

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA SOBRE DIFERENTES
ALTERNATIVAS FORRAJERAS EN EL PERÍODO INVIERNO PRIMAVERAL DE
ROTACIONES AGRICULTURA-PASTURA

por

Matías FEDERICO SOUTTO
Felipe TELLERÍA GAUDIN

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2022

Tesis aprobada por:

Director:

Ing Agr. MSc. Felipe Casalás

Ing. Agr. Esp. MSc. Ramiro Zanoniani

Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano

Fecha:

16 de febrero de 2022

Autores:

Matías Federico

Felipe Tellería

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradecer a nuestras familias y amigos quienes estuvieron presentes durante toda la carrera.

Especialmente agradecer a nuestros tutores Ing. Agr. Esp. MSc. Ramiro Zanoniani, Ing. Agr. MSc. Felipe Casalás, por su disposición, atención y cordialidad brindada durante la elaboración del trabajo.

A nuestros amigos Carlos Cabrera, Guillermo Ronca y Maximiliano Hiriart, con quienes compartimos la etapa de campo de este trabajo, por brindarnos constantemente su apoyo y ayuda.

A la Lic. Sully Toledo por la disposición para la corrección del presente trabajo y por su cordial atención.

Por último, agradecer a todas las personas que de alguna u otra manera estuvieron presentes a lo largo de la carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 <u>Objetivo general</u>	2
1.1.2 <u>Objetivos específicos</u>	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 CARACTERIZACIÓN DE PASTURAS SEMBRADAS EN URUGUAY 3	
2.2 SITUACIÓN ACTUAL, SUPERFICIE OCUPADA Y PRODUCCIONES PROMEDIO.....	4
2.3 CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES Y CULTIVARES UTILIZADAS EN EL EXPERIMENTO.....	5
2.3.1 <u>Lolium multiflorum</u>	5
2.3.2 <u>Trifolium pratense</u>	8
2.4 MEZCLAS FORRAJERAS.....	9
2.4.1 <u>Definición y principales características</u>	9
2.4.2 <u>Importancias de las mezclas</u>	10
2.4.3 <u>Componentes de las mezclas</u>	11
2.5 CARACTERÍSTICAS MORFOGENÉTICAS Y ESTRUCTURALES DE LAS PASTURAS.....	12
2.5.1 <u>Tasa de aparición foliar</u>	13
2.5.2 <u>Tasa de elongación foliar</u>	14

2.5.3 <u>Vida media foliar</u>	14
2.5.4 <u>Características estructurales</u>	15
2.6 FACTORES AMBIENTALES Y DE MANEJO QUE DETERMINAN LA PRODUCCIÓN DE UNA PASTURA.....	15
2.6.1 <u>Temperatura</u>	16
2.6.2 <u>Radiación</u>	16
2.6.3 <u>Agua en el suelo</u>	18
2.6.4 <u>Nitrógeno</u>	19
2.6.5 <u>Efecto del antecesor en el rendimiento de una pastura</u>	19
2.6.6 <u>Fecha de siembra</u>	21
2.7 MANEJO DEL PASTOREO.....	23
2.7.1 <u>Parámetros que definen el pastoreo</u>	23
2.7.1.1 Frecuencia.....	23
2.7.1.2 Intensidad.....	24
2.7.1.3 Momento.....	25
2.7.2 <u>Efectos sobre las especies que componen la mezcla</u>	26
2.7.3 <u>Efectos sobre el rebrote</u>	26
2.7.4 <u>Efectos sobre la morfología y estructura</u>	27
2.7.5 <u>Efectos en la composición botánica de la pastura</u>	27
2.7.6 <u>Efectos sobre la persistencia de la pastura</u>	28
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	30
3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES.....	30
3.1.1 <u>Lugar y período experimental</u>	30
3.1.2 <u>Información meteorológica</u>	30

3.1.3 <u>Descripción del sitio experimental</u>	30
3.1.4 <u>Antecedentes del área experimental</u>	31
3.1.5 <u>Tratamientos</u>	32
3.1.6 <u>Diseño experimental</u>	32
3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	34
3.2.1 <u>Variables evaluadas</u>	34
3.2.1.1 Porcentaje de implantación.....	34
3.2.1.2 Número de plantas/m ²	34
3.2.1.3 Macollos/planta.....	35
3.2.1.4 Peso fresco y peso seco de macollos.....	35
3.2.1.5 Forraje disponible y remanente.....	35
3.2.1.6 Altura de forraje disponible y remanente.....	36
3.2.1.7 Producción de forraje.....	36
3.2.1.8 Tasa de crecimiento.....	36
3.2.1.9 Composición botánica.....	36
3.2.1.10 Materia seca desaparecida.....	37
3.3 HIPÓTESIS.....	37
3.3.1 <u>Hipótesis biológica</u>	37
3.3.2 <u>Hipótesis estadístico</u>	37
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	37
3.4.1 <u>Modelo estadístico</u>	38
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	39
4.1 INFORMACIÓN METEOROLÓGICA.....	39

4.2 IMPLANTACIÓN DE <i>Lolium multiflorum</i> CON COVARIABLE RENDIMIENTO DE SOJA.....	42
4.2.1 <u>Parámetros de la implantación de <i>Lolium multiflorum</i></u>	42
4.2.2 <u>Porcentaje de implantación de <i>Lolium multiflorum</i></u>	43
4.2.3 <u>Composición botánica y suelo descubierto en la implantación de <i>Lolium multiflorum</i></u>	43
4.3 PARÁMETROS DE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS PASTURAS.....	44
4.3.1 <u>Disponible y altura del disponible, remanente y altura del remanente y materia seca desaparecida</u>	44
4.3.2 <u>Producción acumulada de forraje y tasa de crecimiento</u>	45
4.3.3 <u>Producción promedio de forraje y tasa de crecimiento promedio</u>	48
4.4 COMPOSICIÓN BOTÁNICA.....	49
4.4.1 <u>Composición botánica del forraje disponible</u>	50
4.4.2 <u>Composición botánica del forraje remanente</u>	51
4.5 CONSIDERACIONES FINALES.....	53
5. <u>CONCLUSIONES</u>	54
6. <u>RESUMEN</u>	55
7. <u>SUMMARY</u>	56
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	57
9. <u>ANEXOS</u>	65

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Superficie de mejoramientos de pasturas en miles de hectáreas, según especialización productiva de las explotaciones.....	4
2. Producción estacional y anual promedio en kg MS/ha de diferentes pasturas.....	5
3. Ventajas y desventajas de los cultivares tetraploides (ejemplo Montoro) con respecto a los diploides (ejemplo Ration).....	7
4. Producción de forraje por corte y anual.....	8
5. Producción de forraje (kg MS/ha) anual y acumulada del cv. Estanzuela 116.....	9
6. Días totales de pastoreo según los ciclos de pastoreo.....	32
7. Porcentaje de germinación, PMS, DS y semillas viables/m ² para los tratamientos puros (1 y 2).....	33
8. Parámetros de implantación de <i>Lolium multiflorum</i> según tratamiento y efecto de la covariable rastrojo de soja.....	42
9. Porcentaje de implantación de <i>Lolium multiflorum</i> 72 días post siembra.....	43
10. Composición botánica y suelo descubierto según tratamiento y efecto de la covariable rastrojo de soja 72 días post siembra.....	44
11. Disponible y altura del disponible, remanente y altura del remanente y desaparecido según tratamiento.....	45
12. Producción acumulada y tasa de crecimiento según tratamiento.....	46
13. Producción acumulada en evaluación nacional de cultivares por INIA-INASE y la producción acumulada promedio del experimento para <i>Lolium multiflorum</i> cultivar Montoro.....	47
14. Producción acumulada estacional otoño invierno primavera de trébol rojo más raigrás de segundo año y la producción acumulada promedio del experimento para los tratamientos mezcla.....	48

15. Composición botánica y suelo descubierto del disponible según tratamiento.....	50
16. Composición botánica y suelo descubierto del forraje disponible según ciclo de pastoreo.....	51
17. Composición botánica y suelo descubierto del remanente según tratamiento.....	51
18. Composición botánica y suelo descubierto del remanente según ciclo de pastoreo..	52

Figura No.

1. Relaciones entre características morfo genéticas de las plantas y variables estructurales de las pasturas.....	13
2. Importancia de la fecha de siembra en la producción otoño-invernal del primer año	22
3. Ubicación del experimento.....	31
4. Diseño experimental.....	33
5. Precipitaciones medias mensuales para serie histórica y del período experimental....	39
6. Temperaturas medias para la serie histórica y del período experimental.....	41
7. Producción de forraje acumulada según tratamiento.....	47
8. Producción promedio y tasa de crecimiento según ciclo de pastoreo.....	48

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción pastoril determinan su eficiencia productiva en base a tres procesos básicos; producción de forraje, cosecha de este y conversión de lo ingerido en producción secundaria. Para obtener productos secundarios es necesario lograr producciones de forrajes estables o con baja variabilidad a lo largo del año, de manera de que los restantes procesos no se vean limitados. Para lograr los objetivos planteados es necesario tener en cuenta las variaciones ambientales inter e intra anuales, combinando éstas con el uso de distintas alternativas forrajeras. Sumado a esto los sistemas de producción intensivos se caracterizan por la competencia en el uso del suelo entre el rubro agrícola y pastoril.

La base forrajera de la ganadería en el país está constituida principalmente por el campo natural, el cual presenta como fuertes limitantes una escasa producción (en kg MS/ha) con baja calidad de la misma. Como respuesta a esta limitante se implementó la instalación de diferentes mejoramientos forrajeros como el campo natural mejorado por fertilización y/o agregado de leguminosas hasta la sustitución total del tapiz natural por alternativas mono o pluriespecíficas compuestas por gramíneas y/o leguminosas (Noëll, 1998).

A medida que se fue extendiendo el uso de estos mejoramientos, fue delineándose como la limitante más importante el hecho de que los mismos no perduraban o producían lo esperado. La implantación es determinante para el éxito en cuanto a persistencia y producción de la pradera, si éstas no se implantan correctamente se produciría un potencial enmalezamiento temprano, pudiendo afectar significativamente la persistencia y producción de la pastura.

Resulta de suma importancia conocer las respuestas de las diferentes alternativas forrajeras, tales como, especies puras, como, *Lolium multiflorum*, y a su vez, ésta en mezcla con *Trifolium pratense*, como también, su evolución a lo largo de las estaciones del año. Esto brindará resultados que serán de importancia a la hora de decidir entre distintas opciones forrajeras a incluir en el sistema pastoril del predio, para maximizar la producción de forraje y a su vez la producción animal.

Este trabajo de investigación tiene como fin evaluar el resultado de incluir alternativas forrajeras de mayor o menor duración de años (verdeo anual vs. Pastura bianual) en rotaciones agrícolas/forrajeras, siendo el período evaluado el segundo año, continuado por un cultivo de soja de primera en los tratamientos de *Lolium multiflorum* puro y mezcla de *Lolium multiflorum* más *Trifolium pratense*, dejando un tratamiento mezcla para el pastoreo de animales.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

El principal objetivo del trabajo es evaluar si existen diferencias en la producción de la pastura durante el periodo invierno-primaveral, comparando dos esquemas de rotaciones, siendo uno de ellos agricultura-pastura (soja-raigrás), mientras el otro una pastura de dos años de *Trifolium pratense* en mezcla con *Lolium multiflorum*.

1.1.2 Objetivos específicos

Como objetivo específico se planteó evaluar el efecto del rastrojo de soja sobre la implantación de *Lolium multiflorum*.

Evaluar las producciones en kg MS/ha de las distintas alternativas forrajeras durante el periodo invierno-primaveral, siendo estas, producción de *Lolium multiflorum* puro (luego de un rastrojo de soja) y mezcla de *Trifolium pratense* (de segundo año) con dos cultivares de *Lolium multiflorum* (resiembra natural).

Evaluar la evolución de componentes dentro de la pastura como proporciones de gramíneas, leguminosas y malezas, así como también proporción de suelo descubierto, comparando la calidad en composición botánica de un tratamiento frente al otro.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERIZACIÓN DE PASTURAS SEMBRADAS EN URUGUAY

Las praderas cultivadas tienen como característica una alta calidad y producción de forraje, por ende, son una alternativa utilizada con frecuencia en Uruguay, como complemento a la pradera natural (García-Favre et al., 2017). Los datos registrados por diferentes organismos de investigación, así como por los propios productores, demuestran que este tipo de mejoramiento permite superar ampliamente la productividad y calidad de las pasturas naturales (Carámbula, 1991).

Según Carámbula (2002) optar por estas pasturas requiere la utilización de insumos valiosos, por lo que el forraje producido presenta costos elevados, por lo tanto, debe ser utilizado con la mayor eficiencia posible. Sin embargo, Zanoniani (2014) sostiene que no dejan de ser la fuente de alimento disponible más económica para la alimentación de los rumiantes, por lo que es importante conocer cómo se podría maximizar la producción de forraje, su utilización y cómo se podrían alcanzar buenas eficiencias de conversión, amortiguando así los costos de las mismas.

De acuerdo con Zanoniani (2010), este aspecto se logra sólo parcialmente y las pasturas ofrecen forraje con resultados económicos variables sobre la producción animal. Algunas características motivan especial consideración, por ejemplo, la fase de implantación es particularmente crítica en el establecimiento y producción de pasturas del Uruguay. Este comportamiento pondría de manifiesto la existencia de problemas debido no sólo a características climáticas, sino también a la baja adaptación ecológica de las especies (Carámbula, 2002). Generalmente las semillas forrajeras son de tamaño pequeño, presentan escasas reservas, tienen un crecimiento inicial lento, poca habilidad competitiva frente a malezas y son susceptibles a enfermedades y plagas (García-Favre et al., 2017).

El lento crecimiento inicial acompañado por el aumento en la fertilidad debido al fósforo del fertilizante y al nitrógeno de las leguminosas y especialmente por los espacios libres que dejan éstas al disminuir su población en la época estival, son factores desencadenantes del enmalezamiento que afecta negativamente la producción de la pastura. Otro aspecto que influye en la aparición de malezas es la siembra de especies mayoritariamente templadas (tipo C3) en un ambiente que naturalmente favorece a las subtropicales (tipo C4, Carámbula, 1991).

Otra característica de las pasturas sembradas en Uruguay es su baja persistencia y estabilidad, normalmente las pasturas alcanzan su máxima producción en el segundo año y a partir del tercero comienzan a desaparecer las especies sembradas, produciéndose espacios libres en el tapiz donde avanzan gramillas y malezas (Carámbula, 2002). Noëll (1998) afirma que la producción de una pastura tiene su pico

máximo el segundo año y luego se genera un descenso, este descenso se asocia a una reducción del componente leguminosa.

La mayoría de las pasturas cultivadas presentan un desequilibrio acentuado a favor de la fracción leguminosa. Dicho comportamiento aparece desde el momento de la implantación debido a que es más fácil establecer leguminosas que gramíneas, a tal punto que se podría afirmar que el común denominador de las pasturas cultivadas es el exceso de leguminosas en los primeros años de su vida. Este hecho es precisamente quien determina los rendimientos más elevados de materia seca al segundo y tercer año promoviendo las producciones animales más altas en la vida de la pastura (Carámbula, 2002).

2.2 SITUACIÓN ACTUAL, SUPERFICIE OCUPADA Y PRODUCCIONES PROMEDIO

El avance de la agricultura de secano en particular la soja, y en menor medida la forestación, acechan la producción pecuaria, estas actividades en los últimos años incrementaron la competencia por la tierra. La reducción de superficie de pastoreo generó la incorporación de mejoramientos para lograr una mayor producción de forraje así como una mayor eficiencia en su utilización y así poder mantener y/o aumentar los niveles de producción en el sector (Zanoniani, 2014).

Cuadro No. 1. Superficie de mejoramientos de pasturas en miles de hectáreas, según especialización productiva de las explotaciones

Tipo de mejoramiento	Ganadería	Agrícola - ganadero	Lechería	Total
Praderas	695,1	301,1	274,7	1270,9
Forrajes anuales	287,3	122,7	137,3	547,3

Fuente: adaptado de MGAP. DIEA (2020).

Actualmente es poco común el uso de gramíneas perennes estivales posiblemente debido a que poseen un contenido de energía neta, proteína cruda y fósforo menor que las gramíneas perennes invernales y a la escasa disponibilidad de semillas en el mercado. Estas características afectan notablemente la producción animal, pero por otro lado su uso puede beneficiar la persistencia y productividad de la pastura en el verano (Zanoniani, 2014).

“La aplicación inadecuada de la tecnología es la principal determinante de la baja productividad actual y del grado de deterioro de los sistemas, por lo que políticas que promuevan una adecuada adopción de las mismas es fundamental para aumentar la producción pecuaria de nuestro país” (Zanoniani, 2010).

Cuadro No. 2. Producción estacional y anual promedio en kg MS/ha de diferentes pasturas

Pastura	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Total
Pradera 1°.- tb.+lot.+fest.	--	450	3150	900	4500
Pradera 2°.- tb.+lot.+fest.	2200	2000	4300	1500	10000
Pradera 3°.- tb.+lot.+fest.	1400	1120	3500	980	7000
T.rojo+raigrás 1°.	1190	2380	3485	1445	8500
T.rojo+raigrás 2°.	2500	1300	3600	1600	9000
Raigrás	1620	3600	3780	--	9000

Fuente: adaptado de García y Leborgne (2009).

2.3 CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES Y CULTIVARES UTILIZADAS EN EL EXPERIMENTO

2.3.1 *Lolium multiflorum*

Es una gramínea con hábito de vida anual, ciclo de producción invernal y hábito de crecimiento cespitoso. Es de fácil implantación, aunque presenta crecimiento más lento que los cereales de invierno al principio de su ciclo (poca precocidad otoñal), pero presenta un ciclo más largo que el de aquellos, logrando buena producción de forraje en invierno y primavera (Carámbula, 2002).

Si bien produce en invierno, su mayor entrega de forraje se registra en primavera, provocando rápidamente un exceso en la producción de forraje gracias a las altas tasas de crecimiento. Para pastoreo directo los raigrases anuales se ofrecen como plantas rústicas agresivas y muy macolladoras, soportando el pisoteo y el diente, al ofrecer buen piso y rebrotando rápidamente dado su muy activo proceso de macollaje (Carámbula, 2002).

Los mejores resultados se logran pastoreando en forma intermitente, con aplicaciones generosas de nitrógeno luego de cada pastoreo para favorecer el rebrote. Estas gramíneas anuales presentan una buena eficiencia en el uso del nitrógeno y en las posibilidades de ser utilizados en pastoreos diferidos luego de la aplicación de dicho nutriente (Carámbula, 2002).

Se recomiendan las siembras tempranas en otoño con el objetivo de disponer de forraje para pastoreo lo más temprano posible. No obstante, a medida que se atrasa esta época, los suelos de áreas importantes de la región se presentan cada vez más saturados de agua y poco oxigenados, lo cual, a fines de invierno-principios de primavera, puede inhibir el crecimiento de las plantas adultas. Este comportamiento podría alterar la relación parte aérea-raíces teniendo como consecuencia una disminución en la producción de forraje en dicha época y provocar un aumento en la susceptibilidad a los factores negativos que imponen los déficits hídricos entrada la primavera (Carámbula, 2002).

Tratándose de plantas anuales su persistencia en la pastura, en el caso que sea mezcla, depende de su capacidad de semillar y de su resiembra natural, lo cual sucede con gran facilidad. No obstante, si se dejan florecer y madurar las plantas pierden valor nutritivo, se vuelven toscas y son rechazadas sin excepciones (Carámbula, 2007).

Garnier, citado por García-Favre et al. (2017) sostiene que *Lolium multiflorum* posee menor tamaño de semillas en comparación con otras gramíneas, su mayor establecimiento comparándolo con gramíneas perennes, como festuca, se pudo deber a la mayor tasa de crecimiento relativa que resulta en plantas más desarrolladas que compiten mejor por recursos limitantes en un período de tiempo dado. Además, esta especie, presenta mayor tasa de movilización de reservas de almidón del endosperma hacia el embrión, que especies perennes como la festuca, posibilitando el logro de un mayor vigor de plántulas.

En general, puede decirse que su valor nutritivo es muy elevado, los parámetros de calidad (proteína, carbohidratos solubles, etc.) se encuentran en sus tejidos muy bien equilibrados. A ello debe agregarse su muy alta palatabilidad, una de las más elevadas en plantas forrajeras (Carámbula, 2002).

De acuerdo al nivel de ploidía, el cultivar (cv.) HFSS 2016 (nombre comercial Ration) se caracteriza por ser diploide anual westerwoldicum, mientras que el cultivar EXP MO 2016 (nombre comercial: Montoro) es un tetraploide anual italiano. Los tipos

westerwoldicum son más productivos durante el otoño y parte del invierno mientras que los tipos tetraploide italianos producen más desde mediados de invierno en adelante y tienen mayor producción total.

Cuadro No. 3. Ventajas y desventajas de los cultivares tetraploides (ejemplo Montoro) con respecto a los diploides (ejemplo Ration)

Ventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Mayor cantidad de forraje y ciclo más largo. • Mayor aceptabilidad por el animal, por mayor contenido de hidratos de carbono solubles. • Mayor calidad de forraje. • Mayor tamaño de semilla la que otorga a las plántulas mayor vigor inicial.
Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Menor resistencia al pastoreo. • Menor capacidad de semillazón y resiembra natural y menor persistencia. • Menor adaptación a niveles bajos de fertilidad. • Menor contenido de materia seca.

Fuente: adaptado de Carámbula (2002).

Otra diferencia importante es en cuanto a la flexibilidad de la fecha de siembra, en los tipos westerwoldicum al retrasarse la fecha de siembra se acorta el ciclo productivo mientras que, en los raigrases italianos, las siembras tardías reducen o inhiben la floración dando como resultado pastoreo de muy alta calidad al fin de primavera (Ayala et al., 2017).

Cuadro No. 4. Producción de forraje por corte y anual

Cultivar	Cortes							
	25- may.	08- jun.	13- jul.	08- ago.	11- sep.	11- oct.	11- nov.	Total
HFSS 2016 (kg MS/ha)	933	833	1604	1382	2754	784	793	9050
EXP MO 2016 (kg MS/ha)	622	593	1462	1320	2814	2168	1726	10705

Fuente: elaborado en base a INIA e INASE (2016).

2.3.2 *Trifolium pratense*

Es una leguminosa que presenta hábito de vida bianual y ciclo de producción invernal, de porte erecto. Requiere de suelos promedialmente fértiles de texturas medias a pesadas con buena profundidad, pero bien drenados. Además, presenta muy buen vigor inicial y rápido establecimiento, tolerando de buena forma el sombreado por lo tanto es apropiado para siembras asociadas. Presenta alta producción otoño-invierno-primaveral, con posibilidad de producción estival en veranos húmedos.

Posee alto valor nutritivo, principalmente en estado vegetativo; admite pastoreos intensos, pero poco frecuentes, aunque defoliaciones severas y frecuentes reducen su productividad. Posee también alta capacidad fijadora de nitrógeno y buena semillazón, pero la resiembra natural no es confiable.

Debe sembrarse temprano en otoño dado que son plantas sensibles al frío. En siembras óptimas, compiten fuertemente con otros pastos y leguminosas, particularmente bajo condiciones favorables de humedad y temperatura producen altos volúmenes de forraje en su primer año. Esta característica compensa su vida corta y justifica su inclusión en mezclas para pasturas permanentes las cuales normalmente no son productivas en su primer año y principios del segundo (Carámbula, 2002).

Muslera y Ratera, citados por Carámbula (2002) sostienen que, para pastoreos siempre se recomienda sembrarlo asociado a una gramínea como *Lolium multiflorum*, de esta manera se controla mejor el alto poder meteorizante de esta especie.

Si bien muchas veces es clasificada como una especie perenne, normalmente es considerada como una especie bianual, debido a que en el primer verano muchas plantas mueren por enfermedades de raíz y corona, que además como se ha expresado anteriormente su resiembra natural es muy poco eficiente (Carámbula, 2002).

Trifolium pratense cv. Estanzuela 116 es un cultivar diploide, de porte erecto a semierecto, de floración temprana, bianual, sin latencia invernal, susceptible a podredumbres radiculares. Posee una destacada precocidad y alta producción total e invernal. Su vida productiva es de dos años, recomendado para rotaciones cortas que requieran altas producciones en un periodo corto.

A su vez Estanzuela 116 posee alta precocidad y destacada producción total e invernal, característica que lo diferencia de los cultivares con latencia, su pico de máxima producción se presenta en noviembre, su vida productiva es de dos años con eventuales aportes de forraje en la tercera primavera (Ayala et al., 2017).

Cuadro No. 5. Producción de forraje (kg MS/ha) anual y acumulada del cv. Estanzuela 116

Cultivar	1º. año - 2014	2º. año - 2015
	1 a 4 cortes	5 a 10 cortes
Estanzuela 116 (kgMS/ha)	10587	12875

Fuente: elaborado en base a INIA e INASE (2015).

2.4 MEZCLAS FORRAJERAS

2.4.1 Definición y principales características

Una mezcla forrajera es una población sembrada integrada por varias especies con diferentes características morfofisiológicas. Como resultado de esta asociación y de los caracteres individuales de cada especie, se produce un proceso complejo de interferencias que puede tener los siguientes resultados: mutua depresión, depresión de una especie en beneficio de otra, mutuo beneficio y por último ninguna interferencia (Carámbula, 2002).

Según Rovira (2008), el objetivo básico de una mezcla es lograr una mayor producción de forraje y de mejor calidad que el tapiz preexistente y también disminuir la estacionalidad de la oferta de alimentos.

Donald (1963) sostiene que, no existen evidencias que las mezclas sean ventajosas para alcanzar mejores rendimientos que los mismos cultivos puros. Otros indican que una combinación de especies forrajeras y/o cultivares debería ser más eficientes para utilizar los recursos ambientales disponibles, que cada especie o cultivar sembrado individualmente (Jones et al. 1968, Rhodes 1969, Harris y Lazenby 1974).

Un tercer grupo encabezado por Van der Bergh, citados por Harris y Lazenby (1974), sostienen que la condición necesaria para que una mezcla rinda más que sus dos componentes por separado, podría ser dada por especies de diferente ciclo, de manera que se superpongan lo menos posible, minimizando la competencia entre ambos componentes de la mezcla.

Con la información disponible, se puede decir que los tres grupos tendrían algo de razón, ya que es cierto que cada especie rendirá más en cultivos puros debido a que esto permite realizar un manejo ideal para cada una de ellas, pero también es cierto que las mezclas permiten hacer una utilización más eficiente del medio ambiente.

Las mezclas forrajeras permiten:

- Compensar variaciones de suelo, clima y manejo.
- Proporcionar forraje de manera más uniforme a lo largo del año.
- Aportar una dieta más equilibrada para el animal según se ajuste la proporción de gramíneas y leguminosas.
- Mejorar el consumo por parte de los animales.
- Evitar la aparición de problemas nutricionales y fisiológicos (Carámbula, 2010).

2.4.2 Importancias de las mezclas

Las mezclas de la mayoría de las pasturas sembradas dejan gran parte del año el suelo descubierto al ser conformadas por especies anuales y bianuales invernales (*Lolium multiflorum* y *Trifolium pratense*). Si bien frecuentemente se utiliza como causa de esta desaparición las condiciones estivales, la dominancia de especies anuales invernales que son utilizadas en las mezclas, determina que por lo menos el 50 % del área del suelo se encuentre descubierto en el período que va desde octubre a mayo (Zanoniani, 2014).

La siembra de una mezcla de especies perennes de similar ciclo o complementario no sólo disminuye el período sin cobertura del suelo en el período estival (Santiñaque y Carámbula 1981, Boggiano y Zanoniani 2005), sino que permite aumentos de la producción primaria de más de 100 %, con fuerte incremento en el período otoño-invernal. Consecuentemente con ello la presencia de mayor cobertura al final del verano e inicios de otoño permitiría reducir la presencia de malezas, aumentando la productividad y persistencia de la pastura, como así también disminuyendo la cantidad de herbicidas utilizados en el sistema y un mejor rastrojo para la siguiente alternativa en la rotación, tanto en su relación carbono/nitrógeno, como en

las propiedades físicas por la mayor presencia de gramíneas perennes al final de la vida útil del mejoramiento.

Esta mayor cobertura estivo-otoñal permite además reducir la erosión causada por lluvias intensas y también un mejor aprovechamiento de los picos de nitratos que se dan a principios de esta estación (Hoffman y Fonseca, 2000).

2.4.3 Componentes de las mezclas

Para definir el uso de determinada especie o cultivar que se desea utilizar en la mezcla, se debe tener en cuenta la necesidad que tenga el sistema, por ejemplo, necesidad de forraje en cierta época del año, que sea temporaria o permanente, que esté incluida en una rotación corta o larga, necesidad de generar reservas del sistema (fardos y/o ensilaje), como también la necesidad dependiendo del sistema de producción de carne, lana o leche (Carámbula, 2002). A su vez, sostiene que, cualquiera de las situaciones anteriores limita la composición de la mezcla forrajera apropiada, en el caso particular de ser necesaria una pradera de corta duración, se deberá establecer utilizando leguminosas con rápido vigor inicial, como lo es *Trifolium pratense*. Del mismo modo, el autor hace énfasis en que, por un lado, una pastura alta en proteína y baja en carbohidratos solubles favorecerá la producción de leche y el engorde de corderos debido a sus exigencias nutricionales, por otra parte, forrajes de pasturas maduras ofrecen una mejor posibilidad para la producción de carne vacuna.

Según Correa, citado por Abud et al. (2011), al momento de la elección de especies a incluir en la mezcla se debe tener en cuenta; la adaptación edáfica de la especie, la zona geográfica donde se va a sembrar, el destino del recurso, la duración de la pradera, momento de aprovechamiento y el sistema de producción.

Según Noëll (1998), generalmente se recurre a mezclas de gramíneas y leguminosas, en donde se espera que la gramínea, que presenta buena adaptación a diferentes ambientes, haga un aporte sostenido de forraje con el correr de los años y que la leguminosa fije nitrógeno atmosférico, recupere propiedades químicas del suelo y produzca forraje de buena calidad. A su vez, la necesidad de que las pasturas deban estar formadas por especies de ambas familias tiene varias razones, ya que ni las gramíneas solas, ni las leguminosas puras proveen una óptima pastura y por consiguiente con la mezcla mixta ambas se complementan de manera más productiva y rentable (Carámbula, 2002).

Las gramíneas aportarían a la pastura productividad sostenida por muchos años, adaptación a gran variedad de suelos, facilidad de mantenimiento de poblaciones adecuadas, explotación total del nitrógeno simbiótico, estabilidad de la pastura, baja sensibilidad del pastoreo y corte, baja susceptibilidad a enfermedades y plagas y baja vulnerabilidad a la invasión de malezas. Las leguminosas por otro lado ofrecerían

nitrógeno a las gramíneas, poseedoras de alto valor nutritivo para la dieta del animal y promotoras de fertilidad en suelos naturalmente pobres. La producción otoño-invierno-primaveral de las mezclas complementarias, está determinado principalmente por la contribución de las especies invernales mientras que las estivales producen en verano cuando el crecimiento de las primeras disminuye o se detiene (Santiñaque y Carámbula, 1981).

Cabe aclarar que, en algunas oportunidades, incluir *Lolium multiflorum* en mezcla con leguminosas como *Trifolium pratense*, controla la dominancia de malezas durante el primer año o años sucesivos, especialmente cuando las condiciones ambientales o de fertilidad impiden un buen crecimiento de la gramínea perenne (Bautés et al., citados por Carámbula, 2002).

2.5 CARACTERÍSTICAS MORFOGENÉTICAS Y ESTRUCTURALES DE LAS PASTURAS

Las pasturas son entidades dinámicas en las cuales la producción y pérdida de forraje ocurren en forma simultánea como consecuencia de los procesos de crecimiento y senescencia (Hodgson et al., 1981).

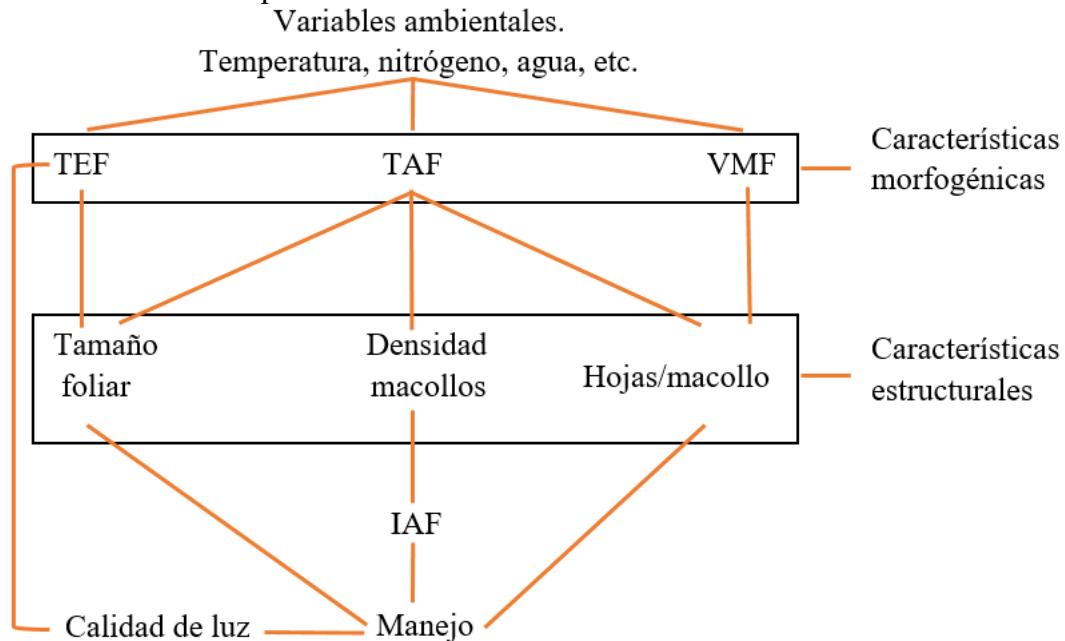
La cuantificación de los procesos de aparición, expansión y senescencia foliar a nivel de macollos de gramíneas (morfogénesis), brinda información básica para comprender la dinámica de la producción y pérdida de forraje (Colabelli et al., 1998).

El término morfogénesis abarca los cambios estructurales que se producen a través del desarrollo de un organismo, y puede ser definido a partir de los procesos de formación, expansión y muerte de órganos (Chapman y Lemaire, 1993).

Se definen tres características morfogénicas principales, determinadas genéticamente e influenciadas por condiciones ambientales como tasa de aparición de hojas, tasa de elongación foliar y vida media foliar, que determinan en gran parte los cambios estructurales que experimentan los macollos (Chapman y Lemaire, 1993).

El producto de dichos cambios determina las características estructurales de las pasturas como el número de hojas vivas por individuo, densidad de macollos y tamaño de la hoja. A su vez estas últimas definen el índice de área foliar de las pasturas (figura No. 1), con ello la capacidad de captar energía lumínica para la fotosíntesis y así abastecer funciones de crecimiento (Colabelli et al., 1998).

Figura No. 1. Relaciones entre características morfogenéticas de las plantas y variables estructurales de las pasturas



Fuente: adaptado de Chapman y Lemaire (1993).

Según Colabelli et al. (1998), el esquema (figura No. 1) permite establecer en primera instancia, las variables morfogenéticas y su relación con la estructura de la pastura. En este sentido, puede observarse el rol central de la tasa de aparición de hojas, debido a que controla, en mayor o menor grado, todas las variables estructurales. También puede observarse que las variables morfogenéticas se encuentran bajo la influencia de factores ambientales controlables (nutrientes y agua) y no controlables (temperatura). Ello determina una incidencia indirecta de los mismos sobre la estructura de las pasturas y con ello, sobre el índice de área foliar.

2.5.1 Tasa de aparición foliar

Es el intervalo entre la aparición de dos hojas sucesivas en un macollo. Dicho intervalo puede ser expresado en días. Sin embargo, debido a la estrecha relación con la temperatura puede ser calculado como suma térmica. En este caso, se denomina filocrón y su unidad es grados día, siendo el inverso de la tasa de aparición de hojas (Chapman y Lemaire 1993, Skinner y Nelson 1995, Agnusdei y Lemaire 2000).

La TAF ocupa un lugar principal en el proceso de producción de materia seca (Anslow, citado por Boggiano, 2000), pues es la variable morfogenética que lidera el desarrollo de las características estructurales de la pastura, determinando la densidad de

macollos e influyendo sobre la longitud y el número de hojas por macollo (Chapman y Lemaire, 1993).

Una especie con alta TAF tiende a producir un alto número de hojas cortas por macollo y una alta densidad de macollos, dando lugar a una estructura de vegetación baja y densa. Por el contrario, una especie con una TAF baja tenderá a producir pocas hojas largas por macollo y una menor densidad del perfil, lo que dará lugar a una vegetación de estructura potencialmente más alta (Lemaire y Agnusdei, 2000).

2.5.2 Tasa de elongación foliar

Se refiere al incremento en longitud de lámina verde en un intervalo de tiempo o de suma térmica. La elongación foliar es la principal expresión del crecimiento de una hoja. El ancho foliar presenta normalmente variaciones de menor magnitud (Chapman y Lemaire 1993, Agnusdei y Lemaire 2000).

2.5.3 Vida media foliar

Es el intervalo transcurrido entre la aparición de una hoja y el comienzo de la senescencia. Puede ser expresada como número de intervalos de aparición de hojas. Las hojas tienen una vida limitada, siendo ésta una característica relativamente estable para cada genotipo. Luego de crecer, cada hoja comienza a senescer y muere (Colabelli et al., 1998).

La VMF determina el número máximo de hojas vivas que un macollo individual puede soportar cuando alcanza su rendimiento. Este coeficiente representa el período durante el cual, después de una defoliación completa, los tejidos de hojas verdes se acumulan en macollos adultos individuales sin ninguna pérdida por senescencia. Después de este retraso, comienza la acumulación de tejidos muertos de hoja, haciendo coincidir la acumulación de nuevo material foliar y conduciendo a un equilibrio entre la aparición y desaparición de tejidos foliares en el macollo individual máximo (Lemaire y Agnusdei, 2000).

El conocimiento de la duración de vida de las hojas es de suma importancia en el manejo de las pasturas, ya que por un lado indica el tope potencial de rendimiento de la especie (máxima cantidad de material vivo por área) y es un indicador fundamental para la determinación de la frecuencia de pastoreo en un sistema rotativo (Nabinger, 1996).

Según Lemaire y Chapman (1996) conociendo las diferencias entre la VMF de las especies se puede realizar un manejo más adecuado del pastoreo, haciendo más sustentable la producción de forraje de las pasturas. Es la duración de vida de la hoja y

no el máximo número de hojas vivas quien determina el rendimiento techo de una pastura.

2.5.4 Características estructurales

La densidad de macollos presentes en una pastura, en un momento dado, es el resultado del balance entre la tasa de aparición y la de mortandad de macollos. Según Chapman y Lemaire (1993) la tasa de aparición de macollos es dependiente de la tasa de elongación foliar (TEF) ya que para formarse el brote axilar que puede originar potencialmente el nuevo macollo, es necesaria la existencia previa de la hoja que lo formará. Es por ello que la forma potencial de macollaje de un determinado genotipo va a depender de la velocidad de aparición de hojas, cada una de ellas tendrá asignada la generación de una o más yemas axilares (Nabinger, 1996).

Davies (1974) concluyó que la densidad de macollos está parcialmente relacionada con la tasa de aparición foliar (TAF), y que ésta determino el número de sitios potenciales para la aparición de macollos. Es por ello que los genotipos con alta TAF tienen un alto potencial de macollaje (Lemaire y Chapman, 1996).

Las gramíneas forrajeras tienen un máximo número de hojas vivas por macollo (número bastante constante dentro de cada genotipo) y alcanzado ese número, por cada hoja que se produce, muere la hoja más vieja (Davies, 1988). El número de hojas por macollo es producto de la vida media foliar (VMF) y la tasa de aparición de hojas (Lemaire y Chapman, 1996).

El tamaño foliar está determinado por la relación entre la tasa de elongación y la tasa de aparición foliar; la duración del período de elongación de una hoja de un determinado genotipo es una fracción constante del intervalo de aparición foliar (Robson y Dale, citados por Lemaire y Chapman, 1996).

2.6 FACTORES AMBIENTALES Y DE MANEJO QUE DETERMINAN LA PRODUCCIÓN DE UNA PASTURA

El crecimiento y desarrollo de las plantas están fuertemente controlados por las condiciones ambientales. Dentro del medio abiótico, la temperatura, la luz y la disponibilidad de agua y nutrientes se caracterizan por ser fuertemente determinantes de dichos procesos. Entre los factores del ambiente, es la temperatura el factor al cual las plantas responden de forma instantánea (Colabelli et al., citados por Pirez, 2012). Estos factores se pueden clasificar en no controlables y controlables. Siendo para el primer caso temperatura y humedad y para el segundo agua, nutrientes y calidad de la luz (Azanza et al., 2004).

2.6.1 Temperatura

La temperatura y la radiación son los principales factores ambientales no controlables que definen el crecimiento estacional de una pastura, pudiendo considerarse a la primera como determinante de la tasa de crecimiento de la biomasa aérea (Guillet et al., citados por Azanza et al., 2004).

La temperatura actúa principalmente sobre la tasa de aparición foliar, la tasa de elongación foliar y la senescencia foliar (Chapman y Lemaire, 1993). La velocidad del proceso de morfogénesis depende de la temperatura, y existe un umbral por encima del cual la planta responde desarrollándose y/o creciendo. La tasa de elongación foliar, al igual que la tasa de aparición foliar, aumentan con la temperatura (Colabelli et al., 1998).

Para la mayoría de las especies C3, la respuesta de la TAF a la temperatura es lineal, con una temperatura umbral aparente entre 3 y 5 °C. Para las especies C4, la temperatura umbral es entre 8 y 9 °C. Según estudios realizados, Lemaire y Agnusdei (2000) mostraron que para especies C3 el rango de temperaturas diarias promedio entre 5 y 17 °C y para especies C4 temperaturas entre 12 y 20 °C, provocan una respuesta exponencial de la TEF a la temperatura. Es por esta diferencia en respuestas a la temperatura, que la longitud final de las hojas aumenta a medida que aumenta este factor (Lemaire, citado por Simon y Lemaire, 1987).

Según Agnusdei et al. (1997) las tasas de crecimiento de forraje en las pasturas resultan hasta cinco veces inferiores en invierno respecto a los períodos de primavera y verano, habiendo además diferencias interespecíficas a nivel de los procesos morfogenéticos que definen el desarrollo del área foliar.

Cualquier factor, como la temperatura o la fertilización con nitrógeno, que modifique la TEF y el tamaño final de la hoja, aumentará la tasa de crecimiento de la pastura, pero la tasa de senescencia no se modificará, lo que modifica el flujo neto de tejido (Lemaire y Agnusdei, 2000).

2.6.2 Radiación

La producción de pasturas consiste esencialmente en la conversión mediante la energía solar del CO₂ atmosférico, nutrientes y agua en forraje. El factor climático básico que limita la producción es el aporte estacional de energía solar, pero en la práctica la utilización de la energía solar puede en sí misma estar limitada por otros factores climáticos tales como la temperatura, estrés hídrico, y por la escasez de nutrientes del suelo, particularmente nitrógeno. Por lo que el objetivo debería ser tener las especies de mayor potencial en su pastura con el fin de lograr una alta conversión de energía solar bajo los regímenes de luz y temperatura de los ambientes a los cuales están adaptadas (Cooper y Tainton, 1968).

La productividad primaria está limitada por dos categorías generales de restricciones. La primera restricción está dada porque la radiación fotosintéticamente activa es sólo el 45% de la energía solar incidente a nivel de las plantas (Cooper y Tainton, 1968). La segunda restricción es la ocurrencia de factores abióticos que evitan que la energía solar capturada sea maximizada. Limitaciones de agua, temperatura y nutrientes frecuentemente evitan que se desarrolle una canopía foliar suficiente para interceptar la radiación fotosintéticamente activa disponible (Briske y Heitschmidt, 1991).

Las restricciones abióticas a la producción primaria neta son consideradas muchas veces como no manejables a nivel productivo, sin embargo, las mismas son frecuentemente incrementadas por deficiencias en el manejo de las pasturas. Si bien es cierto que sólo el 45 % de la energía es utilizable para realizar la fotosíntesis, alcanzar este valor va a depender de las posibilidades de desarrollar una cobertura vegetal que permita interceptarla (Zanoniani, 2014).

El índice de área foliar (IAF) parece ser la principal característica de la siembra que determina la intensidad de la competencia por la luz entre plantas individuales. A medida que el IAF de la pastura alcanza el valor 1, las áreas foliares se solapan y algunas de las hojas quedan sombreadas. El primer efecto del sombreado para una planta individual es una reducción en la tasa de asimilación de carbono (Lemaire, 2001).

Según Rhodes y Stern, citados por Millot et al. (1987), en una pastura o comunidad vegetal, la luz incidente no se recibe desde todas las direcciones por cada integrante, sino que ocurre un mutuo sombreado y competencia por dicha fuente de energía, que afectará las posibilidades de crecimiento de la pastura como un todo. Los principales factores involucrados son: el ángulo de elevación solar, el tipo de radiación (sea directa o difusa), la densidad del follaje, la estructura del mismo y las características de absorción de la luz, así como alteraciones de esas relaciones por el clima, nutrición mineral, defoliación, etc.

La velocidad de macollaje es el resultado de la tasa de aparición foliar (afectada por la intensidad de la luz), que determina la tasa de aparición de un nuevo sitio potencial de macollos y el relleno de sitio (afectado por la relación rojo/rojo lejano), que mide la tasa de desarrollo de una yema dentro de un tallo (Davies, 1974).

Por su parte, la acumulación de biomasa que alcance un IAF mayor a 1, genera que las hojas comiencen a sombrearse. Esto contribuye a una absorción diferencial de las hojas por un cambio en el espectro, aumentando el rojo lejano y disminuyendo la luz azul; esto es captado por los fotorreceptores de las plantas, provocando cambios en la morfología de las plantas (Lemaire, 2001). Al reducirse la relación rojo/rojo lejano que llega a la base de la pastura por sombreado del forraje acumulado en pastoreos menos intensos o frecuentes, se reduce el macollaje, lo que puede afectar la persistencia de la pastura (Fulkerson et al., citados por Saldanha, 2009).

2.6.3 Agua en el suelo

El agua es un elemento esencial en la actividad fisiológica de las plantas, no solo al actuar de solvente para la absorción y movimiento de gases, minerales y solutos, sino también como reactivo en varios procesos químicos, siendo además básico en el mantenimiento de la turgencia, e imprescindible para el crecimiento y alargamiento celular que conduce a la producción de materia seca (Kramer 1983, Turner y Burch 1983).

Un déficit importante de agua provoca, tanto en la parte aérea como en las raíces, un crecimiento pobre el cual en situaciones extremas se detiene. Sin embargo, con un aumento en la disponibilidad de agua se registra un incremento progresivamente mayor de la parte aérea en relación a las raíces, comportamiento contrario al que se registra a medida que descende la disponibilidad de agua en el suelo (Troughton, 1957).

Es posible afirmar según Carámbula (2004), que una deficiencia de agua provoca reducción en el área foliar, reducción en el macollaje, aumento en la relación raíz/tallo, disminución de fijación biológica por los nódulos y una disminución en la accesibilidad a nutrientes.

Según Colabelli et al. (1998), los efectos del déficit hídrico sobre las variables morfogénicas a nivel de macollo y variables estructurales de las pasturas, incide de forma muy importante sobre el desarrollo del IAF. Por consiguiente, una parte importante de la reducción de la tasa de crecimiento de una pastura puede ser explicada a partir de la menor cantidad de energía lumínica interceptada por cultivos carentes de agua respecto a cultivos desarrollados bajo situaciones hídricas no limitantes.

Kramer, citado por Pirez (2012), señala que un déficit hídrico reduce la turgencia, causando cierre de estomas y reducción de la elongación celular; con esto se produce a su vez una reducción del área foliar y de la tasa de fotosíntesis por unidad de área.

En términos generales, Turner y Begg (1978) concluyeron que la elongación celular es más afectada por el déficit hídrico que la división celular, provocando a su vez una reducción de la TEF y por ende un menor tamaño de hoja de las plantas creciendo con algún grado de déficit hídrico. En estas condiciones de deficiencia se genera también una reducción en la tasa de macollaje y en el número de hojas vivas por macollo, mientras simultáneamente se produce un incremento en las tasas de senescencia de hojas y macollos.

Aquellas especies que cuentan con raíces pivotantes capaces de explorar el suelo en profundidad serán capaces de sobrevivir mejor ante estreses hídricos. Alfalfa, lotus y trébol rojo presentan sistemas radiculares pivotantes que les confieren cierta tolerancia a un estrés hídrico.

A su vez Carámbula (2002), hace énfasis en que se debe reconocer que el exceso hídrico también es un factor importante ya que restringe el crecimiento de las plantas por falta de oxígeno en el suelo, provocando un decremento en la productividad de las pasturas.

2.6.4 Nitrógeno

El efecto del nitrógeno sobre la tasa de aparición de hojas, no muestra efectos significativos para gramíneas forrajeras adaptadas a regiones templado-húmedas (Wilman y Wright, 1983). Esta relativa independencia podría ser explicada en función de que la translocación y utilización de asimilados es prioritaria para la producción de hojas en comparación con otros órganos de la planta.

La elongación foliar es la actividad meristemática que demanda prioritariamente nutrientes y su disponibilidad proviene del consumo directo a partir del suelo o de la translocación de los tejidos senescentes. La tasa de elongación foliar en gramíneas forrajeras es el componente más importante en la determinación del crecimiento aéreo y en comparación a los demás componentes del crecimiento, es la que mayor sensibilidad muestra a diferentes niveles de nutrición nitrogenada (Gastal y Lemaire, 1988).

Un aumento en la contribución de gramíneas y leguminosas tiernas y finas como consecuencia del incremento en la biomasa otoño-invernal y la calidad de la pastura, requiere de la incorporación estratégica de nitrógeno y fósforo al sistema. Estos nutrientes (en especial el nitrógeno) permitirán una disminución del largo del filocrono y un aumento en el número de macollas incrementándose la eficiencia de conversión de energía lumínica en producción de biomasa (Nabinger 1996, Lemaire 2001). La incorporación de leguminosas (aumentando el nivel de fósforo) permitiría también cumplir lo anterior, además de aumentar la calidad de la biomasa producida (Haynes, 1980).

2.6.5 Efecto del antecesor en el rendimiento de una pastura

La permanencia de un rastrojo en la superficie provoca cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo alterando la dinámica de los procesos que en él ocurren, respecto a un suelo sin rastrojo. Los suelos con cobertura de residuos vegetales son más fríos que los suelos laboreados, afectando por tanto todos los procesos biológicos como la germinación e implantación.

Los suelos que están bajo sistemas de producción de cero laboreo, presentan mayores contenidos de humedad que los suelos bajo laboreo, explicado por una mayor

infiltración de agua, por una disminución del escurrimiento superficial y por una menor pérdida por evaporación (Martino, 1997).

En efecto, la intercepción por estos restos reduce la cantidad de luz que llega al suelo, y modifican la relación rojo/rojo lejano, que regula el proceso de germinación, pudiendo ser inhibida en las semillas sembradas (Deregibus et al., 1994).

Según Améndola y Armentano (2003), los efectos del rastrojo a través del sombreado, efectos alelopáticos y la barrera física que este implica (capa de residuos vegetales) junto a la no remoción del suelo serían los factores determinantes de los cambios en las poblaciones de malezas en estos sistemas.

Uno de los parámetros utilizados para caracterizar la calidad de un rastrojo es su relación C/N; sin embargo, Alexander, citado por Parr y Papendick (1980), ha sugerido que el contenido de lignina puede ser un parámetro más real en predecir la descomposición de los residuos que la relación C/N. La tasa de descomposición está afectada por la cantidad de sustancias solubles en agua, sustancias lixiviables, contenido de nitrógeno y polifenoles de restos frescos, siendo ésta mayor cuando la relación C/N es más baja.

Otro factor inherente al rastrojo es la cantidad donde según Brown y Dikey, citados por Parr y Papendick (1980), observaron que el porcentaje de descomposición estaba inversamente relacionado con la cantidad de residuos. Cuando mayor es el contenido de rastrojo agregado, más tiempo es requerido para que la mineralización neta restablezca la concentración inicial de nitrato presente en el suelo.

Los rastrojos afectan la estructura del suelo independientemente de las técnicas culturales empleadas. La estructura del suelo condiciona el crecimiento de las plantas y determina el ambiente propicio para un buen desarrollo radical. Estas características pueden variar con el tipo de laboreo, pero las diferencias estructurales provocadas por los rastrojos estarían muy relacionadas con sus sistemas radicales (Triñanes y Uriarte, 1984).

Ilmenjew, citado por Malik et al. (1965), encontró que aquellos cultivos que proveen la mayor cobertura y tienen mayor contenido de fibra y sistemas de raíces extensivos tienen el mayor efecto en la granulación del suelo.

Las propiedades químicas son afectadas por el efecto de la disponibilidad de nutrientes para el siguiente cultivo y esta retención depende de la calidad, relación C/N y lignina; y cantidad del residuo. Cuando en el suelo se descomponen rastrojos con poco nitrógeno, la disponibilidad para los cultivos desciende durante algunos meses.

Purvis (1990) afirma que los factores principales en determinar los efectos del rastrojo en el crecimiento y rendimiento del cultivo siguiente, fueron el tipo de rastrojo, la cantidad y distribución de las lluvias y el grado de descomposición que tenía el rastrojo antes de sembrar el siguiente cultivo.

El rastrojo de soja, tiene la particularidad de tener una relación C/N relativamente baja, aproximadamente entre 42-45/1 (Doran et al., 1986), y presenta cantidades de rastrojo bastante menores respecto otros cultivos determinando que la degradación total y la liberación de nutrientes sea bastante rápida.

Browning et al. (1942), indican que la soja tiene un efecto de soltar el suelo y lo explican por el efecto del canopeo que brinda protección contra la erosión hídrica, a la acción desecante del sistema radicular y al incremento de la agregación resultante de la descomposición del rastrojo. La soja frecuentemente deja el suelo en excelentes condiciones físicas y no disminuye la disponibilidad de nitrógeno del suelo (Robinson, 1966).

Borges (2001), obtuvo diferencias significativas en cuanto a la velocidad de descomposición del rastrojo de soja respecto al de maíz o trigo. Este mismo autor sostiene que la soja no inmovilizó nitrógeno, en cambio el rastrojo de trigo y maíz inmovilizaron hasta los 85 y 185 días después de iniciado el experimento respectivamente.

El girasol y la soja dejan un volumen de rastrojo menor, con una menor relación C/N que el sorgo y maíz, lo que ubica a aquellos en una situación ventajosa en cuanto a facilidad de siembra y disponibilidad de nitrógeno dejado en el suelo (Martino, 1994).

Según Doran et al. (1986) la mayoría del nitrógeno en residuos de soja fue mineralizado y tomado por el segundo cultivo; en el caso del maíz nada del nitrógeno inmovilizado fue recobrado por el siguiente cultivo.

2.6.6 Fecha de siembra

La fecha de siembra ha sido nombrada por diferentes autores como uno de los factores fundamentales para el logro de adecuadas producciones de las pasturas sembradas. Zanoniani (2010), expresa que la fecha de siembra es el factor de mayor importancia para lograr una buena producción y utilización del forraje. Su relevancia se basa en la dependencia de las plantas forrajeras a los factores climáticos, que son temperatura, intensidad de luz y balance hídrico, y a su variación según la época del año.

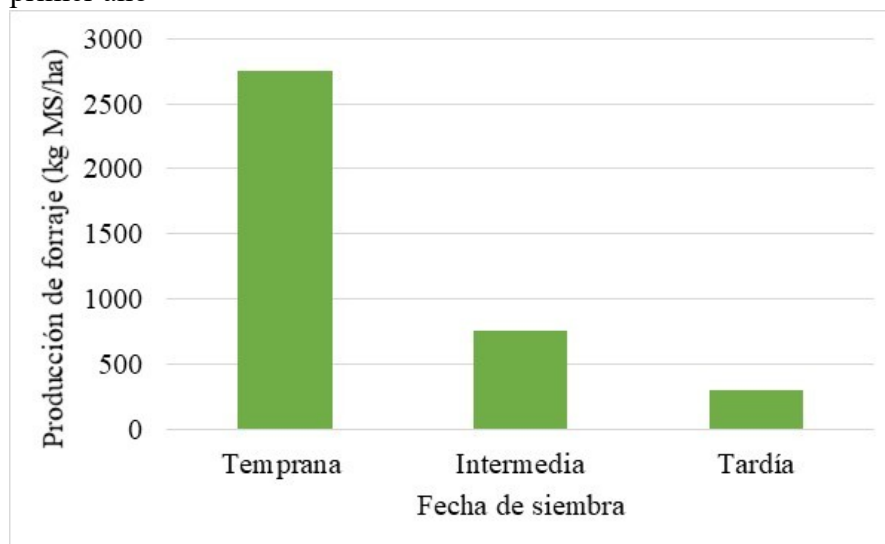
Al cambiar la época de siembra se altera el microambiente en el cual se desarrollan las plantas (Millot et al., 1987). Stepper et al., citados por Carámbula (2008) afirman que se fija una fecha de siembra con el objetivo de lograr que las plántulas alcancen un desarrollo rápido para poder sobrevivir a factores climáticos adversos.

Tanto leguminosas como gramíneas de clima templado, presentan un rango de temperaturas que va desde 5 a 35 °C, y un óptimo entre 19 y 25 °C. Se debe tener la precaución con las siembras tardías (segunda quincena de abril a la primera quincena de junio), porque si bien puede haber germinación y emergencia, las heladas pueden afectar

a las pequeñas plántulas. La resistencia a las bajas temperaturas aumenta cuanto mayor son las reservas en las raíces, obteniéndose con siembras tempranas (primera quincena de marzo), esto da lugar a que se llegue a mediados de mayo con una raíz de aproximadamente 10-12 cm donde ya tiene reservas suficientes para soportar las bajas temperaturas invernales (Barbarrosa, s.f.).

Las siembras tempranas a diferencia de las tardías, presentan una mejor implantación y una mayor precocidad debido a que logran una mayor población de plántulas, siendo éstas a su vez más vigorosas. Este comportamiento es explicado por mayor porcentaje de germinación, rápido crecimiento de las plántulas, mayor desarrollo radicular y como consecuencia mejor resistencia a la sequía, uso más eficiente de los nutrientes y entrega más temprana de forraje; ocurriendo lo contrario en siembras tardías. Para lograr producción temprana en invierno se debe sembrar temprano en el otoño, logrando así un crecimiento importante de la parte aérea a temperaturas moderadas y una respuesta progresiva de la parte radicular y llegar a épocas críticas de déficit hídrico con buen desarrollo radicular (Carámbula, 2008).

Figura No. 2. Importancia de la fecha de siembra en la producción otoño-invernal del primer año



Fuente: adaptado de Zanoniani (2010).

Según Zanoniani (2010), la fecha de siembra está directamente relacionada con el momento del primer pastoreo, es así que siembras tempranas (15 marzo – 15 abril) pueden ser pastoreadas a fin de otoño o invierno. Lo contrario ocurre en siembras tardías (15 mayo en adelante), teniendo como resultado pastoreos en primavera y una disminución en el período otoño-invernal de por lo menos 3000 kg de MS/ha.

2.7 MANEJO DEL PASTOREO

Según Smethan (1981), existen dos principales objetivos para un buen manejo del pastoreo, uno de ellos es producir la máxima cantidad de forraje y con su mayor calidad posible, de modo de brindar una dieta adecuada para los animales en pastoreo. El segundo objetivo se basa en asegurar que la máxima producción primaria sea consumida por dichos animales. Se debe considerar que el primer objetivo es fácil de alcanzar, mientras que para el segundo se requiere de hacer un uso lo más eficientemente posible del forraje producido.

Por lo mencionado anteriormente, Langer (1981) afirma que un buen manejo del pastoreo implica, el manejo eficiente de dos sistemas biológicos, como son las pasturas y los animales los cuales son diferentes entre sí pero están relacionados, con esto el objetivo es hacer el mejor uso del forraje producido, sin perjudicar la persistencia productiva de la pastura.

2.7.1 Parámetros que definen el pastoreo

2.7.1.1 Frecuencia

Harris (1978) define a la frecuencia como el intervalo de tiempo entre defoliaciones sucesivas, siendo uno de los parámetros en determinar la cuantificación del pastoreo.

Las diferentes pasturas presentan estaciones de crecimiento limitadas, a las especies que la componen, cuanto mayor es el número de cortes o pastoreos, el tiempo de crecimiento entre dos pastoreos será menor. Se sabe que cuando el período entre dos cosechas es menor también lo será la producción de forraje (Jaques y Edmond, Chamblee et al., Peterson y Hogan, Parsons y Davis, citados por Carámbula, 2004).

La frecuencia de utilización dependerá de las especies que componen la pastura, y de la época del año en que se realice la utilización de este forraje, la longitud del periodo de crecimiento está determinada por la velocidad con que la pastura alcance el volumen óptimo de forraje, denominado IAF óptimo (Carámbula, 2004).

“En tapices pastoreados intermitentemente la frecuencia de defoliación de hojas individuales está principalmente determinada por la duración del intervalo entre dos períodos sucesivos de pastoreo, lo cual es una característica del sistema de manejo del pastoreo” (Lemaire, 1997).

Otra forma de manejar la frecuencia de pastoreo es mediante la altura del forraje disponible al comenzar el pastoreo. Para Hodgson, citado por Carámbula (2004), la altura de la pastura es el indicador más útil para los propósitos de manejo, siendo ésta la variable más simple para predecir la respuesta, tanto de la pastura como del animal.

El intervalo entre pastoreos se puede determinar por el momento del ciclo de rebrote en que se encuentra, según el número de hojas por macollo. Según Fulkerson y Slack (1995) el estado de una hoja en *Lolium perenne* es el mínimo recomendado para pastorear. Esto complementa el uso del estado de 3 hojas como un indicador del intervalo máximo entre pastoreos. De esta manera, el número de hojas puede ser un criterio conveniente para determinar el momento apropiado para pastorear, ya que se basa en el desarrollo morfológico, el cual integra muchas variables ambientales y de manejo.

Según Carámbula (2002), a medida que se aumenta la frecuencia de defoliación, medida en términos de acumulación de forraje, se observan disminuciones en la capacidad para producir forraje. Para el caso de *Trifolium pratense*, se dan disminuciones del 55% de producción cuando se realiza un manejo frecuente de la defoliación, esto explicado por su hábito de crecimiento erecto (Formoso, 1996).

En pasturas con IAF óptimos bajos, como las dominadas por tréboles, es posible realizar un aprovechamiento más intenso con defoliaciones más frecuentes (IAF 3) que en pasturas dominadas por leguminosas erectas (IAF 5) o por gramíneas erectas (IAF entre 9 y 10, Brougham, 1956).

Lolium perenne manejado a una intensidad de corte de 5 cm cada 2 semanas, el intervalo entre defoliaciones resulta tan corto que no permite reponer las reservas de carbohidratos ubicadas en raíces y pseudotallos, las cuales son necesarias para el rebrote, debido a que el área foliar aún no alcanzó su óptimo (Matthews et al., citados por Velasco et al., 2005).

“Dada la dificultad para determinar en la practica el IAF óptimo para cada pastura y los inconvenientes para llegar al mismo bajo pastoreo, es posible que con alturas de alrededor de 25cm se pueden realizar en general un buen aprovechamiento del forraje producido, ya que, a esa altura, normalmente la pastura se encuentra en plena etapa de crecimiento intermedio, o sea en el tramo de crecimiento y rebrote rápido” (Carámbula, 2004).

2.7.1.2 Intensidad

La intensidad de pastoreo es considerada la principal determinante de las variables morfogénicas que influyen el tamaño de hoja y la densidad de macollos, en consecuencia, el índice de área foliar (Nabinger, 1996).

De acuerdo con Carámbula (2004), la intensidad se refiere al rendimiento de cada pastoreo o corte (intensidad de cosecha) el mismo está dado por el remanente que se deja al retirar los animales, lo que no solo afecta el rendimiento de cada defoliación, sino que condiciona el próximo rebrote y por ende la producción total de la pastura. Cabe mencionar que, la mayor intensidad tiene efecto positivo en la cantidad de forraje cosechado, pero esto afectó de forma negativa la producción de forraje siguiente.

Carámbula (2004) sostiene que, en todos los casos es muy importante, que el remanente dejado sea eficiente, para que esto ocurra se deben dejar hojas nuevas con un porcentaje mínimo de mortandad lo cual compensará de forma temporal eventuales IAF bajos.

La intensidad del pastoreo afecta el número de plantas, el número de macollos y en particular el peso de los mismos (Fulkerson y Slack, 1995).

De acuerdo con Carámbula (2004), cada especie posee una altura mínima a la cual es recomendable dejar el remanente para no afectar el crecimiento posterior. Como recomendación general, las especies prostradas pueden ser pastoreadas en promedio hasta 2,5 cm y las erectas entre 5 y 7,5 cm. De no hacerlo así se puede causar daños graves en la pastura.

Según Zanoniani (1999), una altura óptima de remanente de pastoreo es difícil de determinar, pero en especies de mayor productividad, alturas superiores a 5 cm no limitan la productividad de la pastura. Menores intensidades son acompañadas por menores tiempos de reingreso a la pastura, esto varía según la estación del año, en primavera-verano la altura es siempre mayor que en otoño-invierno, ya que la tasa de crecimiento de la pastura en este periodo es menor.

2.7.1.3 Momento

El momento de pastoreo está determinado por las fases de desarrollo de las plantas que componen las pasturas y la estación del año (Harris, 1978).

El momento según las estaciones del año lo determina la tasa de crecimiento de la pasturas, el objetivo es que el forraje ofrecido a los animales este compuesto por hojas nuevas, es decir en los momentos de mayor tasa de crecimiento como en la primavera, se acelera la frecuencia de pastoreo y de esta manera se evita la acumulación de material senescente. Ya en el verano la frecuencia del pastoreo es la misma pero se modifica según el ciclo de las especies sembradas (estivales o invernales) y la capacidad de acumulación de agua del suelo.

Durante el otoño, con el objetivo de permitir una buena penetración de luz, y favorecer la resiembra, brotación y macollaje de especies invernales, se aumenta la intensidad y los tiempos de descanso, logrando así el consumo de los restos secos que quedaron del verano.

En invierno, la tasa de crecimiento es menor, por lo que la frecuencia se debe disminuir, con el objetivo de permitir un crecimiento óptimo de las especies invernales (Zanoniani, 1999).

2.7.2 Efectos sobre las especies que componen la mezcla

Son distintos los efectos causados por las defoliaciones entre gramíneas y leguminosas. A igual área foliar remanente, las leguminosas interceptan más luz por la disposición característica de sus hojas (planófilas), lo que les permite recuperarse más rápidamente a este disturbio que las gramíneas (erectófilas). Por su parte dentro de las gramíneas es posible encontrar este comportamiento diferencial entre los tipos de hábito de crecimiento postrados y erectos. Se puede afirmar que las gramíneas de porte erecto presentan un mayor rendimiento de forraje con manejos más aliviados, ya que las de porte postrado llegan antes a su IAF óptimo, pero con menor cantidad de forraje (Carámbula, 2004).

Con manejos de pastoreo aliviado, el área foliar remanente está constituida principalmente por hojas viejas, por lo que su valor como área fotosintéticamente activa es muy bajo. Esto es importante especialmente en gramíneas con poca capacidad de macollar, donde la mayoría de las hojas jóvenes se encuentran en el estrato superior de la pastura (Pearce et al., 1965).

Cuando se da remoción por pastoreo de los tejidos meristemáticos, se genera un retraso en el restablecimiento del área foliar dado que el rebrote deberá realizarse a partir de las yemas axilares (Briske, citado por Cullen et al., 2006).

El pastoreo incide directamente sobre la morfogénesis de las especies que integran una pastura. Esta incidencia va a depender básicamente de la especie animal y de la capacidad de carga que soporte la misma (Brancato et al., 2004).

2.7.3 Efectos sobre el rebrote

Según Blaser y Brown, citados por Langer (1981), luego del corte, el rebrote depende de la interacción entre los carbohidratos de reserva en la planta y el área foliar del remanente. El rebrote de las pasturas dependerá de la eliminación o no del meristema apical, del nivel de carbohidratos en el remanente, del área foliar remanente y de su eficiencia fotosintética (Escuder, 1996).

En pasturas manejadas racionalmente, generalmente el rebrote es proporcional al área foliar presente luego del pastoreo, la pérdida de hojas representa una pérdida de área foliar fácilmente recuperable (Milthorpe y Davidson, citados por Carámbula, 2004). Cuanto más eficiente sea la cantidad de área foliar remanente, menor será el período de retraso en la producción de forraje (Brougham, 1956).

Con manejos del pastoreo rotativo, manteniendo reservas adecuadas de carbohidratos en las raíces y una adecuada área de hojas remanentes luego del pastoreo, darán como resultado máximas tasas de crecimiento posteriores (Balocchi et al., 2007).

Si el IAF remanente permite a las plantas y a la pastura quedar en una situación de equilibrio fotosíntesis y respiración, el rebrote se iniciará sin dificultades y sin la necesidad de tener que recurrir a sustancias de reserva. Es decir, que de acuerdo al remanente que se dejó luego del pastoreo, y la calidad del mismo, las plantas tendrán que utilizar o no, sustancias de reservas de órganos subterráneos (Jaques, citado por Carámbula, 2004).

2.7.4 Efectos sobre la morfología y estructura

“Existen diferencias entre especies en el requerimiento de un intervalo entre corte o periodo de pastoreo, y esto posiblemente, puede deberse a la mayor facilidad que tienen algunas especies de reaprovisionar sus reservas. Una de las causas de la superioridad y utilidad del raigrás es que, mientras el rendimiento total se deprime un poco mediante un pastoreo continuo comparado con un pastoreo intermitente o con corte, no se deprime tanto en el raigrás como en la mayoría de las demás gramíneas.” (Langer, 1981).

En ausencia de un periodo de descanso adecuado, la producción de *Phalaris tuberosa* y de la *Festuca arundinacea* disminuyó más de un 50 % mientras que la del *Lolium multiflorum* disminuyó solo en un 25 %. Este comportamiento está relacionado a la diferencia genética en la velocidad de macollaje que presenta cada especie. Según Mitchell, citado por Langer (1981) el desarrollo de nuevos macollos en raigrás es más rápido que el ocurrido en *Festuca arundinacea*.

Mediante el uso más intenso y frecuente de las pasturas se produce un aumento en la tasa de macollaje, consecuencia de un cambio en el ambiente que rodea las plantas, esto permite un cambio en la cantidad y la calidad de la luz que llega a la base de las plantas favoreciendo la aparición de macollos (Voisin y Younger, citados por Brancato et al., 2004).

2.7.5 Efectos en la composición botánica de la pastura

Varios estudios han concluido que las distintas frecuencias e intensidades de pastoreo, presentan cierto efecto en la respuesta de las pasturas, en términos de composición botánica y densidad de las plantas (Heitschmidt, 1987).

Carámbula (2004), afirma que, en la gran mayoría de los predios gran parte de las pasturas se encuentran botánicamente desequilibradas, esto genera pérdida de producción de forraje y disminución de la producción animal. Generalmente en los

primeros años de vida en las pasturas dominan las leguminosas, luego estas se van perdiendo y la pastura comienza a ser dominada por las gramíneas.

Cuando la composición botánica es modificada, la distribución de la producción a lo largo del año se ve alterada, pero la producción total anual tiene menor variación (Escuder, 1996).

A su vez, Carámbula (2004) sostiene que, en manejos del pastoreo poco frecuente las gramíneas ejercen una fuerte competencia por luz sobre las leguminosas en especial en la estación de primavera, en el invierno esta situación se revierte y la escases de luz favorece a la leguminosa transformándose en una limitante para las gramíneas, de no considerarse lo anterior llevaría a cambios en la constitución de la pastura.

“Los períodos de descanso prolongados y un crecimiento vigoroso de la gramínea producen mayores rendimientos de materia seca, pero deprimen a los tréboles más que los períodos de descanso más cortos” (Langer, 1981).

Según Harvis y Brougham, citados por Carámbula (2004), el manejo del pastoreo puede hacer variar las proporciones de las distintas forrajeras en la composición botánica favoreciendo erectas o postradas según la intensidad a la que se realice la defoliación.

“Si bien con defoliaciones frecuentes la mayoría de las leguminosas se ven favorecidas, debido a que con áreas foliares pequeñas absorben más energía que las gramíneas, en general estas últimas ven estimulado su crecimiento en los casos de defoliación poco frecuentes” (Carámbula, 2004).

Según lo expresado por Carámbula (2004), mediante el manejo de defoliación es posible controlar el balance de especies de una pastura mixta a través de modificaciones del pastoreo, ya sea en la utilización de luz como en la movilización de nitrógeno a través de las deyecciones. De esta forma el pastoreo favorecerá o no a las distintas especies de acuerdo con la intensidad y el momento en que se aplique.

2.7.6 Efectos sobre la persistencia de la pastura

La persistencia se define como el mantenimiento de poblaciones de plantas capaces de cubrir demandas de producción de materia seca, particularmente en momentos desfavorables. Este efecto tiene mayor impacto en las especies anuales donde la época de realización y la severidad del pastoreo pueden afectar seriamente la resiembra y las condiciones de regeneración. Por esta razón, en algunas especies se debe promover los procesos de floración y fructificación, así como también el de regeneración para favorecer su presencia productiva (Sheath et al., citados por Carámbula, 2004).

La falta de persistencia se debe a la desaparición de las especies perennes sembradas principalmente las leguminosas, mientras que en las gramíneas su población

permanece poco variable, aunque su aporte se reduce a medida que aumenta la edad de la pastura. La desaparición de las leguminosas genera espacios que serán ocupados por gramíneas ordinarias anuales (Carámbula, 2002).

El pastoreo de los animales provoca efectos como la compactación, causante de reducciones en los rendimientos y afectando de forma directa el crecimiento radicular. Por otra parte, la desagregación tiene como consecuencia la pérdida por erosión de los suelos (Carámbula, 2004).

Según Carámbula (2003), cualquier manejo de pastoreo que no deje acumular cantidades adecuadas de reservas de carbohidratos solubles, llevará a poblaciones ralas y débiles. Esto se explica porque las reservas de carbohidratos de las plantas son las que determinan la sobrevivencia de estas a las bajas temperaturas invernales y las elevadas de fin de primavera.

Según Carámbula (2004) el pastoreo interactúa de manera compleja con los factores ambientales dominantes y con las especies que integran la pastura. En condiciones de altas temperaturas y sequías, se debe tener precaución con el manejo para no perjudicar la persistencia de la pastura. Por otro lado, cuando se tiene aceptables condiciones ambientales para el crecimiento exitoso de las pasturas, se podrían realizar manejos de defoliaciones más severos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES

3.1.1 Lugar y período experimental

El presente trabajo se realizó en Universidad de la República. Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”), la cual se encuentra ubicada en el departamento de Paysandú (Uruguay). El experimento se ubica dentro del área de evaluación de riego en pasturas.

Dicho trabajo se realizó desde el 20 de abril de 2020 (cosecha de soja para sembrar *Lolium multiflorum*) hasta el 27 de octubre del mismo año.

El experimento fue realizado sobre una variedad de *Lolium multiflorum* sembrado puro (cv. Montoro) y sobre una variedad de *Trifolium pratense* (cv. E116) de segundo año en mezcla con *Lolium multiflorum* (cvs. Montoro y Ration).

3.1.2 Información meteorológica

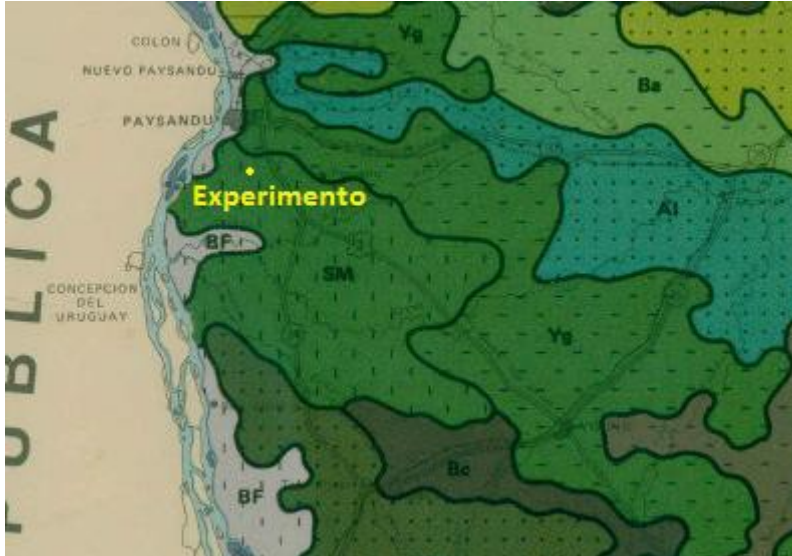
Uruguay se encuentra en una zona templada, la temperatura promedio para todo el país se encuentra en el entorno a los 17 °C variando desde los 20°C a los 16°C. Las temperaturas promedio más altas se encuentran en los meses de enero y febrero, por otra parte, la más baja en junio y julio. Las lluvias totales medias anuales tienen su valor mínimo hacia el Sur sobre las costas del Río de la Plata con 1000 mm. y su valor máximo hacia el Noreste, en la frontera con Brasil con 1500 mm.

La humedad relativa media anual oscila entre el 70% y el 75% en todo el país; el mes más húmedo es julio, con una media de 80%, y el mes más seco es enero con una media de 65% (Udelar. Fcien, s.f.).

3.1.3 Descripción del sitio experimental

De acuerdo a la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (Altamirano et al., 1976) escala 1:1.000.000 el experimento está ubicado sobre la Unidad San Manuel, que se corresponde a la formación geológica Fray Bentos. Los suelos que dominan la zona son Brunosoles Éútricos Típicos (Háplicos), superficiales a moderadamente profundos de textura limo-arcillosos. En asociación con estos se encuentran Brunosoles Éútricos Lúvicos de textura limosa y Solonetz Solodizados Melánicos de textura franca.

Figura No. 3. Ubicación del experimento en carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (1:1000000)



Fuente: Altamirano et al. (1976).

3.1.4 Antecedentes del área experimental

El *Lolium multiflorum* puro fue sembrado el 27 de mayo con antecesor un cultivo de soja, cosechado el 20 de abril, dejando un periodo de barbecho de 37 días. El cultivar de *Lolium multiflorum* utilizado es Montoro, con una densidad de 20 kg/ha y una fertilización a la siembra de 48 kg/ha de nitrógeno y 6 kg/ha de azufre mediante la aplicación de 120 kg/ha de UREA azufrada 40/0/0/5S.

En cuanto a la pastura mezcla, que provienen ya de un año de evaluación, fue sembrada el 2 de abril de 2019. La densidad utilizada en estas mezclas fue de 10 kg/ha de *Lolium multiflorum* cultivar Montoro más 10 kg/ha de *Lolium multiflorum* cultivar Ration más 6 kg/ha de *Trifolium pratense* cultivar LE 116.

La fertilización realizada durante el periodo en estudio fue de 70 kg/ha de urea después de cada pastoreo para pasturas puras como en mezcla.

Luego del primer pastoreo y su aplicación de urea correspondiente se realizó un control de malezas con 2 productos: Preside (0,25-0,3 lt/ha) + Venceweed (1-1,5 lt/ha).

3.1.5 Tratamientos

Los tratamientos realizados están compuestos por un lado con la siembra de *Lolium multiflorum* puro (cv. Montoro) y por otra parte la mezcla de *Trifolium pratense* (cv. Estanzuela 116) con 2 cultivares de *Lolium multiflorum* (cv. Montoro y cv. Ration) resemebrados naturalmente.

Puro 1 (B). *Lolium multiflorum* cv. Montoro.

Puro 2 (C). *Lolium multiflorum* cv. Montoro.

Mezcla 1 (A). Ambos *Lolium multiflorum* con *Trifolium pratense*.

Mezcla 2 (D). Ambos *Lolium multiflorum* con *Trifolium pratense*.

En las parcelas de los tratamientos puros, el rendimiento del cultivo antecesor (soja) fue de 4994 kg/ha para el tratamiento puro 1 y 5234 kg/ha para el tratamiento puro 2.

Cuadro No. 6. Días totales de pastoreo según los ciclos de pastoreo

Ciclos de pastoreo	Fecha de ingreso	Fecha de salida	Días de pastoreo
1	12/8/2020	24/8/2020	12
2	11/9/2020	24/9/2020	13
3	14/10/2020	26/10/2020	12

Se trabajó con 4 grupos de 3 animales de raza Holando correspondientes a cada tratamiento de aproximadamente 9 meses de edad, con un peso promedio individual de 125 kg, los mismos fueron distribuidos de forma al azar en cada uno de los tratamientos. El criterio de entrada y salida de las parcelas era por altura de la pastura, ingresando a la misma con 15 a 20 cm dependiendo de si era invierno o primavera respectivamente y saliendo con 7 o 5 cm. Se busca trabajar con una oferta de forraje de 6 % (kg MS/ 100 kg de peso vivo) y se pastorea en forma rotativa por bloque.

3.1.6 Diseño experimental

La superficie que abarcó dicho experimento fue de 0,042 hectáreas en un diseño experimental de Bloques Completos al Azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones. El tamaño de cada parcela o tratamiento fue de 420 m² (30x14).

Puro 1 (B). 20 kg/ha de *Lolium multiflorum* cv. Montoro.

Puro 2 (C). 20 kg/ha de *Lolium multiflorum* cv. Montoro.

Mezcla 1 (A). 10 kg Ration + 10 kg Montoro + 6 kg *Trifolium pratense*.

Mezcla 2 (D). 10 kg Ration + 10 kg Montoro + 6 kg *Trifolium pratense*.

En la figura No. 4 se observa el diseño experimental donde se detallan los tres bloques y cada tratamiento, identificados con su letra correspondiente.

Figura No. 4. Diseño experimental



Fuente: adaptado de Google Earth (2021).

3.1.7 Semillas viables sembradas

Para la obtención de este valor se utiliza la dosis de siembra (g/m^2), el peso de mil semillas (g) y el porcentaje de germinación, estos dos últimos fueron medidos en laboratorio de EEMAC. A partir de estos datos se estima la cantidad de semillas viables/ m^2 para posteriormente poder calcular el porcentaje de implantación (cuadro No. 7).

Cuadro No. 7. Porcentaje de germinación, PMS, DS y semillas viables/ m^2 para los tratamientos puros (1 y 2)

	Germinación (%)	PMS (g)	DS (g/m^2)	Semillas viables/ m^2
Puro 1 y 2	83	3,17	2	524

3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

En implantación se midió en el campo, para los tratamientos de raigrás puro (1 y 2) el número de plantas, altura de las plantas, macollos por planta, la composición botánica (porcentaje de especie sembrada y malezas) y el porcentaje de suelo descubierto; y en el laboratorio el peso seco de los macollos.

Las determinaciones a campo se realizaban mediante un marco rectangular de 0,2 m x 0,5 m con un área de 0,1 m².

La primera medición se realizó el 9/07/2020 (42 dps), se ubicaron 30 sitios de muestreo al azar, que fueron marcados con estacas, colocando 5 en cada unidad experimental y se comenzaron los conteos a campo de las variables anteriormente mencionadas. Luego se extraían macollos al azar para llevarlos al laboratorio y medir el peso fresco y seco de los mismos.

Este mismo procedimiento se realizó en dos oportunidades más, el 27/07/2020 (60 dps) y el 8/08/2020 (72 dps).

La metodología utilizada durante el experimento realizado, en cuanto a la producción primaria fue medir la producción de forraje de las pasturas sembradas, a través de mediciones de altura y peso seco de las mismas. Además se tomaron medidas de % de gramíneas, % de leguminosas, % de suelo descubierto y % de malezas determinando así la composición botánica.

3.2.1 VARIABLES EVALUADAS

3.2.1.1 Porcentaje de implantación

El porcentaje de implantación se calculó como la proporción de plantas que fueron cuantificadas a campo (en el rectángulo de medición de 0,1 m²) en relación con la cantidad de semillas viables que se utilizaron. Para realizar este cálculo se utilizó el número de plantas contadas a campo y la información del porcentaje de germinación, el peso de mil semillas y las dosis de siembra con las que se calculó el número de semillas viables por m².

3.2.1.2 Número de plantas/m²

Esta variable fue cuantificada a campo utilizando rectángulos de medición de 0,2 x 0,5 m que se ubicaban en las 30 cuadros fijos al azar definidas al principio del experimento para contabilizar las plantas por metro lineal y luego se estimó en el m².

3.2.1.3 Macollos/planta

Esta variable fue evaluada a campo, se contó el número de macollos de 5 plantas de raigrás por parcelas para llegar a un número promedio para cada tratamiento en cada medición.

3.2.1.4 Peso fresco y peso seco de macollos

Se utilizó una balanza para obtener los pesos frescos individuales en gramos de cada macollo. Se colocaron los mismos extraídos del campo en la estufa de circulación forzada de aire a 60° por 48 horas para obtener el peso de la materia seca en gramos.

3.2.1.5 Forraje disponible y remanente

Se denominó como forraje disponible al forraje obtenido en el campo en el momento de ingreso de los animales a pastoreo, expresado en kg MS/ha. Luego del correspondiente pastoreo y salida de los animales, quedara una cantidad menor de forraje la cual no se utilizó y este es llamado remanente o no utilizada expresada en kg MS/ha.

Para la medición de estas variables se utilizó la técnica descrita por Hammeleers (1996), en el cual se utilizó una escala de 10 estratos mediante observación visual asignando el estrato número 1 a la parte de la parcela que había menor cantidad de forraje y el estrato número 10 a la parte de la parcela con mayor cantidad de forraje y así sucesivamente hasta cubrir todos los estratos de la escala. Dichos estratos fueron asignados por altura de forraje dentro del rectángulo en el cual se hizo un promedio de 3 alturas realizadas dentro del mismo. El procedimiento antes mencionado fue empleado para forraje disponible y remanente.

Cada uno de los 10 estratos se lo ubicaba y se los cortaba al ras del suelo con una trincheta, referenciados en el mismo rectángulo que se utilizó en la parte de implantación, cada muestra se la identificaba con una altura en particular y su respectivo estrato. Luego eran llevados al laboratorio para realizar su peso fresco, para cuantificar la producción de materia seca se ubicaban las muestras en estufas de circulación de aire forzadas a unos 60 °C durante 48 horas, luego se retiran y se realiza su peso para determinar el peso seco de la muestra. Para finalizar con el ajuste de una ecuación de regresión que determina la relación funcional entre kg MS y altura de la pastura, sustituyéndose la x del b de la ecuación, por la altura promedio (que se describe en el punto siguiente).

Todo lo antes mencionado se realiza luego de cada ciclo de pastoreo ya que la estructura de la pastura va cambiando luego de cada ciclo. Cabe destacar que este procedimiento se realizó tanto para las mezclas de gramíneas con leguminosas como también para el caso de las gramíneas puras, debido a que son pasturas diferentes. Por lo

tanto, se generaron 10 estratos para los tratamientos puros y 10 para los tratamientos mezcla.

3.2.1.6 Altura de forraje disponible y remanente

Para llevar a cabo la medición de altura de forraje, en ambos casos lo que se hizo fue recorrer la parcela y aleatoriamente ubicar la regla y medir la altura del forraje en el punto elegido que hiciera contacto con una hoja verde (Barthram, 1986), se realizaron 15 mediciones para cada tratamiento y para cada uno de los bloques a medida que se iba avanzando en el consumo de cada parcela. Luego promediando estas 15 mediciones se calculaba la altura promedio de dicha parcela.

3.2.1.7 Producción de forraje

Este punto fue calculado mediante la utilización de mediciones y por diferencia entre forraje disponible y el forraje remanente del pastoreo anterior visualizado en el campo luego de cada pastoreo en cada tratamiento, además a estos datos se le debe ajustar por la tasa de crecimiento diaria de la pastura durante el periodo de pastoreo (Campbell, 1966). Como resultado a esto se obtendrá producción de forraje expresado en kg de materia seca por hectárea.

3.2.1.8 Tasa de crecimiento

Es la cantidad de materia seca que se produce por día (kg/ha/día) en el período entre dos pastoreos. Es calculada como la diferencia entre la cantidad de materia seca que hay disponible previo al ingreso a pastoreo y la cantidad de materia seca del remanente del pastoreo anterior, resultado que se divide entre los días en que dicha pastura no fue pastoreada.

3.2.1.9 Composición botánica

Indica la proporción que ocupa cada especie de gramínea, leguminosas y malezas dentro del rectángulo utilizado en el trabajo práctico, también se determinó el porcentaje de suelo descubierto existente. El mencionado parámetro fue calculado a través del método propuesto por Brown (1954), por apreciación visual, también se realizaron 15 medidas en cada tratamiento o parcelas.

3.2.1.10 Materia seca desaparecida

Diferencia que existe entre el forraje disponible, ajustado por la tasa de crecimiento y el forraje remanente, esto, indica una aproximación de la cantidad de materia seca consumida por los animales en pastoreo (Campbell, 1966).

3.3 HIPÓTESIS

3.3.1 Hipótesis biológica

Como hipótesis principal se plantea que las diferentes alternativas estudiadas van a presentar diferencias en cuanto a la producción total de forraje.

El rastreo de soja causa un efecto en las variables de implantación de *Lolium multiflorum*.

Las diferencias en composición botánica llevan a cambios en la producción de forraje debido a las diferentes tasas de crecimiento de las especies.

3.3.2 Hipótesis estadístico

Ho: $T1=T2=T3=T4=0$

Ha: existe algún efecto relativo de un tratamiento distinto de cero.

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Mediante el uso de la herramienta informática INFOSTAT se determinó el análisis de varianza entre tratamientos. Para el caso que exista diferencias entre ellos la misma se estudiará a través de un análisis comparativo de medias Túkey con una probabilidad de 10%. También se utilizaron contrastes ortogonales, comparando medias entre tratamientos mezcla vs. puros.

Para el caso de implantación de *Lolium multiflorum*, se analiza observando para cada variable el p-valor con la covariable rendimiento de soja.

3.4.1 Modelo estadístico

El modelo utilizado para realizar el trabajo es un modelo lineal general.

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + E(a) + \alpha_k + t_i \times \alpha_k + \xi_{ijk}$$

Siendo estas:

- Y = corresponde a la variable de interés.
- μ = es la media general.
- t_i = es el efecto de la i -ésimo tratamiento, 1 2 3 4.
- B_j = es el efecto del j -ésimo bloque, 1 2 3.
- $E(a)$ = error calculado como interacción bloque por tratamiento
- α_k = es el efecto del z -ésimo momento, 1 2 3.
- $t_i \times \alpha_k$ = es el efecto de la i -ésimo tratamiento en el z -ésimo momento
- ξ_{ijk} = es el error experimental.

A continuación se presentan los contrastes ortogonales al efecto de los tratamientos.

¿Hay efectos según el tipo de pastura utilizada?

H_0 : no hay efectos en el tipo de pastura

H_a : si hay efectos en el tipo de pasturas

$H_0: \tau_{\text{puros}} = \tau_{\text{mezcla}} \Leftrightarrow H_0: \tau_{\text{puros}} - \tau_{\text{mezclas}} = 0$

$H_a: \tau_{\text{puros}} \neq \tau_{\text{mezclas}} \Leftrightarrow H_0: \tau_{\text{puros}} - \tau_{\text{mezclas}} \neq 0$

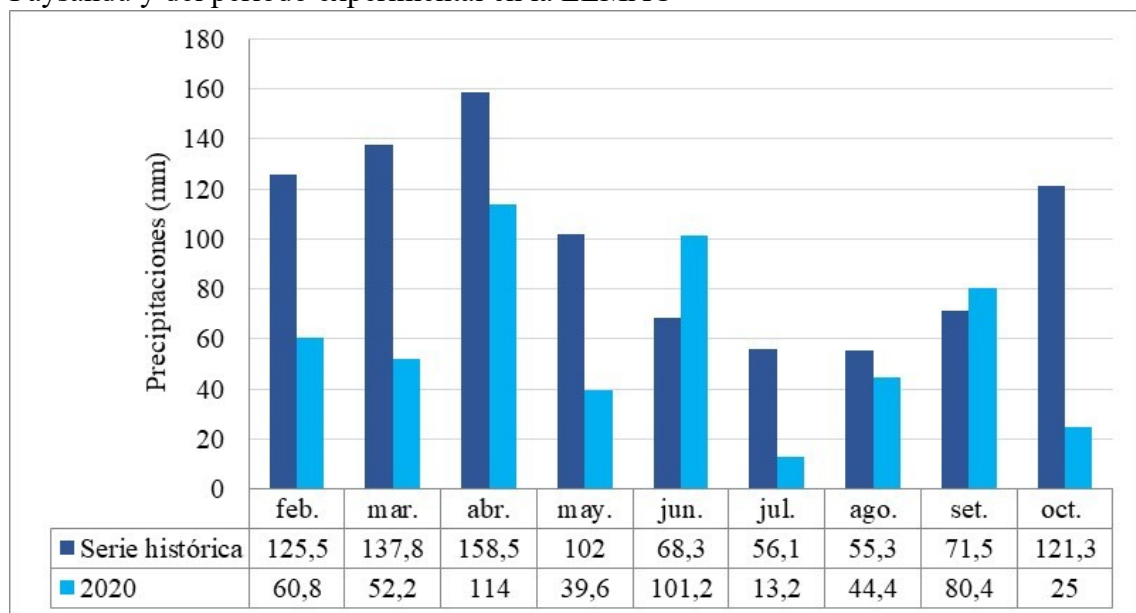
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

El análisis climático tiene gran importancia a la hora de realizar una interpretación más acertada de los resultados, este permite determinar si el clima del año en estudio se comporta de manera similar a la tendencia histórica o si se presenta algún evento atípico que sea relevante para el experimento.

La temperatura y las precipitaciones interaccionando con las características propias de cada especie son factores de gran relevancia para la implantación y producción de las pasturas cultivadas, por lo que en la siguiente figura se contrasta los datos de precipitaciones del año en estudio obtenidos de la estación agroclimática de la EEMAC con los datos promedio de una serie histórica para Paysandú (1980-2009).

Figura No. 5. Precipitaciones medias mensuales para serie histórica 1980-2009 de Paysandú y del período experimental en la EEMAC



Fuente: elaborado en base a Castaño et al. (2011), UdelaR. FA. EEMAC (2020).

Si se toma el período de estudio del experimento (mayo a octubre) según la serie histórica se esperarían precipitaciones acumuladas de aproximadamente 474 mm. En el año de evaluación se registraron 304 mm por lo que se generó una diferencia negativa de 170 mm.

Las pasturas puras de *Lolium multiflorum* se sembraron el 27 de mayo, mes en que las precipitaciones estuvieron por debajo de la serie histórica, aunque se supone que el rastrojo de soja favoreció la infiltración y acumulación de agua en el suelo en dicho período. Para el mes de junio las precipitaciones se encuentran por encima del promedio histórico, factor determinante para una buena imbibición y germinación de la semilla. Según Carámbula (2002) si se pretende conseguir una exitosa implantación las precipitaciones posteriores a la siembra combinadas con temperaturas adecuadas u óptimas son de gran importancia.

Luego se observa en el mes de julio bajas precipitaciones (13 mm) muy por debajo de la serie histórica y según el balance hídrico del anexo No.1 el suelo se encuentra por debajo de su máxima CAAD (86 mm), por lo que esto podría afectar la emergencia y establecimiento ya que en las primeras etapas del desarrollo de la pastura el sistema radicular es limitado y no ha explorado gran volumen de suelo, imposibilitando que las plantas accedan fácilmente al agua disponible en el suelo acumulada en profundidad.

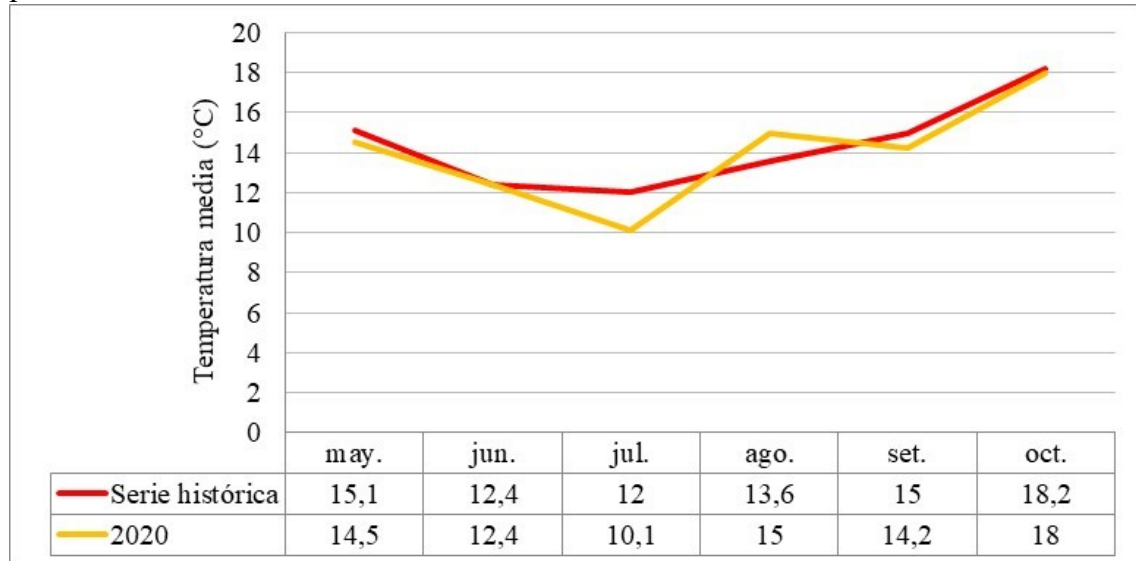
El exceso hídrico ocurrido en el mes de junio pudo haber afectado negativamente la producción de la pastura mezcla de segundo año, especialmente al componente trébol rojo ya que, según Carámbula (2002) estas condiciones favorecen la aparición de enfermedades de raíz y corona en esta especie.

La producción de forraje tanto para los tratamientos mezclas como puros se evaluó en los meses de agosto, setiembre y octubre. En este período las precipitaciones acumuladas (150 mm) estuvieron casi 100 mm por debajo de las precipitaciones acumuladas de la serie histórica (248 mm), esto pudo haber repercutido en la tasa de crecimiento y en la producción acumulada de las pasturas.

En el balance hídrico mensual (anexo No. 1), se relacionan precipitaciones, evapotranspiración y capacidad de almacenaje de agua disponible. Para el caso de este experimento se asume una capacidad de almacenar agua de 86 mm debido a que los suelos de la unidad San Manuel según Molfino y Califra (2001) se clasifican como clase media de agua potencialmente disponible neta. En dicho balance se observa que el suelo viene almacenando agua del verano, en los meses de febrero, marzo y abril la evapotranspiración potencial supera a las precipitaciones generando que se reduzca el almacenaje. En mayo las precipitaciones pasan a superar a la ETP haciendo que el perfil de suelo se sature de agua y en junio continúa esta tendencia debido a que, como ya se señaló, la cantidad de precipitaciones alcanzada (101 mm) fue muy alta. En julio las precipitaciones fueron bajas observándose una variación negativa del almacenaje.

A continuación, se presentan los valores de temperatura media para el periodo en estudio (mayo a octubre) de la estación agroclimática de la EEMAC en comparación con el promedio históricos para Paysandú (1980-2009).

Figura No. 6. Promedios de temperatura media para la serie histórica 1980-2009 y del período de estudio en la EEMAC



Fuente: elaborado en base a Castaño et al. (2011), UdelaR. FA. EEMAC (2020).

La temperatura influye directamente sobre la velocidad de cualquier proceso biológico, en general actúa deprimiendo o acelerando la implantación y el crecimiento de las plantas.

Según Carámbula (2002) la mayoría de las especies presentan diferentes rangos de temperatura óptima, el trébol y las gramíneas anuales pueden germinar a menores temperaturas en invierno, mientras que gramíneas perennes y leguminosas de verano son más sensibles a las bajas temperaturas. El rango óptimo de temperaturas para el crecimiento de especies C3 es de 15-20 °C. En junio, julio y setiembre la temperatura media del año de evaluación se encuentra por debajo de la temperatura media de la serie histórica. En los meses anteriormente mencionados no se dieron temperaturas óptimas para las especies utilizadas, sin embargo, en los meses de agosto y octubre las temperaturas si fueron óptimas para el crecimiento.

4.2 IMPLANTACIÓN DE *Lolium multiflorum* CON COVARIABLE RENDIMIENTO DE SOJA

4.2.1 Parámetros de la implantación de *Lolium multiflorum*

A continuación, se analizan los parámetros que determinan la implantación de *Lolium multiflorum* y las posibles variables climáticas y de manejo que los afectan.

Cuadro No. 8. Parámetros de implantación de *Lolium multiflorum* según tratamiento y efecto de la covariable rastrojo de soja

	No. de plantas (pl./m ²)	Altura (cm)	No. de macollos (mac./planta)	PS de macollos (g)
	p - valor covariable rastrojo de soja			
	0,0022	0,0825	0,5381	0,7340
	Medias de los tratamientos según Túkey			
Puro 1	268 A	16 A	5,11 A	0,68 A
Puro 2	258 A	16 A	5,11 A	1,08 A

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

Entre tratamientos (Puro 1 vs. Puro 2) no hay diferencias significativas en ninguna de las variables evaluadas, esto se explica debido a que en el experimento se utilizaron, para ambos tratamientos la misma especie y cultivar, misma fecha y densidad de siembra, mismo lugar de evaluación sin variación de suelo y clima y el mismo manejo en cuanto a fertilización y control de malezas.

Para el número de macollos/planta y el peso seco/macollo no hubo un efecto del rastrojo de soja, esto se afirma ya que el p-valor con la covariable rastrojo de soja es mayor a 0,10. Sin embargo, el rastrojo de soja causa un efecto positivo en las variables número de plantas/m² y altura de planta observando un p-valor con la covariable rendimiento de soja menor a 0,10.

Este efecto positivo del rastrojo anteriormente mencionado puede ser explicado por varios motivos, uno de ellos es que, según Martino (1997) los suelos que están bajo sistemas de producción de cero laboreo, presentan mayores contenidos de humedad que los suelos bajo laboreo, explicado por una mayor infiltración de agua, por una disminución del escurrimiento superficial y por una menor pérdida por evaporación. Esto favorecería a la imbibición y posterior germinación de la semilla.

Los rastrojos afectan las propiedades físicas del suelo aumentando los macroporos, disminuyendo la densidad aparente y mejorando la agregación de este, condicionando el crecimiento de las plantas y determinando un ambiente propicio para un buen desarrollo radical.

Otra explicación podría ser que las cantidades de nutrientes, especialmente nitrógeno, aumenten luego de la descomposición del rastrojo (alta mineralización y baja inmovilización), ya que según Doran et al. (1986) el rastrojo de soja tiene la particularidad de tener una relación C/N relativamente baja, aproximadamente entre 42-45/1 y presenta cantidades de rastrojo bastante menores respecto a otros cultivos determinando que la degradación total y la liberación de nutrientes sea bastante rápida.

4.2.2 Porcentaje de implantación de *Lolium multiflorum*

Luego de evaluar las variables que determinan la implantación y el efecto del rastrojo de soja sobre estas, se procede a discutir los porcentajes de implantación obtenidos en el experimento.

Cuadro No. 9. Porcentaje de implantación de *Lolium multiflorum* 72 días post siembra

	Implantación (%)
Puro 1	51
Puro 2	49

Estos resultados están dentro del promedio nacional según lo estudiado por García-Favre et al. (2017). La acumulación de agua positiva en suelo durante los meses de mayo, junio y julio, que permitió la imbibición de la semilla en agua, permitiendo la posterior germinación.

La ventaja de utilizar el cultivar Montoro podría explicarse debido a su ploidía que determina un mayor peso de semilla, según Carámbula (1977), cuanto mayor es el peso de mil semillas mayor es la extensión del coleoptile, por lo que aseguraría una emergencia más rápida.

También Carámbula (2002) sostiene que raigrás presenta un rápido desdoblamiento del almidón, contribuyendo de forma positiva con la germinación.

4.2.3 Composición botánica y suelo descubierto en la implantación de *Lolium multiflorum*

Cuando se hace referencia a la composición botánica se tienen en cuenta el % de especie sembrada y % de malezas. A su vez en este punto se hablará del % de suelo descubierto durante el periodo de implantación de *Lolium multiflorum*.

Cuadro No. 10. Composición botánica y suelo descubierto según tratamiento y efecto de la covariable rastrojo de soja 72 días post siembra

	% Especie sembrada	% Malezas	% Suelo descubierto
	p - valor con covariable rastrojo de soja		
	0,0063	0,0063	0,1256
	Medias de los tratamientos según Túkey		
Puro 1	79 A	21 A	15 A
Puro 2	78 A	22 A	15 A

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

Al igual que para las variables de implantación y el % de implantación no hay diferencias significativas entre tratamientos por lo anteriormente mencionado. Pero, al analizar el % de especie sembrada y % de malezas se observa que el p-valor con la covariable rastrojo de soja es menor a 0,10 por lo tanto el rastrojo causa un efecto en estas dos variables, no así en el % de suelo descubierto (p-valor mayor a 0,10).

Los efectos del rastrojo a través del sombreado (baja relación rojo/rojo lejano), efectos alelopáticos y la barrera física que este implica, serían los factores determinantes de los cambios en las poblaciones de malezas en estos sistemas. Al mantener bajos los niveles de malezas, la especie sembrada tiene menos competencia por luz, nutrientes y agua favoreciendo el crecimiento y desarrollo de esta.

Respecto al enmalezamiento, cabe aclarar que la pastura ejerció una buena competencia frente a las malezas ya que las gramíneas anuales como el *Lolium multiflorum* presentan alto vigor inicial, además de que se realizó un efectivo control químico.

4.3 PARÁMETROS DE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS PASTURAS

4.3.1 Disponible y altura del disponible, remanente y altura del remanente y materia seca desaparecida

En el cuadro No. 11 se presentan las medias en kg/ha de MS de disponible y remanente junto a la altura promedio de la pastura y la materia seca desaparecida para cada uno de los tratamientos evaluados en el experimento. También se muestra el p-valor de los contrastes ortogonales para cada una de las variables.

Cuadro No. 11. Disponible y altura del disponible, remanente y altura del remanente y desaparecido según tratamiento

	Disp. (kg/ha)	AltD. (cm)	Rem. (kg/ha)	AltR. (cm)	MSdes. (kg/ha)
	p - valor de los contrastes ortogonales				
Mezclas vs. puros	0,0011	0,0688	0,0045	0,8592	0,0002
	Medias de los tratamientos según Túkey				
Mezcla 1	2257 A	16 A	385 B	7 A	2108 A
Mezcla 2	2140 AB	15 A	345 B	6 A	2031 A
Puro 1	1864 BC	18 A	587 A	7 A	1454 B
Puro 2	1739 C	17 A	510 AB	6 A	1396 B

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

Analizando los valores de disponible, para los distintos tratamientos se observa que, los tratamientos mezclas tienen mayor disponible, detectándose diferencias significativas solo para la mezcla 1, esto se debe a que ni las gramíneas solas ni las leguminosas puras proveen una buena pastura y por consiguiente con la mezcla de ambas especies, estas se complementan aumentando la productividad de la pastura, concordando con lo expresado por Carámbula (2002).

En cuanto al remanente hay diferencias a favor de los tratamientos puros, aunque estos presentan menor disponible, encontrándose diferencia estadísticamente significativa para el tratamiento puro 1. Esta diferencia esta explicada por una mayor cantidad de materia seca desaparecida en los tratamientos mezcla debido al mayor valor nutritivo de la leguminosa, ofreciéndole al animal un forraje de mejor calidad y mayor digestibilidad que aumenta la palatabilidad en relación a los tratamientos puros de gramínea. Además, es importante mencionar que la cantidad de días de pastoreo entre los tratamientos y el peso de los animales son similares.

Al observar la altura del forraje disponible no se observan diferencias significativas para los tratamientos según Túkey, pero al analizar los contrastes ortogonales se aprecia que el promedio de los tratamientos puros es superior al promedio de los tratamientos mezcla (p-valor menor a 0,10). Diferente es el caso para la variable altura del forraje remanente ya que no se encuentran diferencias significativas entre tratamientos ni en Túkey ni en los contrastes ortogonales (p-valor mayor a 0,10).

4.3.2 Producción acumulada de forraje y tasa de crecimiento

En el siguiente cuadro se presentan los valores de producción de forraje acumulada y las tasas de crecimiento de las pasturas en cada tratamiento evaluado.

Cuadro No. 12. Producción acumulada y tasa de crecimiento según tratamiento

	Producción	TC

	(kg MS/ha)	(kg MS/ha/día)
	p - valor de los contrastes ortogonales	
Mezclas vs. puros	0,0007	0,0003
	Medias de los tratamientos según Túkey	
Mezcla 1	7479 A	55 A
Mezcla 2	7127 A	53 A
Puro 1	6124 B	40 B
Puro 2	5718 B	39 B

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

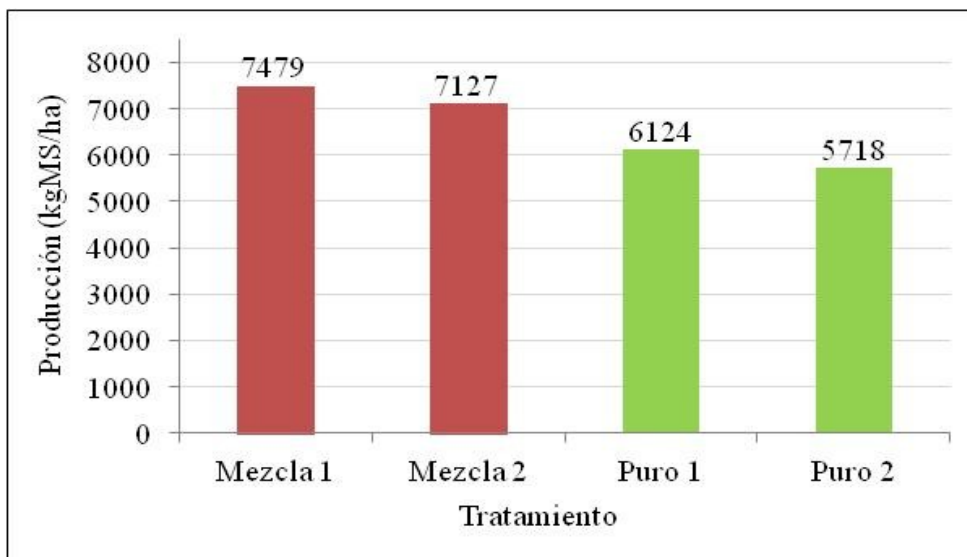
Observando los resultados se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para la producción acumulada de forraje. Los tratamientos mezcla producen mayor cantidad de forraje que los puros, esto puede explicarse porque las mezclas al ser de segundo año tiene más facilidad de absorber agua por tener mayor desarrollo radicular y hacer un mejor uso de la radiación ya que el raigrás tiene un año menos y sufrió el proceso de implantación más recientemente. La mezcla utiliza mejor el ambiente y/o lo sufre menos porque ya viene implantada del año anterior.

Sin embargo, otra diferencia entre los tratamientos que refleja la superioridad productiva de los mezclas sobre los puros, es que, mientras los primeros fueron sembrados en fecha optima (2 de abril), los segundos se sembraron en una fecha tardía (27 de mayo) debido a la situación sanitaria que atravesaba el país. En cuanto a la fecha de siembra, Zanoniani (2010) establece que es el factor de mayor importancia para lograr una buena producción y utilización del forraje. Su relevancia se basa en la dependencia de las plantas a los factores climáticos, que son temperatura, intensidad de luz y balance hídrico, y a su variación según la época del año. Esto también coincide con lo mencionado por Millot et al. (1987) quienes afirman que al cambiar la época de siembra de la pastura, se altera el microambiente en el cual se desarrollan las plantas.

De acuerdo con Carámbula (2008), las siembras tardías a diferencia de las tempranas, presentan una peor implantación y una menor precocidad debido a que logran una menor población de plántulas, teniendo éstas a su vez menor vigor. Este comportamiento es explicado por menor porcentaje de germinación, un lento crecimiento de las plántulas, menor desarrollo radicular y como consecuencia una menor resistencia a la sequía, uso menos eficiente de los nutrientes y entrega más tardía de forraje.

Como se observa en el cuadro anterior, la tasa de crecimiento en los tratamientos mezcla es significativamente mayor que los puros, esto está relacionado a lo mencionado anteriormente, ya que las mezclas al tener un año más de vida que los puros, son más eficientes en el uso de los recursos.

Figura No. 7. Producción de forraje acumulada según tratamiento



La producción acumulada promedio de los tratamientos puros fue comparada con la producción del mismo cultivar de la evaluación INIA e INASE (2016), la cual se observa en el cuadro No. 13.

Cuadro No. 13. Producción acumulada en evaluación nacional de cultivares por INIA-INASE y la producción acumulada promedio del experimento para *Lolium multiflorum* cultivar Montoro

Cultivar	Producción según INIA - INASE (kg/ha)	Producción acumulada promedio del experimento (kg/ha)
EXP MO 2016	10705	5921

Como se puede observar en el cuadro No. 13 el cultivar en el experimento estuvo por debajo de las producciones obtenidas en INIA e INASE (2016), esta diferencia podría estar explicada por la forma de medir la producción, la cual INIA-INASE la mide bajo cortes y en este experimento se midió la producción de forraje bajo pastoreo, lo cual de acuerdo con la bibliografía consultada López (1987), trae consigo efectos del pastoreo como por ejemplo daños mecánicos por pisoteo a la planta lo cual produce una mayor mortandad de estas, esto se agrava cuando el pastoreo se da luego de un lluvia. Al realizar corte estos efectos desaparecen y se pueden dar una mayor producción, como en el caso de la medida por INIA e INASE.

Sin embargo, esta gran diferencia en cuanto a producido en los resultados de INIA e INASE (2016) con los obtenidos en el experimento principalmente se debe a que, como se mencionó anteriormente, los tratamientos del experimento fueron sembrados en fecha tardía, factor fundamental del rendimiento de una pradera. Esta siembra tarde provoca consecuencias negativas ya mencionadas, provocando que el *Lolium multiflorum* tenga menos ciclos de pastoreo disminuyendo la producción total.

Cuadro No. 14. Producción acumulada estacional otoño invierno primavera de trébol rojo más raigrás de segundo año y la producción acumulada promedio del experimento para los tratamientos mezcla

Producción acumulada estacional otoño invierno primavera (kg/ha)	Producción acumulada promedio del experimento (kg/ha)
7400	7303

La diferencia en cuanto a producción de la pradera mezcla de segundo año en el experimento con la producción estacional en el segundo año de García y Leborgne (2009) es apenas de 97 kg/ha inferior, esta similitud entre producciones puede deberse a que las condiciones del experimento realizado en 2009 fueron similares a las de este experimento. También se supone que, aunque no fueron los mismos materiales genéticos que se utilizaron, estos se comportaron de forma similar en los diferentes años evaluados. La fecha de comienzo de barbecho para el cultivo sucesor (07/11/2020) también tuvo efectos en la comparación de producción acumulada de forraje, debido a que el inicio del barbecho fue sobre un material presente de 1500 kgMS/ha promedio para los tratamientos con una tasa de crecimiento de 65 kgMS/ha/día.

4.3.3 Producción promedio de forraje y tasa de crecimiento promedio

A continuación, en la figura No. 8 se presenta la tasa de crecimiento promedio y la producción promedio en los diferentes ciclos de pastoreo.

Figura No. 8. Producción promedio y tasa de crecimiento según ciclo de pastoreo



Observando la figura No. 8 la tasa de crecimiento promedio varía entre ciclos de pastoreo, pero la producción promedio no presenta diferencias significativas, esto se debe a que en el ciclo de pastoreo 1 la pastura crece a menor tasa durante 50 días, mientras que en los ciclos 2 y 3 ésta presenta el doble de tasa de crecimiento pero en menor tiempo (30 días).

La tasa de crecimiento promedio de las pasturas presenta diferencias significativas entre el ciclo de pastoreo 1 y los otros dos ciclos posteriores. La menor tasa del ciclo 1 se explica debido a que ocurre en invierno (agosto) presentando bajas temperaturas, acompañadas de precipitaciones medias en el año en estudio por debajo de las precipitaciones medias de la serie histórica. Los ciclos posteriores (2 y 3) tienen una mayor tasa de crecimiento debido a que estos ocurrieron en primavera temprana (setiembre) y primavera tardía (octubre) respectivamente, presentando en estos momentos condiciones de temperatura y humedad que repercuten de forma positiva en el crecimiento de las plantas, concordando con lo expresado por Colabelli et al. (1998), Azanza et al. (2004).

4.4 COMPOSICIÓN BOTÁNICA

Cuando se hace referencia a la composición botánica de la pastura se tienen en cuenta el % de gramíneas, % de leguminosas y % de malezas. A su vez en este punto se analizará el % de suelo descubierto. Estas medidas fueron tomadas tanto al medir disponible como al medir remanente.

4.4.1 Composición botánica del forraje disponible

En el siguiente cuadro se detalla la composición botánica y % de suelo descubierto al medir disponible para los tratamientos evaluados.

Cuadro No. 15. Composición botánica y suelo descubierto del disponible según tratamiento

Tratamiento	Gramíneas (%)	Leguminosas (%)	Malezas (%)	Suelo descubierto (%)
Mezcla 1	22 B	66 B	12 A	12 A
Mezcla 2	13 B	78 A	10 A	6 A
Puro 1	85 A	2 C	13 A	6 A
Puro 2	87 A	0 C	13 A	5 A

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

Al hacer referencia a los porcentajes de los componentes gramíneas y leguminosas evaluándolos entre tratamientos, se observó que hubo diferencias significativas, mayor % de gramíneas en los tratamientos puros con respecto a los mezcla, lo que era esperable, debido a los componentes utilizados para cada tratamiento. En cuanto al % leguminosa, ocurrió lo contrario, fue mayor, con diferencia estadística a favor de los tratamientos mezclas, lo cual también era de esperar ya que, como se mencionó anteriormente, en estos tratamientos se sembró *Trifolium pratense* y la gramínea acompañante es anual.

Según Carámbula (2002), el propósito de instalar una pastura es lograr un balance entre gramíneas y leguminosas, se acepta una composición de 60 a 70 % de gramíneas, 20 a 30 % de leguminosas y 10 % de malezas. Al observar la composición de los tratamientos mezcla, las proporciones no se encuentran dentro de los rangos mencionados por el autor, esto ocurre debido a que es el segundo año de evaluación de las mezclas y el componente gramínea surge de la resiembra natural de *Lolium multiflorum*, justificando el bajo porcentaje de este componente en la mezcla.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en el % de malezas y % de suelo descubierto y los valores de ambos componentes fueron bajos. Esto puede explicarse por una buena competencia de las pasturas (puros y mezclas) contra las malezas para ocupar el suelo y competir por los recursos (radiación, agua y nutrientes). También como se mencionó anteriormente se hizo un buen control químico de malezas para mantener bajos los valores de estas.

La evolución de la composición botánica y % de suelo descubierto del forraje disponible a medida que transcurrían los distintos ciclos de pastoreo se presentan en el cuadro No. 16.

Cuadro No. 16. Composición botánica y suelo descubierto del forraje disponible según ciclo de pastoreo

Ciclo de pastoreo	Gramíneas (%)	Leguminosas (%)	Malezas (%)	Suelo descubierto (%)
1	43 B	44 A	12 A	3 B
2	53 A	31 B	12 A	8 A
3	55 A	34 B	11 A	11 A

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

A diferencia del ciclo 1, para los ciclos de pastoreo 2 y 3 las gramíneas superan a las leguminosas. Se supone que este aumento del componente gramínea se explica por las altas precipitaciones en setiembre (ciclo 2) en el año de evaluación que superan al promedio de precipitaciones de la serie histórica, favoreciendo el crecimiento de estas, pero a su vez afectaron negativamente al componente leguminosa ya que estas condiciones ambientales favorecen la aparición de enfermedades de raíz y corona en *Trifolium pratense*.

Observando la variación del % de suelo descubierto entre los diferentes ciclos, se aprecia diferencias significativas entre el ciclo 1 y los siguientes dos ciclos. El mayor % de suelo descubierto en el ciclo 2 y 3 ocurre debido al pisoteo y arrancado de plantas por los terneros disminuyendo el stand de las mismas.

4.4.2 Composición botánica del forraje remanente

En el siguiente cuadro se muestra la composición botánica y % de suelo descubierto al medir remanente para los tratamientos evaluados.

Cuadro No. 17. Composición botánica y suelo descubierto del remanente según tratamiento

Tratamiento	Gramíneas (%)	Leguminosas (%)	Malezas (%)	Suelo descubierto (%)
Mezcla 1	35 B	53 A	22 A	24 A
Mezcla 2	24 B	44 A	21 A	24 A
Puro 1	75 A	5 B	20 A	23 A
Puro 2	72 A	3 B	25 A	21 A

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

Como fue mencionado anteriormente al analizar la composición botánica del disponible, los tratamientos mezcla presentaron mayor porcentaje de leguminosa ya que

esta fue sembrada mientras que dentro de los tratamientos mezcla el % de gramíneas surge de una resiembra natural. Todo lo contrario pasa en tratamientos puros, donde la única especie que se sembró fue una gramínea, mientras que el % de leguminosas se considera como espontaneo.

En cuanto a malezas y suelo descubierto, no se observan diferencias significativas entre tratamientos en el forraje remanente, pero al comparar estos valores con los valores del forraje disponible, se observa un aumento de estas variables. El aumento de suelo descubierto podría deberse a la remoción del material verde debido al pastoreo y pisoteo, trayendo como consecuencia un aumento del % de malezas por la menor competencia de la pastura, facilitando la llegada de luz al suelo.

La evolución de la composición botánica y % de suelo descubierto del forraje remanente a medida que transcurrían los distintos ciclos de pastoreo se presentan en el cuadro No. 18.

Cuadro No. 18. Composición botánica y suelo descubierto del remanente según ciclo de pastoreo

Ciclo de pastoreo	Gramíneas (%)	Leguminosas (%)	Malezas (%)	Suelo desnudo (%)
1	33 B	38 A	28 A	14 B
2	57 A	27 A	15 B	28 A
3	58 A	32 A	10 B	26 A

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

Para el componente gramínea se observan diferencias significativas entre el ciclo 1 y los otros dos ciclos. Esto como fue mencionado cuando se analizó la composición botánica del disponible según ciclo de pastoreo, se debe a las altas precipitaciones en setiembre (ciclo 2) en el año de evaluación que superan al promedio de precipitaciones de la serie histórica, favoreciendo el crecimiento de las gramíneas.

En el ciclo 1 es significativamente mayor el % de malezas en comparación a los ciclos 2 y 3 debido a que las pasturas puras no se habían desarrollado completamente y ejercían menor competencia por recursos.

Como se mencionó anteriormente los ciclos 2 y 3 presentan mayor % de suelo desnudo debido al pisoteo y arrancado de planas por los terneros.

4.5 CONSIDERACIONES FINALES

El rastrojo de soja causa un efecto positivo sobre el número de plantas/m², altura de planta, % de especies sembradas y % de malezas, repercutiendo este efecto en el % de implantación de *Lolium multiflorum*.

En cuanto a la producción de forraje se observa que las pasturas mezclas superan significativamente a las pasturas puras.

Observando la tasa de crecimiento, esta es afectada por la composición botánica, asociándose una mayor tasa cuando está presente el componente leguminosa.

Los tratamientos mezcla presentaron mayor disponible y menor remanente que los tratamientos puros, trayendo como evidencia la mayor cantidad de materia seca desaparecida.

En cuanto a la composición botánica se observaron diferencias estadísticamente significativas en el % de leguminosas y % de gramíneas entre los tratamientos, mientras que en el % de malezas y suelo descubierto no existen diferencias significativas entre tratamientos pero si se encontraron diferencias entre ciclos de pastoreo y al comparar el disponible y el remanente.

5. CONCLUSIONES

Las alternativas de forraje que presentan gramíneas y leguminosas tienen mayor producción de forraje que las alternativas de gramínea pura.

Las variables de implantación de *Lolium multiflorum* No. de plantas/m² y altura de planta fueron afectadas por el rastrojo de soja.

La diferente tasa de crecimiento de las especies debido a las diferencias en composición botánica entre tratamientos provoca cambios en la producción total de forraje.

6. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en Universidad de la República. Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”), Paysandú, Uruguay, ubicada sobre Ruta 3 Km. 363. El experimento se encontró dentro del área perteneciente a la evaluación de pasturas bajo riego y el periodo del experimento ocupó desde julio hasta octubre de 2020. El potrero utilizado para el desarrollo del trabajo se encuentra dentro de la Unidad de Suelos San Manuel. El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones, totalizando 12 parcelas de 420 m². Los tratamientos mezcla, sembrados el 2 de abril de 2019 fueron los siguientes: *Trifolium pratense* (trébol rojo) cv. LE 116 más *Lolium multiflorum* (raigrás) cv. Montoro y cv. Ration, mientras que los tratamientos puros fueron sembrados el 27 de mayo de 2020 compuestos por raigrás cv. Montoro. El método de evaluación de implantación de los tratamientos puros fue mediante la contabilización de plantas en rectángulos de medición en 5 estacas colocadas al azar en cada uno de estos tratamientos. El objetivo del experimento fue evaluar el efecto que causa un rastrojo de soja en la implantación de *Lolium multiflorum* (raigrás). También se buscó estimar la producción de las pasturas mezcla y puras durante el periodo invernal así como evaluar la evolución de la composición botánica y suelo descubierto. El pastoreo se realizó con terneros de raza Holando, con un peso promedio de 125 kg y promedio de 3 meses de edad aproximadamente. El método de pastoreo fue rotativo, con criterio de entrada a la parcela con 15 cm en invierno y 20 cm en primavera, el criterio de salida de la parcela fue entre 5 y 7 cm de altura. En cuanto a la implantación, se observó que el rastrojo de soja causa un efecto positivo en la implantación de *Lolium multiflorum* (raigrás). Haciendo referencia a la producción de forraje acumulada se encontraron diferencias significativas entre tratamientos a favor de las mezclas, esto se explica debido a la complementariedad entre las especies y que estos tratamientos fueron sembrados en fechas óptimas mientras que los tratamientos puros fueron sembrados de forma tardía. En la composición botánica se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en el % de gramíneas y leguminosas, no así en el % malezas y suelo descubierto que sí tuvieron diferencias significativas entre ciclos de pastoreo.

Palabras clave: Implantación; Mezcla; Puro; Rastrojo de soja; Raigrás; Trébol rojo.

7. SUMMARY

The present work was carried out at the University of the Republic. Faculty of Agronomy. EEMAC (“Dr. Mario A. Cassinoni” Experimental Station), Paysandú, Uruguay, located on Route 3, km. 363. The experiment was located within the area belonging to the evaluation of pastures under irrigation and the temporal period of the experiment was from July to October 2020. The paddock used for the development of the work is located within the San Manuel Soil Unit. The experimental design was a randomized complete block design, with four treatments and three replications, totaling twelve plots of 420 m². The treatments sown the 2nd of April were the following: *Trifolium pretense* (red clover) cv. LE 116 plus *Lolium multiflorum* (ryegrass) cv. Montoro and cv. Ration, while the pure treatment were sown the 27th of May 2020, compounded by *Lolium multiflorum* (ryegrass) cv. Montoro. The method of evaluation of implantation of the pure treatments was through the accounting of plants inside of five stakes randomly collocated in each treatments. The objective of this experiment was the evaluation of the effect of the soy remainder over the implantation of *Lolium multiflorum* (ryegrass). Also to look out for the production of the blend and pure grass during winter but also to see into the evolution of the grass composition and the uncovered soil. The grazing was made by a group of Holstein calves of 125 kg and three months old. The grazing method was through rotating plots, entering to the plots with a height of the grass of 15 cm at winter and 20 at spring. While the exit of the plots was within 5 and 7 cm of height. With regard to the implantation it was shown that the soy remainder causes a positive effect to the implantation of *Lolium multiflorum* (ryegrass). Making reference to the accumulated forage produced, has been found significative differences between the treatments in favor to the blended one, this has been explained because of the complementarity among the species, and in addition to that, the pure pasture has been sown late. At botanical composition was evidenced a statistically significant differences between treatments at the % of leguminous and gramineae, but not at the % of weed and uncovered soil where has been shown a significant difference among grazing cycles.

Key words: Implantation; Mixture; Pure; Soy remainder; Ryegrass; Red clover.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Abud, M.; Gaudenti, C.; Orticochea, V.; Pigu, V. 2011. Evaluación estivo-otoñal de mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 113 p.
2. Agnusdei, M. G.; Colabelli, M. R.; Fernández Grecco, R. C. 2001. Crecimiento estacional de forraje de pasturas y pastizales naturales para el Sudeste bonaerense. INTA Balcarce. Boletín Técnico no. 152. 12 p.
3. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echeverría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t. 1, 96 p.
4. Améndola, L.; Armentano, S. 2003. Implantación y producción de especies forrajeras sobre rastrojos de cultivos de verano en sistema de siembra directa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 83 p.
5. Azanza, A.; Panissa, R.; Rodríguez, H. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 79 p.
6. Barbarossa, R. s.f. Implantación de pasturas perennes. (en línea). s.l., INTA. 3 p. Consultado 10 may. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/164-implantacion.pdf
7. Barthram, G. T. 1986. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: Alcock, M. N. ed. Biennial Report 1984-1985. Edinburgh, Hill Farming Research Organisation. pp. 29-30.
8. Balocchi, O.; Teuber, N.; Praga, J.; Demanet, R.; Anwandter, V.; Lopetegui, J.; Canseco, C.; Abarzúa, A. 2007. Crecimiento de las plantas forrajeras y su adaptación al pastoreo. (en línea). In: Manejo del pastoreo. Osorno, Chile, Consorcio Lechero. pp. 9-21. Consultado 30 may. 2021. Disponible en <https://www.consorciolechero.cl/chile/documentos/publicaciones/24junio/manejo-del-pastoreo.pdf>

9. Boggiano, P. 2000. Dinâmica da produção primaria da pastagem nativa em área de fertilidade corrigida sob efeito de adubação nitrogenada e oferta de forragem. Tesis Doctorado. Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 179 p.
10. Borges Pérez, R. 2001. Descomposición de rastrojos de trigo, soja y maíz sobre suelo en secuencia de cultivos sembrados sin laboreo con y sin rotación de pasturas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 65 p.
11. Brancato, A.; Panissa, R. J.; Rodríguez, H. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 84 p.
12. Brougham, R. W. 1956. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*. 7 (5):377-387.
13. Browning, G.; Rusell, M.; Johnston, J. 1942. The relation of cultural treatment of corn and soybeans to moisture condition and soil structure. *Soil Science Society of America Proceedings*. 7:108-113.
14. Campbell, A. 1966. Grazed pasture parameters. I. Pasture dry-matter production and availability in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cows. *The Journal of Agricultural Science*. 67 (2):199-210.
15. Carámbula, M. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, Uruguay, INIA. 47 p. (Serie Técnica no. 19).
16. _____. 2002. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 1, 357 p.
17. _____. 2003. Pasturas y forrajes: insumos, implantacion y manejo de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 2, 371 p.
18. _____. 2004. Pasturas y forrajes: manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 3, 413 p.
19. _____. 2007. Verdeos de invierno. Montevideo, Hemisferio Sur. 178 p.
20. Castaño, J. P.; Giménez, A.; Ceroni, M.; Furest, J.; Aunchayna, R.; Bidegain, M. 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2009. (en línea).

Montevideo, INIA. 34 p. (Serie Técnica. no. 193). Consultado 6 jul. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/257023619_Caracterizacion_Agroclimatica_del_Uruguay_1980-2009/link/0deec524358fd8a3e9000000/download

21. Chapman, D. F.; Lemaire G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *In*: International Grassland Congress (17th., 1993, Palmerston North). Proceedings. Palmerston North, Massey University. pp. 95-104.
22. Colabelli, M.; Agnusdei, M.; Mazzanti, A.; Labreveux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Boletín Técnico no. 148. 12 p.
23. Cullen, B. R.; Chapman, D. F.; Quigley, P. E. 2006. Comparative defoliation tolerance of temperate perennial grasses. *Grass and Forage Science*. 61 (4):405-412.
24. Davies, A. 1974. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 82 (1):165-172.
25. _____. 1988. The regrowth of grass swards. *In*: Jones, M. B.; Lazenby, A. eds. *The grass crops*. London, Chapman and Hall. pp. 85-127.
26. Deregibus, V.; Casal, J.; Jacobo, E.; Gibson, D.; Kauffman, M.; Rodríguez, A., 1994. Evidence that heavy grazing may promote the germination of *Lolium multiflorum* seeds via phytochrome-mediated perception of high red/far-red ratios. *Functional Ecology*. 8 (4):536-542.
27. Donald, C. M. 1963. Competition among crop and pasture plants. *Advances in Agronomy*. 15 (1):1-118.
28. Doran, J.; Power, J.; Wilhelm, W. 1986. Uptake of nitrogen from soil, fertilizer, and crop residues by no-till corn and soybean. *Soil Science Society of American Journal*. 50:137-141.
29. Escuder, C. 1996. Manejo de la defoliación: efecto de la carga y método de pastoreo. *In*: Cangiano, C.; Escuder, C.; Galli, J.; Gómez, P.; Rosso, O.

eds. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA Balcarce. pp. 65-83.

30. Formoso, F. A. 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 1-19 (Serie Técnica no. 80).
31. Fulkerson, W. J.; Slack, K. 1995. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*: 2. Effect of defoliation frequency and height. Grass and Forage Science. 50:16-20.
32. García-Favre, J.; Zanoniani, R.; Cadenazzi, M.; Boggiano, P. 2017. Incidencia de variables biológicas y edáficas en el establecimiento de mezclas forrajeras. (en línea). Agro Sur. 45(1):3-10. Consultado 9 abr. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.4206/agrosur.2017.v45n1-02>
33. García, J.; Leborgne, R. 2009. Presupuestación forrajera. Revista del Plan Agropecuario. no. 132:48-53.
34. Gastal, F.; Lemaire, G. 1988. Study of tall fescue sward growth under nitrogen deficiency conditions. In: General Meeting of the European Grassland Federation (12th., 1988, Dublin). Proceedings. Dublin, Wicklow. pp. 323-327.
35. Hammeleers, A. 1996. Métodos para estimar el consumo voluntario de forrajes por rumiantes en pastoreo. (en línea). Potosí, BO, s.e. pp. 151-178. Consultado 9 may. 2021. Disponible en <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08db6ed915d3cfd001b94/R6606t.pdf>
36. Harris, W.; Lazenby, A. 1974. Competitive interaction of grasses with contrasting temperature responses and water stress tolerances. Australian Journal of Agricultural Research. 25 (2):227-246.
37. _____. 1978. Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pasture. In: Wilson, J. R. ed. Plant Relations in Pastures. Melbourne, CSIRO. pp. 67-85.
38. Heitschmidt, R. K. 1987. Vegetation and cow-calf response to rotational grazing at the Texas experimental ranch. Journal of Range Management. 40 (3):216-223.

39. INIA; INASE (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY; Instituto Nacional de Semillas, UY). 2015. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras. (en línea). Montevideo. 102 p. Consultado abr. 2021. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2015/PubForrajerasPeriodo2015.pdf
40. _____.; _____. 2016. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras. (en línea). Montevideo. pp. 16-17. Consultado 25 abr. 2021. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2016/PubForrajerasPeriodo2016.pdf
41. _____. 2017. Catálogo de cultivares INIA de especies forrajeras: raigrás. (en línea). Montevideo. pp. 90-91. Consultado 25 abr. 2021. Disponible en <https://pasturas.inia.org.uy/catalogo/index.php?id=75>
42. Jones, R. J.; Griffiths, D. J.; Waite, R. B.; Fergus, I. F. 1968. The production and persistence of grazed irrigated pasture mixtures in southeastern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 8 (31):177-189.
43. Langer, R. H. M. 1981. Especies y variedades de gramíneas. *In*: Langer, R. H. M. ed. *Las pasturas y sus plantas*. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 75-97.
44. Lemaire, G.; Chapman, D. F. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. *In*: Hodgson, J.; Illius, A. W. eds. *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford, CABI. pp. 3-36.
45. López, H. 1987. Manejo de praderas: efecto del pastoreo. *IPA La Platina*. no. 43:28-29.
46. _____.; Agnusdei, M. G. 2000. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. *In*: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.; Carvalho, P. C. eds. *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. Wallingford, CABI. pp. 265-287.
47. _____. 2001. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. *In*: *International Grassland Congress (19th, San Pablo, 2001)*. Proceedings. Wageningen, Wageningen Academic Publishers. pp. 29-37.

48. Malik, M.; Stevenson, D.; Rusell, G. 1965. Water-stable aggregation in relation to various cropping rotations and soil constituents. *Canadian Journal Soil Science*. 45:189-199.
49. Martino, D. 1994. Agricultura sostenible y siembra directa. Montevideo, INIA. 26 p. (Serie Técnica no. 50).
50. _____. 1997. Siembra directa en los sistemas agrícolas ganaderos del litoral. Montevideo, INIA. 28 p. (Serie Técnica no. 82).
51. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2020. Anuario estadístico 2020 interactivo. (en línea). Montevideo. 270 p. Consultado abr. 2021. Disponible en <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2020/ANUARIO2020.pdf>
52. Millot, J. C.; Risso, D.; Methol, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.
53. Nabinger, C. 1996. Aspectos ecofisiológicos do manejo de pastagens e utilização de modelos como ferramenta de diagnóstico e indicação de necessidades de pesquisa. *In*: Reunião do Grupo Técnico em Melhoramento e Utilização de Recursos Forrageiros das Áreas Tropical e Subtropical de Cone Sul, Grupo Campos (16ª., 1996, Porto Alegre). Anais. Porto Alegre, FAO. pp. 17-62.
54. Noëll, S. 1998. Estabilidad productiva de las pasturas cultivadas. *Cangüé*. no. 12:13-18.
55. Parr, J. F.; Papendick, R. 1980. Factors affecting the decomposition of Crop Residues by Microorganisms. *In*: Oschwald, W. R. ed. *Crop Residue Management Systems*. Madison, WI, ASA. pp. 101-129.
56. Pearce, R. B.; Browing, R. H.; Blaser, R. E. 1965. Relationships between leaf area index, light interception and net photosynthesis in orchard grass. *Crop Science*. 5:553-556.
57. Pirez, L. V. 2012. Evaluación de la fertilización nitrogenada del campo natural para *Stipa setigera* Presl y *Bromus auleticus* Trinius bajo pastoreo vacuno en el período invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 137 p.

58. Purvis, C. 1990. Differential response of wheat to retained crop stubbles. I. Effect of stubble type and degree of decomposition. *Australian Journal Agricultural Research*. 41:225-242.
59. Rhodes, I. 1969. The yield, canopy structure, and light interception of two ryegrass varieties in mixed culture and monoculture. *Grass and Forage Science*. 24 (2):123-127.
60. Robinson, R. 1966. Sunflower-Soybean and grain sorghum-Corn rotations versus monoculture. *Agronomy Journal*. 58 (5):475-477.
61. Rovira, J. 2008. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 336 p.
62. Saldanha, S. 2009. Efecto de la intensidad de pastoreo sobre la estructura de una pastura de *Lolium perenne* cv. Horizon. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 97 p.
63. _____.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2010. Intensidad del pastoreo sobre la estructura de una pastura de *Lolium perenne* cv Horizon. *Agrociencia* (Uruguay). 14 (1):44-54.
64. Santiñaque, F.; Carámbula, M. 1981. Productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. *Investigaciones Agronómicas*. 2 (1):16-21.
65. Simon, J. C.; Lemaire, G. 1987. Tillering and leaf area index in grasses in the vegetative phase. *Grass and Forage Science*. 42 (4):373-380.
66. Smethan, M. L. 1981. Especies y variedades de leguminosas forrajeras. In: Langer, R. H. M. ed. *Las pasturas y sus plantas*. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 97-148.
67. Triñanes. E.; Uriarte, C. 1984. Efecto residual de rastrojos de girasol, maíz, soja y sorgo en el crecimiento y producción de trigo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 112 p.
68. Turner, N. C.; Begg, J. E. 1978. Responses of pasture plant to water deficits. In: Wilson, J. R. ed. *Plants relations in pastures*. Melbourne, CSIRO. pp. 50-66.

69. UdelaR. Fcien (Universidad de la República. Facultad de Ciencias, UY). s.f. El clima y su variabilidad en Uruguay. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 12 may. 2021. Disponible en <http://meteorologia.fcien.edu.uy/Curuguay.html>
70. Velasco, M. E.; Hernández, A.; González, V. A. 2005. Rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. Técnica Pecuaria en México. 43 (2):247-258.
71. Wilman, D.; Wright, P. T. 1983. Some affects of applied nitrogen on the growth and chemical composition of temperate grasses. Herbage Abstracts. 53:387-393.
72. Zanoniani, R. 1999. Algunas alternativas para mejorar la productividad de nuestras pasturas naturales. Cangüé. no. 15:13-17.
73. _____. 2010. Estado actual del conocimiento en producción de pasturas, brecha tecnológica. Agrociencia (Uruguay). 14 (3):26-30.
74. _____. 2014. Productividad de pasturas sembradas pastoreadas con novillos Holando. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (42^{as}., 2014, Paysandú). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 70-76.

9. ANEXOS

Anexo 1. Balance hídrico para el periodo en estudio

Fecha	P	ET	ETP	Kc	Etc	P-ETP	Alm.	Var. alm.	ETR	Def.	Exc.	P-Etc	Temp.
10/2/2020	8,8	51	51	0	0	-42,2	0	0	8,8	42,2	0	8,8	20,8
21/2/2020	52	45,9	45,6	0	0	6,2	6,2	6,2	45,9	0	0	52	25,6
30/2/2020	0	42,8	42,8	0	0	-42,8	3,7	-2,4	-2,4	45,2	0	0	23,5
10/3/2020	0	49,6	49,6	0	0	-49,6	2,1	-1,6	-1,6	51,2	0	0	25,8
21/3/2020	52,2	34,2	34,2	0	0	18	20,1	18	34,2	0	0	52,2	23
30/3/2020	0	39,9	39,9	0	0	-39,9	12,6	-7,5	-7,5	47,4	0	0	23,8
10/4/2020	15,4	36	36	0	0	-20,6	9,9	-2,7	12,7	23,2	0	15,4	17,8
21/4/2020	2,6	32,2	32,2	0	0	-29,6	7	-2,9	-0,3	32,5	0	2,6	17,2
30/4/2020	133,8	23,3	23,3	0	0	110,5	86	79	23,3	0	31,5	133,8	19,8
10/5/2020	0,2	11,9	11,9	0	0	-11,7	75	-11	-10,8	22,7	0	0,2	14,1
21/5/2020	0,6	26,6	26,6	0	0	-26	55,5	-19,6	-19	45,6	0	0,6	16,2
30/5/2020	38,8	18,6	18,6	0	0	20,2	75,7	20,2	18,6	0	0	38,8	13,2
10/6/2020	29,2	13,9	14,2	1	14,5	15	86	10,3	14,2	0	4,7	14,7	12,1
21/6/2020	33,6	15,3	15,6	1	16	18	86	0	15,6	0	18	17,6	13,6
30/6/2020	38,4	9,4	9,6	1	9,8	28,8	86	0	9,6	0	28,8	28,6	11,5
10/7/2020	1,4	12,1	12,3	1	12,6	-10,9	75,7	-10,3	-8,9	21,2	0	-11,2	8,2
21/7/2020	2,8	13,4	13,6	1	13,9	-10,8	66,8	-9	-6,2	19,8	0	-11,1	12
30/7/2020	9	19	19,3	1	19,7	-10,3	59,2	-7,6	1,4	17,9	0	-10,7	10,2
10/8/2020	4,6	29,2	29,7	1	30,3	-25,1	44,2	-15	-10,4	40,1	0	-25,7	19,2
21/8/2020	0,4	26,4	26,9	1	27,4	-26,5	32,5	-11,5	-11,3	38,2	0	-27	10
30/8/2020	39,4	26,8	27,3	1	27,9	12,1	44,5	12,1	27,3	0	0	11,5	14,2
10/9/2020	47,4	20,2	20,6	1	21	26,8	71,3	26,8	20,6	0	0	26,4	12
21/9/2020	0,2	34	34,6	1	35,3	-34,4	47,8	-23,5	-23,3	58	0	-35,1	13,5
30/9/2020	32,8	36	36,8	1	37,5	-4	45,6	-2,1	30,7	6,1	0	-4,7	16,9
10/10/2020	4,2	40,1	40,9	1	41,7	-36,7	29,8	-15,8	-11,6	52,5	0	-37,5	15
21/10/2020	4	45,1	46	1	46,9	-42	18,3	-11,5	-7,5	53,5	0	-42,9	20,4
30/10/2020	16,8	42,9	43,7	1	44,6	-26,9	13,4	-4,9	11,9	31,9	0	-27,8	18,1

Anexo 2. Número de plantas de raigrás/m² en implantación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No. plantas	18	0,96	0,92	6,79

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef.
Modelo	2178,07	8	272,26	23,94	<0,0001	
Bloque	1956,79	2	978,39	86,04	<0,0001	
Trat.	24,94	1	24,94	2,19	0,1727	

Mome.	22,80	2	11,40	1,00	0,4045	
Soja	205,09	1	205,09	18,04	0,0022	0,01
Trat.*mome.	7,02	2	3,51	0,31	0,7420	
Error	102,34	9	11,37			
Total	2280,42	17				

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=2,91403

Error: 11,3716 gl: 9

Trat.	Medias	n	E.E.	
B	50,87	9	1,12	A
C	48,51	9	1,12	A

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=4,56477

Error: 11,3716 gl: 9

Mome.	Medias	n	E.E.	
3,00	50,57	6	1,38	A
2,00	50,40	6	1,38	A
1,00	48,10	6	1,38	A

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=8,44402

Error: 11,3716 gl: 9

Trat.	Mome.	Medias	n	E.E.	
B	3,00	51,22	3	1,95	A
B	2,00	51,22	3	1,95	A
B	1,00	50,16	3	1,95	A
C	3,00	49,91	3	1,95	A
C	2,00	49,58	3	1,95	A
C	1,00	46,04	3	1,95	A

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

Anexo 3. Porcentaje de especie sembrada en implantación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Esp.sem.	18	0,82	0,66	8,30

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef.
Modelo	1745,32	8	218,16	5,15	0,0122	
Bloque	815,12	2	407,56	9,62	0,0058	
Trat.	2,49	1	2,49	0,06	0,8137	
Mome.	640,11	2	320,06	7,56	0,0119	

Soja	530,09	1	530,09	12,52	0,0063	0,02
Trat.*mome.	1,44	2	0,72	0,02	0,9831	
Error	381,13	9	42,35			
Total	2126,44	17				

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=5,62337

Error: 42,3475 gl: 9

Trat.	Medias	n	E.E.	
B	78,82	9	2,17	A
C	78,07	9	2,17	A

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=8,80889

Error: 42,3475 gl: 9

Mome.	Medias	n	E.E.	
3,00	84,50	6	2,66	A
2,00	80,50	6	2,66	A
1,00	70,33	6	2,66	B

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=16,29490

Error: 42,3475 gl: 9

Trat.	Mome.	Medias	n	E.E.	
B	3,00	84,59	3	3,76	A
C	3,00	84,41	3	3,76	A
B	2,00	81,26	3	3,76	A
C	2,00	79,74	3	3,76	A
B	1,00	70,59	3	3,76	A
C	1,00	70,07	3	3,76	A

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

Anexo 4. Porcentaje de malezas en implantación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Mal	18	0,82	0,66	30,19

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef.
Modelo	1745,32	8	218,16	5,15	0,0122	
Bloque	815,12	2	407,56	9,62	0,0058	
Trat.	2,49	1	2,49	0,06	0,8137	
Mome.	640,11	2	320,06	7,56	0,0119	
Soja	530,09	1	530,09	12,52	0,0063	-0,02

Trat.*mome.	1,44	2	0,72	0,02	0,9831
Error	381,13	9	42,35		
Total	2126,44	17			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=5,62337

Error: 42,3475 gl: 9

Trat.	Medias	n	E.E.	
C	21,93	9	2,17	A
B	21,18	9	2,17	A

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=8,80889

Error: 42,3475 gl: 9

Mome.	Medias	n	E.E.	
1,00	29,67	6	2,66	A
2,00	19,50	6	2,66	B
3,00	15,50	6	2,66	B

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=16,29490

Error: 42,3475 gl: 9

Trat.	Mome.	Medias	n	E.E.	
C	1,00	29,93	3	3,76	A
B	1,00	29,41	3	3,76	A
C	2,00	20,26	3	3,76	A
B	2,00	18,74	3	3,76	A
C	3,00	15,59	3	3,76	A
B	3,00	15,41	3	3,76	A

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

Anexo 5. Materia seca disponible y remanente

Materia seca disponible

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Disponible	36	0,77	0,33	14,48

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(error)
Modelo	3363771,14	23	146250,92	1,74	0,1591	
Trat.	1553224,08	3	517741,36	12,37	0,0056	(trat.*blo.)
Bloque	155227,39	2	77613,69	0,93	0,4230	
Trat.*blo.	251148,17	6	41858,03	0,50	0,7976	
Ciclo	26418,72	2	13209,36	0,16	0,8560	

Trat.*ciclo	426512,17	6	71085,36	0,85	0,5579
Blo.*ciclo	951240,61	4	237810,15	2,83	0,0723
Error	1006619,83	12	83884,99		
<u>Total</u>	<u>4370390,97</u>	<u>35</u>			

Contrastes ortogonales

<u>Trat.</u>	<u>Contraste</u>	<u>E.E.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor (error)</u>
Contraste1	794,56	193,09	1420466,69	1	1420466,69	33,94	0,0011 (trat.*blo.)
<u>Total</u>			<u>1420466,69</u>	<u>1</u>	<u>1420466,69</u>	<u>33,94</u>	<u>0,0011 (trat.*blo.)</u>

Coefficientes de los contrastes ortogonales

Trat. Ct.1

A	1,00
B	-1,00
C	-1,00
<u>D</u>	<u>1,00</u>

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=277,23066

Error: 41858,0278 gl: 6

<u>Trat.</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
A	2257,33	9	68,20	A
D	2139,89	9	68,20	AB
B	1864,00	9	68,20	BC
<u>C</u>	<u>1738,67</u>	<u>9</u>	<u>68,20</u>	<u>C</u>

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=267,87783

Error: 83884,9861 gl: 12

<u>Ciclo</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
1	2027,58	12	83,61	A
3	2009,17	12	83,61	A
<u>2</u>	<u>1963,17</u>	<u>12</u>	<u>83,61</u>	<u>A</u>

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=833,71194

Error: 83884,9861 gl: 12

<u>Trat. ciclo</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
A 1	2479,67	3	167,22	A
A 3	2262,00	3	167,22	A
D 2	2257,33	3	167,22	A
D 1	2132,00	3	167,22	A
<u>D 3</u>	<u>2030,33</u>	<u>3</u>	<u>167,22</u>	<u>A</u>

A	2	2030,33	3	167,22	A
B	3	1970,33	3	167,22	A
B	1	1826,67	3	167,22	A
B	2	1795,00	3	167,22	A
C	3	1774,00	3	167,22	A
C	2	1770,00	3	167,22	A
C	1	1672,00	3	167,22	A

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

Materia seca remanente

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Remanente	36	0,89	0,67	20,56

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(error)
Modelo	841366,17	23	36581,14	4,15	0,0068	
Trat.	336571,56	3	112190,52	7,18	0,0207	(trat.*blo.)
Bloque	10913,39	2	5456,69	0,62	0,5550	
Trat.*blo.	93779,28	6	15629,88	1,77	0,1879	
Ciclo	27282,39	2	13641,19	1,55	0,2526	
Trat.*ciclo	356283,61	6	59380,60	6,73	0,0026	
Blo.*ciclo	16535,94	4	4133,99	0,47	0,7579	
Error	105854,06	12	8821,17			
Total	947220,22	35				

Contrastes ortogonales

Trat.	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor	(error)
Contraste1	-367,11	62,61	303233,78	1	303233,78	19,40	0,0045	(trat.*blo.)
Total		303233,78	303233,78	1	303233,78	19,40	0,0045	(trat.*blo.)

Coefficientes de los contrastes ortogonales

Trat.	Ct.1
A	1,00
B	-1,00
C	-1,00
D	1,00

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=169,40635

Error: 15629,8796 gl: 6

Trat.	Medias	n	E.E.	
B	586,78	9	41,67	A
C	510,33	9	41,67	AB

A	384,78	9	41,67	B
D	345,22	9	41,67	B

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=86,86759

Error: 8821,1713 gl: 12

Ciclo	Medias	n	E.E.	
3	495,67	12	27,11	A
2	438,92	12	27,11	A
1	435,75	12	27,11	A

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=270,35663

Error: 8821,1713 gl: 12

Trat.	Ciclo	Medias	n	E.E.	
B	3	681,67	3	54,23	A
B	2	670,00	3	54,23	AB
C	3	605,33	3	54,23	ABC
C	2	549,67	3	54,23	ABCD
D	1	493,67	3	54,23	ABCD
A	1	464,67	3	54,23	ABCDE
B	1	408,67	3	54,23	BCDE
C	1	376,00	3	54,23	CDE
A	3	359,33	3	54,23	CDE
D	3	336,33	3	54,23	CDE
A	2	330,33	3	54,23	DE
D	2	205,67	3	54,23	E

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

Anexo 6. Altura del forraje disponible y remanente

Altura del forraje disponible

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura disp.	36	0,68	0,07	15,17

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(error)
Modelo	160,68	23	6,99	1,12	0,4343	
Trat.	25,17	3	8,39	2,64	0,1442	(trat.*blo.)
Bloque	12,28	2	6,14	0,98	0,4022	
Trat.*blo.	19,10	6	3,18	0,51	0,7899	
Ciclo	1,47	2	0,74	0,12	0,8897	
Trat.*ciclo	24,77	6	4,13	0,66	0,6823	

Blo.*ciclo	77,88	4	19,47	3,12	0,0564
Error	74,92	12	6,24		
Total	235,60	35			

Contrastes ortogonales

Trat.	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor	(error)
Contraste1	-2,63	1,67	15,60	1	15,60	4,90	0,0688	(trat.*blo.)
Total			15,60	1	15,60	4,90	0,0688	(trat.*blo.)

Coefficientes de los contrastes ortogonales

Trat.	Ct.1
A	1,00
B	-1,00
C	-1,00
D	1,00

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=2,41779

Error: 3,1837 gl: 6

Trat.	Medias	n	E.E.
B	17,72	9	0,59 A
C	16,53	9	0,59 A
A	16,23	9	0,59 A
D	15,39	9	0,59 A

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=2,31098

Error: 6,2431 gl: 12

Ciclo	Medias	n	E.E.
3	16,62	12	0,72 A
1	16,61	12	0,72 A
2	16,18	12	0,72 A

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=7,19243

Error: 6,2431 gl: 12

Trat.	Ciclo	Medias	n	E.E.
B	3	18,73	3	1,44 A
A	1	17,83	3	1,44 A
B	1	17,37	3	1,44 A
B	2	17,07	3	1,44 A
C	3	16,87	3	1,44 A
C	2	16,83	3	1,44 A

A	3	16,27	3	1,44	A
D	2	16,23	3	1,44	A
C	1	15,90	3	1,44	A
D	1	15,33	3	1,44	A
D	3	14,60	3	1,44	A
A	2	14,60	3	1,44	A

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

Altura del forraje remanente

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura rem.	36	0,84	0,54	20,51

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor (error)
Modelo	106,29	23	4,62	2,79	0,0344
Trat.	5,63	3	1,88	0,58	0,6500 (trat.*blo.)
Bloque	2,27	2	1,14	0,68	0,5229
Trat.*blo.	19,44	6	3,24	1,95	0,1523
Ciclo	4,88	2	2,44	1,47	0,2680
Trat.*ciclo	71,24	6	11,87	7,16	0,0020
Blo.*ciclo	2,83	4	0,71	0,43	0,7867
Error	19,90	12	1,66		
Total	126,18	35			

Contrastes ortogonales

Trat.	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor (error)
Contraste1	0,22	0,86	0,11	1	0,11	0,03	0,8592 (trat.*blo.)
Total			0,11	1	0,11	0,03	0,8592 (trat.*blo.)

Coefficientes de los contrastes ortogonales

Trat. Ct.1

A	1,00
B	-1,00
C	-1,00
D	1,00

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=2,43897

Error: 3,2397 gl: 6

Trat.	Medias	n	E.E.	
A	6,68	9	0,60	A
B	6,66	9	0,60	A
D	5,99	9	0,60	A

C 5,79 9 0,60 A

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=1,19090

Error: 1,6579 gl: 12

Ciclo	Medias	n	E.E.
3	6,67	12	0,37 A
1	6,38	12	0,37 A
2	5,78	12	0,37 A

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=3,70643

Error: 1,6579 gl: 12

Trat.	Ciclo	Medias	n	E.E.
D	1	8,57	3	0,74 A
A	1	8,07	3	0,74 AB
B	3	7,73	3	0,74 ABC
B	2	7,60	3	0,74 ABC
C	3	6,87	3	0,74 ABCD
A	3	6,23	3	0,74 ABCD
C	2	6,23	3	0,74 ABCD
D	3	5,83	3	0,74 ABCD
A	2	5,73	3	0,74 ABCD
B	1	4,63	3	0,74 BCD
C	1	4,27	3	0,74 CD
D	2	3,57	3	0,74 D

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

Anexo 7. Materia seca desaparecida

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Desaparecido	36	0,88	0,65	15,48

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor (error)
Modelo	6362996,25	23	276652,01	3,78	0,0102
Trat.	3779728,31	3	1259909,44	21,39	0,0013 (trat.*blo.)
Bloque	373455,39	2	186727,69	2,55	0,1192
Trat.*blo.	353431,94	6	58905,32	0,81	0,5847
Ciclo	58770,39	2	29385,19	0,40	0,6778
Trat.*ciclo	665025,61	6	110837,60	1,52	0,2540
Blo*ciclo	1132584,61	4	283146,15	3,87	0,0304
Error	877805,39	12	73150,45		

Total 7240801,64 35

Contrastes ortogonales

Trat.	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor (error)
Contraste1	1288,78	180,31	3737133,36	1	3737133,36	63,44	0,0002 (trat.*blo.)
<u>Total</u>			3737133,36	1	3737133,36	63,44	0,0002 (trat.*blo.)

Coefficientes de los contrastes ortogonales

Trat. Ct.1

A	1,00
B	-1,00
C	-1,00
<u>D</u>	<u>1,00</u>

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=328,87370

Error: 58905,3241 gl: 6

Trat.	Medias	n	E.E.
A	2108,11	9	80,90 A
D	2030,67	9	80,90 A
B	1454,44	9	80,90 B
<u>C</u>	<u>1395,56</u>	<u>9</u>	<u>80,90 B</u>

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=250,15153

Error: 73150,4491 gl: 12

Ciclo	Medias	n	E.E.
3	1777,33	12	78,08 A
2	1774,17	12	78,08 A
<u>1</u>	<u>1690,08</u>	<u>12</u>	<u>78,08 A</u>

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=778,54263

Error: 73150,4491 gl: 12

Trat.	Ciclo	Medias	n	E.E.
D	2	2345,33	3	156,15 A
A	3	2225,00	3	156,15 AB
A	1	2146,00	3	156,15 ABC
D	3	2001,67	3	156,15 ABCD
A	2	1953,33	3	156,15 ABCD
D	1	1745,00	3	156,15 ABCD
B	3	1514,00	3	156,15 BCD
B	1	1499,67	3	156,15 BCD

C	2	1448,33	3	156,15	BCD
C	1	1369,67	3	156,15	CD
C	3	1368,67	3	156,15	CD
<u>B</u>	<u>2</u>	<u>1349,67</u>	<u>3</u>	<u>156,15</u>	<u>D</u>

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

Anexo 8. Producción acumulada

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R²Aj</u>	<u>CV</u>
Producido	12	0,89	0,80	5,65

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	6965507,08	5	1393101,42	9,98	0,0072
Bloque	802406,17	2	401203,08	2,87	0,1333
Trat.	6163100,92	3	2054366,97	14,71	0,0036
Error	837761,83	6	139626,97		
<u>Total</u>	<u>7803268,92</u>	<u>11</u>			

Contrastes ortogonales

<u>Trat.</u>	<u>Contraste</u>	<u>E.E.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Contraste1	2764,33	431,47	5731154,08	1	5731154,08	41,05	0,0007
<u>Total</u>			<u>5731154,08</u>	<u>1</u>	<u>5731154,08</u>	<u>41,05</u>	<u>0,0007</u>

Coefficientes de los contrastes ortogonales

<u>Trat.</u>	<u>Ct.1</u>
A	1,00
B	-1,00
C	-1,00
<u>D</u>	<u>1,00</u>

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=876,99509

Error: 139626,9722 gl: 6

<u>Trat.</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
A	7479,00	3	215,74 A
D	7127,33	3	215,74 A
B	6123,67	3	215,74 B
<u>C</u>	<u>5718,33</u>	<u>3</u>	<u>215,74 B</u>

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

Anexo 9. Tasa de crecimiento

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R²Aj</u>	<u>CV</u>
-----------------	----------	----------------------	------------------------	-----------

TC 36 0,92 0,77 18,14

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor (error)
Modelo	10014,52	23	435,41	6,07	0,0012
Trat	1848,49	3	616,16	18,03	0,0021 (trat.*blo.)
Bloque	99,57	2	49,79	0,69	0,5185
Trat.*blo.	205,09	6	34,18	0,48	0,8133
Ciclo	6793,77	2	3396,89	47,36	<0,0001
Trat.*ciclo	458,55	6	76,42	1,07	0,4336
Blo.*ciclo	609,05	4	152,26	2,12	0,1406
Error	860,70	12	71,72		
Total	10875,22	35			

Contrastes ortogonales

Trat.	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor (error)
Contraste1	28,53	5,65	1830,98	1	1830,98	53,57	0,0003 (trat.*blo.)
Total			1830,98	1	1830,98	53,57	0,0003 (trat.*blo.)

Coefficientes de los contrastes ortogonales

Trat. Ct.1

A 1,00
 B -1,00
 C -1,00
 D 1,00

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=7,92218

Error: 34,1811 gl: 6

Trat.	Medias	n	E.E.
A	54,51	9	1,95 A
D	53,15	9	1,95 A
B	40,28	9	1,95 B
C	38,85	9	1,95 B

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=7,83303

Error: 71,7249 gl: 12

Ciclo	Medias	n	E.E.
2	57,33	12	2,44 A
3	55,46	12	2,44 A
1	27,30	12	2,44 B

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

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=24,37861

Error: 71,7249 gl: 12

Trat.	Ciclo	Medias	n	E.E.	
A	3	68,22	3	4,89	A
D	2	66,36	3	4,89	AB
D	3	64,46	3	4,89	AB
A	2	58,68	3	4,89	ABC
C	2	52,32	3	4,89	ABCD
B	2	51,98	3	4,89	ABCD
B	3	45,97	3	4,89	ABCDE
C	3	43,19	3	4,89	BCDEF
A	1	36,63	3	4,89	CDEF
D	1	28,63	3	4,89	DEF
B	1	22,89	3	4,89	EF
C	1	21,05	3	4,89	F

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