

No existieron diferencias al 5 % en la producción de forraje de las gramíneas espontáneas entre las diferentes mezclas ($p < 0,0507$), sin embargo el test de Tukey diferenció la producción de las gramíneas espontáneas en la mezcla de datrl de la de fe siendo en esta última mayor, lo cual es lógico ya que fue la mezcla con menor producción de gramíneas y leguminosas sembradas (ver anexo No. 5)

Como se expresó anteriormente, no hubo efecto riego en la producción total del período estudiado en ninguno de los componentes, pero de todas formas se analizará el efecto riego en cada componente para comparar con los resultados obtenidos por otros autores. Se considera que dado los altos errores experimentales en esta clase de experimentos la información obtenida es de gran valor.

Cuadro No. 9. Producción de cada mezcla y por componente en Kg MS ha⁻¹ bajo riego y secano, correspondiente al período del 05/10/2013 al 14/02/2014.

	Mezcla	Gramíneas sembradas	Leguminosa	Gramíneas espontáneas	Malezas
Riego	rg	5627	4665	124	130
	dalf	3086	5438	291	145
	datrl	3764	4737	110	339
	fe	1282	3976	535	437
Secano	rg	4023	3957	215	94
	dalf	2531	3192	326	186
	datrl	3460	3108	98	417
	fe	1377	1725	530	529

En raigrás se obtuvieron 5627 y 4023 Kg MS ha⁻¹ en un período de 277 días para riego y secano respectivamente, por lo que los datos obtenidos no se asemejan con los de Lourenco et al. (2006) donde estos encontraban que el rendimiento en MS se duplicaba con el agregado de agua; si bien los datos de Lourenco et al. (2006) pertenecen a raigrás puro, los obtenidos en este trabajo son en mezcla y son de otro país con condiciones climáticas diferentes. Se puede observar también, aunque sin diferencias significativas, que el raigrás en secano supera a todas las demás gramíneas sembradas haya sido o no regada.

Para festuca la producción obtenida fue de 1282 y 1377 Kg MS ha⁻¹ para riego y secano respectivamente, no coincidiendo con lo obtenido por Sawchik y Formoso (2000) donde logran una respuesta del 10 % en rendimiento al agregado de agua en el primer año de instalación de la pastura, dicha respuesta ocurre en los cortes de primavera, coincidiendo con la estación que presentó más deficiencias hídricas.

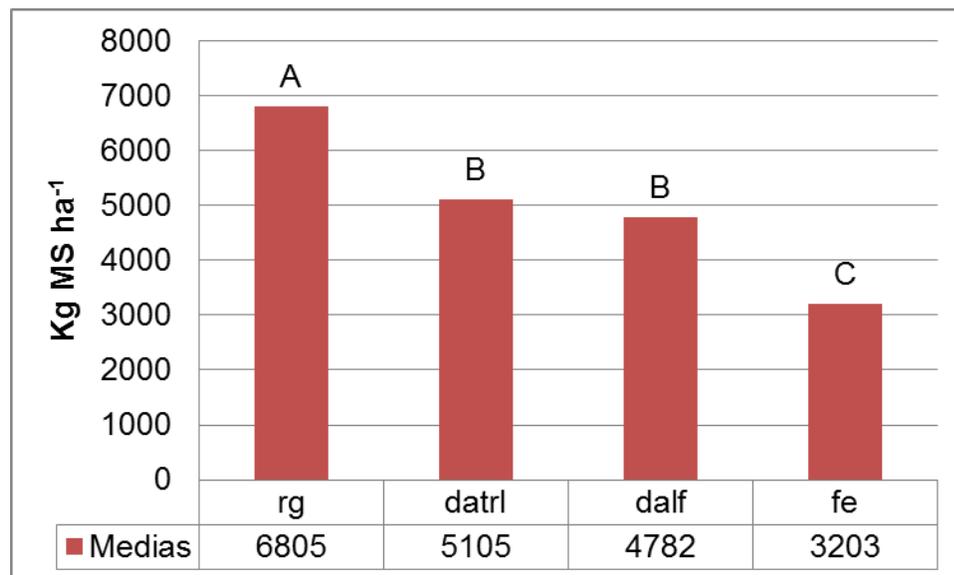
Según Ayala et al. (2010) los valores de producción encontrados para dactylis puro en su primer año de vida y bajo cortes, se sitúan alrededor de los 6966 Kg MS ha⁻¹. Este valor es muy distante de los encontrados en este ensayo tanto para riego y secano, 3425 y 2996 Kg MS ha⁻¹ respectivamente; aunque los resultados de este trabajo son bajo pastoreo y en mezcla.

Cabe aclarar que aún en el tratamiento con riego suplementario existieron momentos en los cuales las mezclas sufrieron estrés hídrico, en primavera existieron dos, aunque de baja intensidad (del 29/09/2013 al 11/10/2013 y del 1/12/2013 al 11/12/2013 respectivamente), en verano también existieron dos pero la diferencia de estos con los anteriores es que estuvieron muy próximos entre si y el segundo fue de gran intensidad (del 31/12/2013 al 8/01/2014 y del 13/01/2014 al 28/01/2014 respectivamente); por lo que dichas mezclas no alcanzaron su potencial de producción. Esto pudo ser un motivo de que los valores encontrados por los distintos autores son superiores a los registrados en este trabajo.

4.1.1. Consumo del forraje producido

Al analizar el consumo total del forraje producido, se encontraron diferencias significativas únicamente para la mezcla ($p < 0,0001$).

La figura No. 8 muestra el consumo total de forraje producido por cada mezcla, correspondiente al período del 05/10/2013 al 14/02/2014.



Las medias de los tratamientos en las columnas seguidas de diferentes letras son significativamente distintas con el Test de Tukey ($p < 0,05$).

Figura No. 8. Consumo total de forraje producido en Kg MS ha⁻¹ de cada mezcla.

La mezcla que contenía raigrás, fue la que presentó mayor consumo con respecto a las mezclas que contenían gramíneas perennes.

El consumo total del forraje en las mezclas con componente dactylis no se diferenciaron entre sí.

La cantidad de forraje consumido por los animales está directamente asociado a la producción total de forraje, ya que las mezclas que presentaron mayor producción fueron las que tuvieron mayor consumo. Esto no quiere decir que los animales rechacen las mezclas que produjeron menos forraje, sino que al ser menor el crecimiento de la pastura, el forraje disponible para los animales fue menor y por lo tanto también lo fue la cantidad consumida.

4.1.2. Utilización del forraje producido

Cuando se analizó la utilización del forraje producido, se encontraron diferencias significativas solo entre mezclas ($p < 0,0224$).

Cuadro No. 10. Utilización del forraje producido por cada mezcla.

Mezcla	Medias (%)	Grupo
Rg.	72	A
Datrl.	64	AB
Fe.	62,8	B
Dalf.	62,7	B

Las medias de los tratamientos en las filas seguidas de diferentes letras son significativamente distintas con el Test de Tukey ($p < 0,05$).

La mezcla que contenía raigrás fue la que presentó mayor utilización, esto puede deberse a la estructura de la pastura, ya que ésta es una pastura alta y densa. Mientras que la mezcla con festuca si bien es densa es de baja altura, y la mezcla de dactylis y alfalfa presenta una buena altura pero baja densidad, por estos motivos las dos mezclas anteriormente nombradas presentaron una menor utilización.

4.2. DISPONIBLES

En el caso del análisis de los disponibles también se observaron diferencias significativas ($p < 0,0245$) a favor del riego.

Cuadro No.11. Biomasa promedio en Kg MS ha⁻¹ para los disponibles bajo el tratamiento (riego y secano).

Tratamiento	Media (Kg MS ha ⁻¹)	Grupo
Riego	2752	A
Secano	2232	B

Las medias de los tratamientos en las filas seguidas de diferentes letras son significativamente distintas con el Test de Tukey ($p < 0,05$).

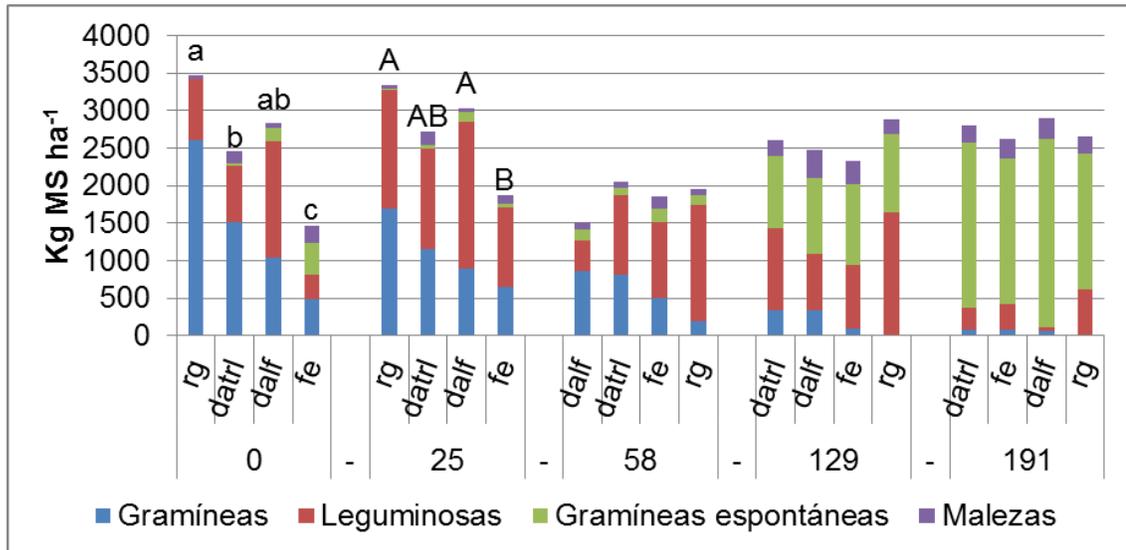
Promedialmente las mezclas que recibieron riego presentaron 519 Kg MS ha⁻¹ más, que las mezclas en secano para cada momento del ingreso de los animales.

La diferencia en favor al riego se debe a los dos períodos en los cuales existieron diferencias entre las curvas de agua disponible representadas en la figura No. 4. Esto se deduce porque existió interacción días*riego ($p < 0,0001$) en la cual se observó diferencias a favor de riego en los disponibles 1 (5 de octubre) y 4 (11 de febrero) (ver anexo No. 6), que están ubicados posteriormente a las diferencias apreciadas entre las curvas. Antes de realizar el primer pastoreo, existió déficit de agua en el suelo desde el 7 de agosto al 13 de setiembre aproximadamente, lo que afectó el crecimiento de las pasturas sin riego. Y también a partir de mediados de diciembre al 28 de enero el crecimiento se debe haber afectado, determinando menores disponibles el 11 de febrero en los tratamientos de secano.

También se encontraron diferencias ($p < 0,0001$) en los disponibles según las mezclas. Como era de esperar las mezclas se ordenaron de la misma manera que en el análisis de producción realizada anteriormente.

Pero la interacción mezcla forrajera*riego fue significativa ($p < 0,0151$), donde todas las mezclas que estaban bajo riego rindieron más que sus pares en secano, pero esta diferencia no fue significativa en la mezcla de fe y datrl. La mezcla de fe sin importar el tratamiento fue la de menor disponibilidad.

La figura No. 9 muestra los resultados en Kg MS ha⁻¹ de los componentes de cada una de las mezclas y especies no sembradas, en cada disponible realizado.



Las medias de los tratamientos en las columnas seguidas de diferentes letras son significativamente distintas con el Test de Tukey ($p < 0,05$).

Figura No. 9 Kg MS ha⁻¹ de los componentes de las mezclas y especies no sembradas en los diferentes disponibles.

Si bien los análisis anteriores mostraron que la mezcla con raigrás fue la que mayor disponible presentó, se observa en el gráfico que las diferencias entre mezclas en los disponibles tuvieron interacción día*mezcla significativa ($p < 0,0001$). Únicamente el forraje disponible pre pastoreo se diferenció según la mezcla en los dos primeros pastoreos (ver letras), siendo claro la menor presencia de forraje en la mezcla de fe.

Otro aspecto a resaltar y que claramente se aprecia en el gráfico es que las gramíneas sembradas son sustituidas por gramíneas espontáneas a medida que transcurren las sucesivas mediciones. La variación (disminución) en el porcentaje de gramíneas sembradas a medida que se suceden los pastoreos fue significativa ($p < 0,0001$) al igual que la variación (aumento) en el porcentaje de las gramíneas espontáneas con los días ($p < 0,0001$). Esto se puede deber a que las gramíneas sembradas disminuyeron su crecimiento con las altas temperaturas estivales, fueron afectadas en su supervivencia o finalizaron su ciclo (caso del raigrás); y los espacios dejados por ellas fueron colonizados por las gramíneas espontáneas que emergieron en dicho período, por ser estivales y presentar una alta agresividad y adaptación a las condiciones ambientales del referido período (especies con metabolismo fotosintético C4).

Coincidiendo con la aparición de las gramíneas espontáneas, aumentaron también las malezas ($p < 0,0001$ del efecto día) en las dos últimas fechas estudiadas.

Como se observa al analizar el agua disponible en el suelo, existieron restricciones hídricas para los dos casos (tratamientos 0 y 1) en el período estival, acentuando aún más el deterioro productivo de las especies sembradas que dejaron zonas expuestas para el avance de las gramíneas espontáneas y malezas.

4.2.1. Componente gramínea sembrada

La figura No. 10 muestra la biomasa disponible en Kg MS ha^{-1} por componente gramínea sembrada.

Se observa que raigrás realizó su mayor aporte ($p < 0,0001$) en los primeros dos disponibles, es decir hasta fines de octubre. A partir de diciembre cuando el raigrás finaliza su ciclo el aporte del mismo como componente gramínea sembrada fue nulo.

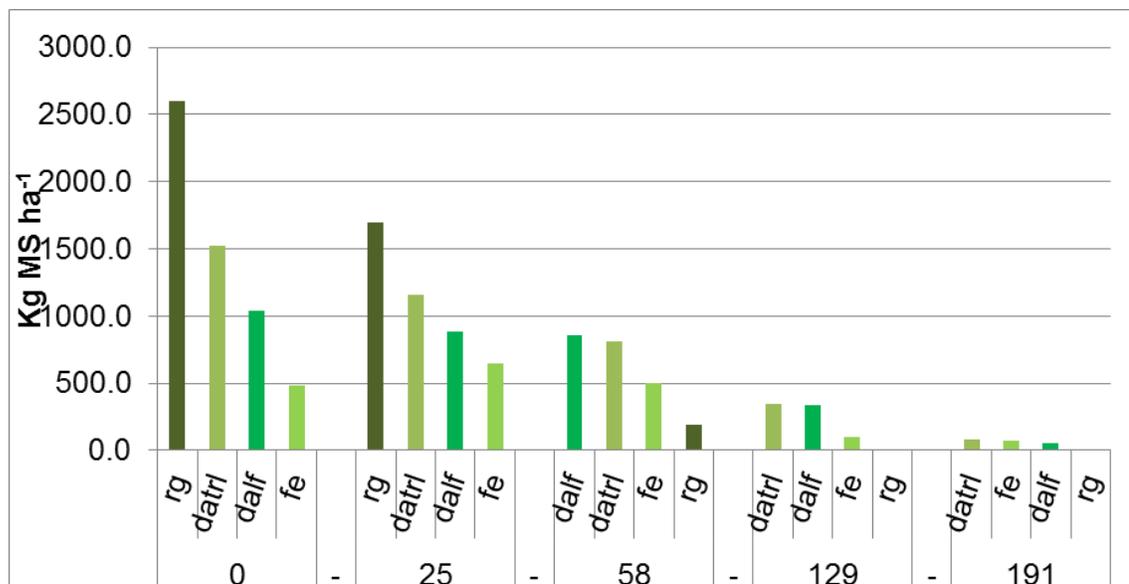


Figura No. 10 Kg MS ha^{-1} de los componentes gramíneas sembradas de las mezclas en los diferentes disponibles.

Como fue adelantado por Santiñaque (1979) dicho efecto se observa también para las gramíneas perennes, las cuales también reducen el aporte en

los sucesivos disponibles teniendo como gran diferencia que estas no desaparecen debido a su hábito de vida.

La diferencia de que el raigrás logre los mayores aportes que las demás gramíneas perennes hasta el segundo disponible, es porque al ser una gramínea anual su vigor inicial de crecimiento es mayor.

Los bajos aportes de festuca pueden estar explicados por su bajo vigor inicial, además de que al presentar una siembra tardía bajan las tasas de movilización de reserva de las semillas y enlentece el crecimiento radicular, enlenteciendo así el crecimiento total de la planta, lo que llevaría a un primer pastoreo más tardío (Langer 1981, Carámbula 2002, Ayala et al. 2010).

4.2.2. Componente leguminosa sembrada

En la figura No. 11 se muestra la biomasa disponible en Kg MS ha⁻¹ por componente leguminosa sembrada.

Cuando se analizan las leguminosas sembradas dentro de cada mezcla, se observa que el aporte de ellas varió en el correr de las distintas mediciones ($p < 0,0001$).

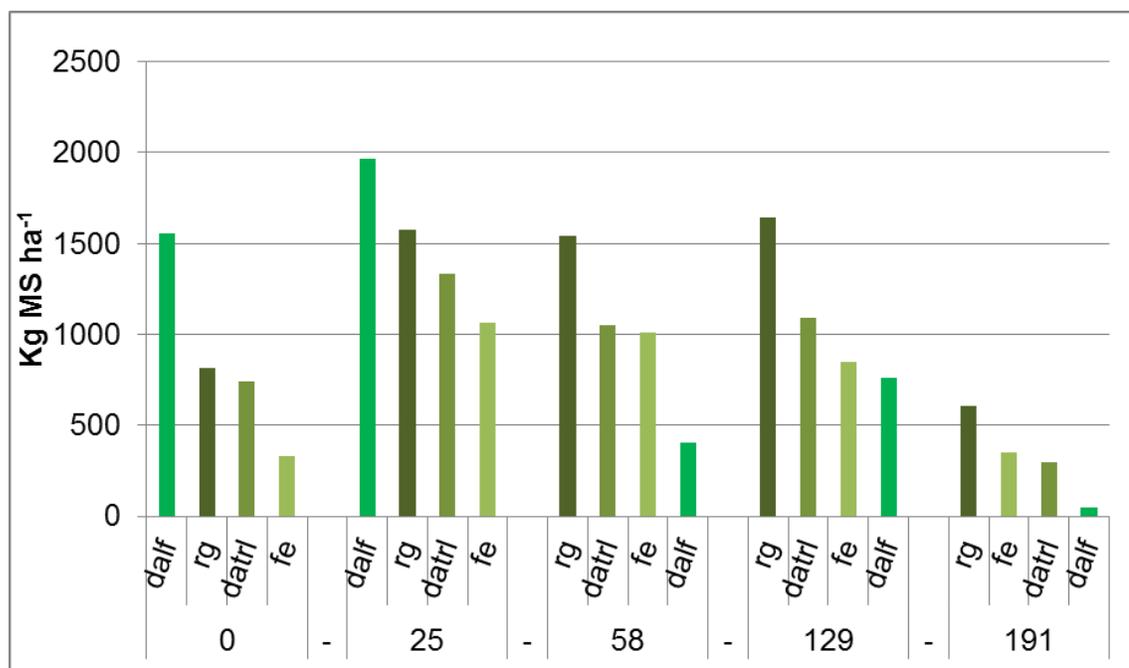


Figura No. 11. Kg MS ha⁻¹ de los componentes leguminosas sembradas de las mezclas en los diferentes disponibles.

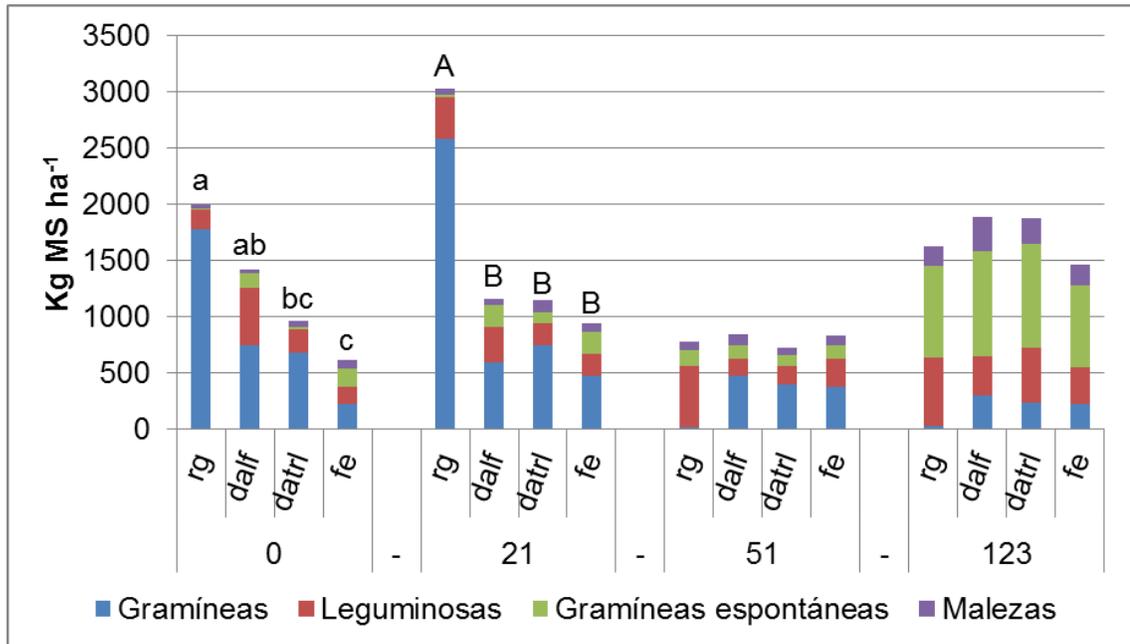
Si se considera el promedio de los disponibles en el período, la mezcla que contenía la gramínea anual fue la que se diferenció ($p < 0,0001$) de las otras por un mayor aporte en el componente leguminosa.

Podemos observar el alto aporte de la alfalfa en los primeros disponibles (hasta fines de octubre) (efecto día*mezcla significativo $p < 0,0001$). El aporte se diferenció de las otras mezclas únicamente al primer pastoreo y del aporte de las leguminosas de la mezcla fe en el segundo. Esto se debe al alto vigor inicial y precocidad en producción que presenta la especie, tal como fue señalado por Ayala et al. (2010). En el mes de noviembre las precipitaciones alcanzaron 240 mm, un 84 % superiores a la normal climática y la mitad de los días de dicho mes presentó precipitaciones, esto seguramente afectó la sobrevivencia de esta especie, la que es sensible a los excesos de agua, determinando la disminución de su aporte al forraje total de la mezcla.

4.3. RECHAZOS

En este caso no se encontraron diferencias significativas al 5 % para el tratamiento riego. Pero si hay diferencias significativas ($p < 0,0001$) para los rechazos según mezcla.

La figura No. 12 muestra los resultados en Kg MS ha⁻¹ de los componentes de cada una de las mezclas y especies no sembradas, en cada rechazo realizado.



Las medias de los tratamientos en las columnas seguidas de diferentes letras son significativamente distintas con el Test de Tukey ($p < 0,05$).

Figura No. 12 Kg MS ha⁻¹ de los componentes de las mezclas y especies no sembradas en los diferentes rechazos.

Se observaron altos valores de rechazo en los dos primeros pastoreos para la mezcla que contiene raigrás como componente gramínea, esto puede deberse a que en estos momentos el mismo está en fin de ciclo (el cultivar empleado es el de floración temprana) por lo que los animales tienden a rechazarlo ya que esta encañado (al analizar por componentes el rechazo de esta gramínea se diferencia $-p < 0,0001-$ de las otras gramíneas). Además fue cuando mayor volumen de forraje aportó.

En los dos últimos pastoreos el componente leguminosa del rechazo en la mezcla que contenía raigrás fue mayor que en las otras mezclas (mezcla*día $p < 0,0001$). Seguramente esto fue debido a que cuando el raigrás culminó su ciclo la acumulación de cañas con inflorescencias impidieron un mayor consumo del resto de los componentes por los animales, provocando un mayor remanente.

En el último rechazo se observó un marcado aumento de las gramíneas espontáneas (efecto día $p < 0,0001$), esto puede deberse a que éstas están finalizando su ciclo, provocando una disminución en la apetecibilidad por parte de los animales.

4.4. ANÁLISIS DE LA INTERCEPCIÓN DE LUZ (TAU)

Se observaron diferencias significativas con respecto a mezcla ($p < 0,0002$), días ($p < 0,0001$), días*riego ($p < 0,0001$) y días*mezcla ($p < 0,0001$).

En cuanto a la mezcla, fe. es la mezcla que menor intercepción tuvo (73,5 %), mientras que las 3 mezclas restantes no tienen diferencias entre sí (82,2 %) y superaron a la anterior. Esto podría haber incidido en la menor producción de forraje de esta mezcla, ya que se pastoreó en condiciones aún más alejadas del momento óptimo. El tamaño de las parcelas así como la necesidad de comparaciones estadísticas imposibilitó realizar los pastoreos cuando cada unidad experimental alcanzaba el Índice de Área Foliar (IAF) óptimo (es decir en forma independiente). Aunque analizando la interacción día*mezcla esta gran diferencia se manifestó únicamente en el primer pastoreo, demostrando la incidencia en el comportamiento de la mezcla de la menor velocidad de implantación de la gramínea empleada (50 % de intercepción de la radiación).

En el segundo disponible, al mes del primer pastoreo, quien logra una intercepción de luz mayor, es dalf con un 92,1 %; diferenciándose únicamente de fe quien logra un 75,6 % de intercepción.

Cuando pasamos a analizar el efecto día en el conjunto de las mezclas, se observa que en el primer disponible es donde se obtuvo menor captación de luz (70,0 % vs. 83,3 %), mientras que en los sucesivos momentos no se diferencian entre sí. Normalmente el primer pastoreo que se realiza en una pastura es para favorecer el macollaje y el anclaje de las plantas, por lo que no se espera a que la intercepción de luz llegue a su máxima expresión para realizarlo.

Con respecto a la interacción días*riego, el único momento en el cual se evidenciaron diferencias fue en el primer disponible. Con riego hubo 79,0 % de intercepción de la radiación solar incidente, mientras que las mezclas en seco interceptaron en promedio 61,3 %. Dicha diferencia puede deberse al estrés hídrico sufrido por las mezclas en seco en los meses antecesores (agosto/setiembre), que no sufrieron las mezclas con riego.

5. CONCLUSIONES

Como primer punto, existió efecto riego, siendo mayor la producción y disponibilidad de forraje en las mezclas con riego suplementario, ya que durante el período estudiado se evidenciaron momentos con importantes deficiencias hídricas, que fueron atenuadas por la incorporación del riego suplementario.

Comparativamente la mezcla con raigrás presentó la mejor performance en cuanto a producción, consumo, utilización, disponibilidad y rechazo; explicado por la anualidad de su componente gramínea. Mientras que la mezcla con festuca presentó la peor performance en cuanto a producción, consumo y disponibilidad.

Las especies sembradas fueron sustituidas por las no sembradas a medida que transcurrieron las sucesivas mediciones. Puede deberse a que las sembradas disminuyeron su crecimiento con las altas temperaturas estivales, fueron afectadas en su supervivencia o finalizaron su ciclo (caso del raigrás); y los espacios dejados por ellas fueron colonizados por las no sembradas.

6. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento productivo de cuatro mezclas forrajeras, tres con componente gramínea perenne y un testigo con componente anual, en la zona basáltica, durante el primer año de vida, con y sin riego suplementario. Los tratamientos efectuados fueron cuatro mezclas forrajeras compuestas por *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus tenuis*; *Dactylis glomerata*, *Lotus corniculatus* y *Trifolium pratense*; *Dactylis glomerata* y *Medicago sativa*; *Lolium multiflorum*, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* y *Lotus corniculatus*. Cada una de ellas en secano y riego respectivamente. El trabajo se realizó en la Estación Experimental de Facultad de Agronomía de Salto (EEFAS), ubicada sobre la ruta No. 31 a 21 km de la ciudad de Salto, en el potrero No. 25. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar en parcelas divididas con tres repeticiones (las 4 mezclas forrajeras en parcelas menores y los 2 tratamientos: con y sin riego en parcelas mayores). Las mezclas fueron pastoreadas con vacas en ordeño y en algunos casos vacas vacías de raza Holando. La decisión de cuando pastorear se realizó en función del estado de las pasturas y de las medidas obtenidas con un ceptómetro. Cada parcela se pastoreó hasta alcanzar 3 a 5 cm de altura de la pastura. Se encontraron diferencias significativas a favor del tratamiento riego en relación a secano con respecto a las variables producción total en Kg MS ha⁻¹ y biomasa promedio en Kg MS ha⁻¹ para los disponibles. La mezcla con raigrás obtuvo los mayores rendimientos con diferencias significativas en producción total (Kg MS ha⁻¹), consumo total de forraje producido (Kg MS ha⁻¹), disponibles (Kg MS ha⁻¹) y rechazos (Kg MS ha⁻¹).

Palabras clave: Mezclas forrajeras; Riego suplementario.

7. SUMMARY

The aim of this work was to evaluate the productive behavior of four grass mixtures, three with perennial component everlasting and a witness with annual component in the basaltic zone for the first year of life, with and without supplementary irrigation. The effected treatments were four grass mixtures composed by *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus tenuis*; *Dactylis glomerata*, *Lotus corniculatus* y *Trifolium pratense*; *Dactylis glomerata* y *Medicago sativa*; *Lolium multiflorum*, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* y *Lotus corniculatus*. Each of them, respectively in dryness and irrigation. The work was realized on the Experimental Agronomy Station of Salto (EEFAS), located on the route No. 31 / 21 km from Salto city, in the milestone No. 25. The experimental used design was of complete blocks at random in plots divided with three repetitions (4 grass mixtures in smaller plots x 2 treatments: with and without irrigation in upper plots). The mixtures were grazed by milky cows and in other cases dry Holstein cows. The decision of when to realize the grazing depends on the condition of the pastures and of the measures obtained with a ceptometer. Each plot was grazing up to 3 to 5 cm of height of the pasture. They found significant differences in favour of the irrigation treatment in relation to dryness with regard to the variables total production in Kg MS there is 1 and average biomass in Kg MS there is 1 for the available ones. The mixture with raigrás obtained the major performances with significant differences in total production (Kg MS there is 1), total consumption of forage produced (Kg MS there is 1), available (Kg MS there is 1) and rejections (Kg MS there is 1).

Key words: Forrage mixtures; Supplementary irrigation.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo; guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. (en línea). Roma, FAO. 298 p. (Estudio FAO. Riego y Drenaje no. 56). Consultado 23 jul. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm>
2. Algorta, G.; De Maio, F. 2008. Caracterización morfo-fenológica de lotes de semillas comerciales del cultivar *Lolium multiflorum* Lam. Estanzuela 284. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 97 p.
3. Altamirano, A.; da Silva H.; Durán, A.; Panario, U.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay; clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t. 1, 96 p.
4. Altier, N. 1997. Enfermedades del lotus en Uruguay. Montevideo, INIA. 16 p. (Serie Técnica no. 93).
5. Arana, S.; Piñero, G.; García, J.; Satiñaque, F. 2000. Riego y manejo en la producción de pasturas con trébol blanco. In: Jornada de Pasturas (2000, Treinta y Tres). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 5-12 (Actividades de Difusión no. 241).
6. Ayala, W.; Bemhaja, M.; Cotro, B.; Docanto, J.; García, J.; Olmos, F.; Real, D.; Rebuffo, M.; Reyno, R.; Rossl, C.; Silva, J. 2010. Forrajeras; catálogo de cultivares 2010. Montevideo, INIA. 131 p.
7. Barnes, D. K.; Scheaffer, C. C. 1995. Alfalfa. In: Barnes, R. F.; Miller, D. A.; Nelson, C. J. eds. Forages; an introduction to grassland agriculture. 5th. ed. Ames, IA, Iowa State University Press. v.1, cap. 16, pp. 206-211.
8. Beltramini, E.; Escuder, J.; Labandera, C.; Quadrelli, A. M.; Saccone, R.; Von Zakrzowski, D. 1967. Implantación de leguminosas en suelos superficiales sobre basalto. Paysandú, EEMAC. 48 p.
9. Blanco, N. 2008. Establecimiento de gramíneas forrajeras perennes en basalto en siembra directa. Tesis. Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 81 p.
10. Bocking, B.; Bandeira, S. 2010. Riego extensivo, experiencia comercial. In: Seminario Internacional Potencial del Riego Extensivo en Cultivos y

Pasturas (1°. , 2010, Paysandú, UY). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 183-192.

11. Bourdin, A.; Franco Fraguas, J.; Burgos, M. 2015. Respuesta física al riego suplementario y desarrollo de tecnologías de riego por melgas en pasturas artificiales. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 87 p.
12. Carámbula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 181-198.
13. _____. 2002. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
14. _____. 2003. Pasturas y forrajes; insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 2, pp. 255-310.
15. Cardozo, G.; Uribe, E. 2010. Evaluación de sustentabilidad en sistemas pastoriles de producción de leche en el litoral oeste del Uruguay, mediante indicadores biofísicos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 105 p.
16. Dardanelli, J. 2010. Funcionalidad de raíces y agua del subsuelo; su rol en la optimización del riego suplementario. In: Seminario Internacional de Riego en Cultivos y Pasturas (1°. , 2010, Paysandú, UY). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 19-28.
17. Díaz, J. E.; García, J. A.; Rebuffo, M. 1996. Crecimiento de Leguminosas en La Estanzuela. Montevideo, INIA. 12 p. (Serie Técnica no. 71).
18. Formoso, F. 1993. *Lotus corniculatus* I: Performance forrajera y características agronómicas asociadas. Montevideo, INIA. 20 p. (Serie Técnica no. 37).
19. _____. 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. 1-21 (Serie Técnica no. 80).
20. _____. 2000. Manejo de la alfalfa para producción de forraje. In: Rebuffo, M.; Risso, D. F.; Restaino, E. eds. Tecnología en alfalfa. Montevideo, INIA. pp. 53-74 (Boletín de Divulgación no. 69).
21. _____. 2010. *Festuca arundinacea*, manejo para producción de forraje y semilla. Montevideo, INIA 192 p. (Serie Técnica no. 182).

22. _____. 2011. Manejo de mezclas forrajeras y leguminosas puras. Producción y calidad de forraje. Efectos del estrés ambiental e interferencia de gramilla (*Cynodon dactylon*, (L) PERS.). Montevideo, INIA. 302 p. (Serie Técnica no. 188).
23. _____.; Norbis, H. 2014. El riego en pasturas en la producción animal. In: Seminario Internacional Riego en Cultivos y Pasturas (3°, Paysandú, UY). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp 97-108.
24. Frame, J. 1996. Forage legumes for temperate grasslands. Plymouth, FAO/Science Publishers. 309 p.
25. García, J. A. 1992. Persistencia de leguminosas. Revista INIA. Investigación Agronómica. 2: 143-156.
26. _____. 1998. Titán y Cetus; nuevos cultivares de raigrás de INIA. In: Jornada Lechería y Pasturas (1998, Colonia). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 91-94 (Actividades de Difusión no. 163).
27. Haydock, K. P.; Shaw, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture (en línea). Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 15: 663-670. Consultado 13 may. 2014. Disponible en <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000138.pdf>
28. Hofstadter, R. 1982. Producción de maíz, alfalfa y trébol blanco en condiciones de riego. Agua en la Agricultura. 1: 7-13.
29. INASE; INIA (Instituto Nacional de Semillas; Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, UY). 2014. Resumen de resultados de la evaluación de cultivares de especies forrajeras para el Registro Nacional de Cultivares; período 2013. (en línea). Colonia. 117 p. Consultado 15 may. 2014. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2013/PubForrajerPeriodo2013.pdf
30. Langer, R. H. M. 1981. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 47-183.
31. Lourenco, M. E. V.; Palma, P. M. M.; Silva, L. L.; Orvalho, H. 2006. Influence of supplemental irrigation on annual ryegrass. Évora, Universidad de Évora. pp. 62-64.
32. Mas, C. 2004. Algunos resultados de riego de pasturas en el este. In: Jornada Clima y Respuesta Hídrica de Pasturas en Zonas Ganaderas

- (2004, Tacuarembó). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 31-46 (Actividades de Difusión no. 364).
33. MAP. DSF (Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Fertilizantes, UY). 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. (en línea). Montevideo. Escala 1:1.000.000. Consultado 10 may. 2014. Disponible en <http://www.cebra.com.uy/renare/media/Carta-de-reconocimiento-de-Suelos-del-Uruguay-1.1.000.000-imprimir-A0.pdf>
34. Mazati, A.; Montes, L.; Miñón, D.; Sarlangue, H.; Cheppi, C. 1988. Utilización de *Lotus tenuis* en establecimientos ganaderos de la Pampa deprimida. Revista Argentina de Producción Animal. 8:301-305.
35. Miñón, D.; Sevilla, G.; Montes, L.; Fernández, O. 1990. *Lotus tenuis*; leguminosa forrajera para la pampa deprimida. (en línea). Buenos Aires, s.e. 15 p. Consultado 12 may. 2014. Disponible en http://produccionbovina.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/104-lotus.pdf
36. Montes, L.; Cauhepé, M. A. 1985. Evaluación de *Lotus tenuis* mediante dos métodos de siembra. Revista Argentina de Producción Animal. 5:313-321.
37. Morales, P. 2011. Riego por aspersión. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 174 p. Consultado 10 oct. 2015. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/hidrologia/riego/Teorico%20-%20Aspersion11.ppt>.
38. Pereira, L. S.; Trout, T. J. 1999. Irrigation Methods. In: Van Leir, H. N. ed. Handbook of agricultural engineering. St. Joseph, MI, ASAE, pp. 297-380.
39. Pérez Gomar, E. 2004. Respuesta al agua en un mejoramiento forrajero en suelos profundos de basalto bajo diferentes condiciones de pastoreo. In: Jornada Clima y Respuesta Hídrica de Pasturas en Zonas Ganaderas (2004, Tacuarembó). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 23-30 (Actividades de Difusión no. 364).
40. PGW SEMENTES BRASIL LTDA. 2012. Catálogo. (en línea). Porto Alegre, BR. s.p. Consultado 4 nov. 2015. Disponible en http://www.pgwsementes.com.br/vb1/index.php?option=com_content&view=article&id=68&Itemid=128

41. Pritsch, O.; Hofstadter, R.; Gonnet, M. 1976. Estudios preliminares sobre el comportamiento de trébol rojo bajo riego. La Estanzuela, Colonia, CIAAB. pp. 19-24.
42. Rebuffo, M.; Altier, N.; Phil, M. 1996. Mejoramiento genético de trébol rojo. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 151-153 (Serie Técnica no. 80).
43. _____. 2000. Adopción de variedades en Uruguay. In: Rebuffo, M.; Risso, D. F.; Restaino, E. eds. Tecnología en alfalfa. Montevideo, INIA. pp. 5-13 (Boletín de Divulgación no. 69).
44. Rosengurtt, B. 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en Uruguay. Montevideo, Uruguay, UdelaR. Dirección General de Extensión Universitaria. 80 p.
45. Saldanha, S. 2011. Mezclas forrajeras (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 81 p. Consultado 10 oct. 2015. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/PASTURAS%20CRS/11%20-%20Mezclas%20forrajeras.pdf>
46. Santiñaque, F. 1979. Estudios sobre la productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 86 p.
47. _____.; Battista, J. P. 2003. Niveles de agua y frecuencias de defoliación en el comportamiento de *Lotus corniculatus* L. Agrociencia (Montevideo). 7(1): 41-51.
48. Sawchik, J.; Formoso, F. 2000. Inserción del riego en rotaciones de cultivos y pasturas. In: Jornada de Cultivos de Verano (2000, La Estanzuela). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 13-25 (Actividades de Difusión no. 227).
49. _____.; Mas, C.; Pérez Gomar, E.; Bermúdez, R.; Pravia, V.; Giorello, D.; Ayala, W. 2010. Riego suplementario en pasturas: antecedentes de investigación nacional. In: Grupo de Desarrollo del Riego; Facultad de Agronomía; Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria; IICA. PROCISUR orgs. Potencial del riego extensivo en cultivo y pasturas. Montevideo, INIA. v.1, pp. 141-154.
50. Sheldrik, R. D. 2000. Sward establishment and renovation. In: Hopkins, A. ed. Grass its production utilization. s.l., Blackwell Science. pp. 13-30.

51. Torssell, B. W. R.; Nicholls, A. O. 1978. Population dynamics in species mixtures. In: Wilson, J. R. ed. Plant relations in pastures. s.l., CSIRO. pp. 217-232.
52. Vignolio, O.; Fernández, O.; Maceira, N.; Requesens, E. 1991. Respuestas de *Lotus tenuis* y *Lotus corniculatus* frente al anegamiento invernal y estival. In: Simposio Argentino del Género Lotus (1°. 1994, Buenos Aires, AR). Efectos del anegamiento en invierno y verano sobre el crecimiento y la supervivencia de *Lotus tenuis* y *Lotus corniculatus*. Chascomús, INTEC II. pp. 11-12.
53. Zanoniani, R. A.; Ducamp, F. 2004. Leguminosas forrajeras del género Lotus en el Uruguay. Cangüé. no. 25: 5-11.

9. ANEXOS

Anexo No. 1

Mezcla	Tratamiento	Producción*	Grupo
rg	Riego	10291,7	A
dalf	Riego	8525	B
datrl	Riego	8501	B
rg	Secano	7980,3	BC
datrl	Secano	6568,7	CD
dalf	Secano	5723,3	D
fe	Riego	5258	D
fe	Secano	3102	E

* KG MS ha⁻¹

Las medias de los tratamientos en las columnas seguidas de diferentes letras son significativamente distintas con el Test de Tukey ($p < 0,05$).

Anexo No. 2

Mezcla	Componente	Producción*	Grupo
rg	Raigrás	4825,2	A
datrl	Dactylis	3612	B
dalf	Dactylis	2808,7	B
fe	Festuca	1329,7	C

* KG MS ha⁻¹

Las medias de los tratamientos en las columnas seguidas de diferentes letras son significativamente distintas con el Test de Tukey ($p < 0,05$).

Anexo No. 3

Mezcla	Componente	Producción*	Grupo
dalf	Alfalfa	4315,2	A
rg	T. rojo, t. blanco y lotus	4310,8	A
datrl	T. rojo y lotus	3922,8	AB
fe	T. blanco y lotus	2850,2	B

* KG MS ha⁻¹

Las medias de los tratamientos en las columnas seguidas de diferentes letras son significativamente distintas con el Test de Tukey ($p < 0,05$).

Anexo No. 4

Mezcla	Componente	Producción*	Grupo
fe	Malezas	483,3	A
datrl	Malezas	378,2	A
dalf	Malezas	165,5	B
rg	Malezas	111,8	B

* KG MS ha⁻¹

Las medias de los tratamientos en las columnas seguidas de diferentes letras son significativamente distintas con el Test de Tukey ($p < 0,05$).

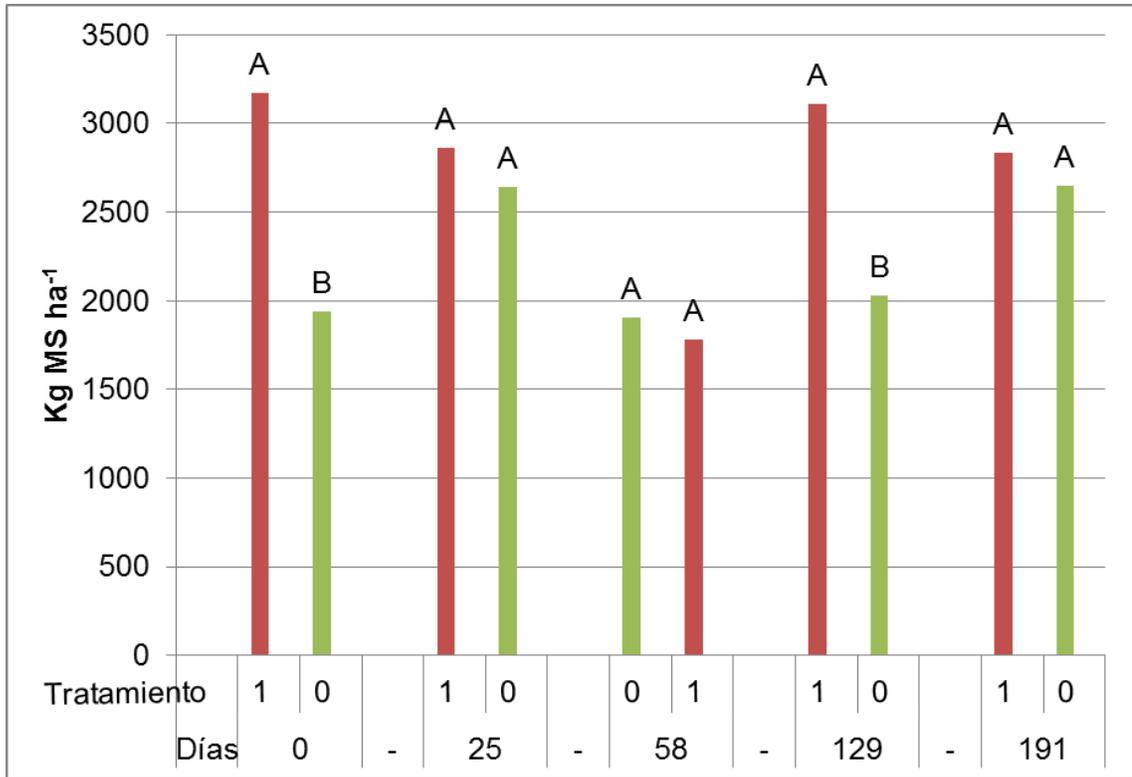
Anexo No.5

Mezcla	Componente	Producción*	Grupo
fe	Gramíneas espontáneas	532,5	A
Dalf	Gramíneas espontáneas	308,5	AB
rg	Gramíneas espontáneas	169,3	AB
datrl	Gramíneas espontáneas	104	B

* KG MS ha⁻¹

Las medias de los tratamientos en las columnas seguidas de diferentes letras son significativamente distintas con el Test de Tukey ($p < 0,05$).

Anexo No. 6



Las medias de los tratamientos en las columnas seguidas de diferentes letras son significativamente distintas con el Test de Tukey ($p < 0,05$).

Biomasa promedio en Kg MS ha⁻¹ para cada uno de los disponibles bajo el tratamiento (riego y seco).