

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN DE PRADERAS BIANUALES
SOBRE PRADERAS VIEJAS BAJO DISTINTOS NIVELES DE
INTENSIFICACIÓN DE RECURSOS

por

Manuel BRITES BERRETTA
Mauro CONSTANTIN BRITES
Alejandro STIRLING CÁCERES

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2021

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Ramiro Zanoniani

Ing. Agr. Pablo Boggiano

Ing. Agr. M^a. Elena Mailhos

Fecha: 12 de marzo de 2021

Autores:

Manuel Brites Berretta

Mauro Constantin Brites

Alejandro Stirling Cáceres

AGRADECIMIENTOS

A nuestro tutor de tesis, Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani por la buena disponibilidad y el apoyo brindado.

A la Lic. Sully Toledo por la ayuda brindada para lograr este trabajo.

A Facultad de Agronomía y la E.E.M.A.C.

A todos los compañeros y amigos que contribuyeron a lo largo de la carrera.

A nuestras familias especialmente, por el apoyo permanente desde que esto empezó hasta el final.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. OBJETIVO GENERAL	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. GENERALIDADES EN EL USO DE PRADERAS SEMBRADAS.....	2
2.1.1. <u>Características del tapiz vegetal</u>	2
2.2. IMPLANTACIÓN DE MEJORAMIENTO EN COBERTURA.....	3
2.2.1. <u>Preparación del tapiz sobre praderas viejas</u> <u>(renovación de pasturas)</u>	3
2.2.2. <u>Elección de las especies</u>	4
2.2.3. <u>Método de siembra</u>	5
2.2.4. <u>Época de siembra (temprano vs. tardío)</u>	5
2.2.5. <u>Manejo de la fertilización, efectos sobre la implantación</u>	6
2.2.6. <u>Factores que condicionan una buena implantación</u>	6
2.2.6.1. Peso de la semilla.....	6
2.2.6.2. Calidad de la semilla.....	7
2.2.6.3. Compactación del suelo.....	7
2.2.6.4. Enfermedades y plagas	8
2.2.6.5. Enmalezamiento	9
2.3. CARACTERIZACIÓN DE LAS ESPECIES SEMBRADAS.....	10
2.3.1. <u>Generalidades de la especie <i>Lolium multiflorum</i> en Uruguay.</u> ..	10
2.3.2. <u>Generalidades de la especie <i>Trifolium pratense</i></u>	12
2.3.2.1. Implantación, manejo y uso recomendado	13
2.4. CARACTERÍSTICAS MORFOGENÉTICAS DE LAS PLANTAS.....	14
2.4.1. <u>Tasa de aparición foliar</u>	14

2.4.2.	<u>Tasa de elongación foliar</u>	15
2.4.3.	<u>Vida media foliar</u>	16
2.4.4.	<u>Macollaje</u>	16
2.5.	FERTILIZACIÓN FOSFATADA.....	17
2.5.1.	<u>Fósforo en suelo</u>	17
2.5.2.	<u>Factores que afectan su disponibilidad</u>	18
2.5.3.	<u>Requerimiento de fósforo por leguminosas y gramíneas</u>	19
2.5.4.	<u>Respuesta a la fertilización</u>	20
2.5.5.	<u>Fertilización a la siembra</u>	21
2.5.6.	<u>Importancia del fósforo en la planta, como afecta la implantación, que sucede en caso de déficit</u>	22
2.6.	FERTILIZACIÓN NITROGENADA	23
2.6.1.	<u>Nitrógeno en suelo</u>	23
2.6.2.	<u>Factores que regulan su disponibilidad</u>	23
2.6.3.	<u>Variables morfogénicas que afectan el nitrógeno en las gramíneas</u>	24
2.6.4.	<u>Cómo afecta la implantación, qué sucede en caso de déficit</u> ..	25
2.6.5.	<u>Respuesta a la fertilización para leguminosas y gramíneas</u>	26
2.7.	PRODUCCIÓN DE FORRAJE BAJO DISTINTOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA Y NITROGENADA	28
2.7.1.	<u>Dominancia de gramíneas o leguminosas según fertilización</u> ..	28
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	30
3.1.	CONDICIONES EXPERIMENTALES EN GENERAL	30
3.1.1.	<u>Descripción del sitio experimental (localización y período)</u>	30
3.1.2.	<u>Antecedentes del área experimental</u>	30
3.1.3.	<u>Información climatológica</u>	30
3.1.4.	<u>Tratamientos y descripción del experimento</u>	31
3.1.5.	<u>Diseño experimental</u>	32
3.2.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	32
3.2.1.	<u>Variables evaluadas</u>	33
3.2.1.1.	Porcentaje de implantación	33

3.2.1.2. Estado de desarrollo de gramíneas y leguminosas	33
3.3. HIPÓTESIS	33
3.3.1. <u>Hipótesis biológicas</u>	33
3.3.2. <u>Hipótesis estadística</u>	34
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	34
3.4.1. <u>Modelo estadístico</u>	34
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	35
4.1. DATOS METEOROLÓGICOS	35
4.2. DENSIDAD DE PLANTAS	37
4.2.1. <u>Número de plantas de raigrás</u>	37
4.2.2. <u>Número de plantas trébol rojo</u>	39
4.2.2.1. Porcentaje de implantación según días desde la siembra	40
4.2.2.2. Porcentaje de implantación según tratamiento	42
4.2.3. <u>Otras especies</u>	43
4.3. EVOLUCIÓN MORFOLÓGICA	44
4.3.1. <u>Componente gramínea</u>	44
4.3.1.1. Número de macollos	44
4.3.1.2. Número total de hojas	46
4.3.1.3. Número de hojas verdes	48
4.3.1.4. Número de hojas senescentes	50
4.3.2. <u>Componente leguminosa</u>	51
5. <u>CONCLUSIONES</u>	53
5.1. CONSIDERACIONES FINALES	53
6. <u>RESUMEN</u>	55
7. <u>SUMMARY</u>	56
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	57
9. <u>ANEXOS</u>	68

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Producción de diferentes cultivares de raigrás.....	11
2. Porcentaje de implantación de trébol rojo según tratamiento.....	42
3. Número de plantas/m2 según tratamiento.....	44
4. Número de macollos a los 30, 60 y 90 días post siembra.....	44
5. Número de macollos según tratamiento.....	45
6. Número total de hojas en función de los días post siembra.....	46
7. Número total de hojas por macollo en función del tratamiento.....	47
8. Número de hojas verdes por macollo según días post siembra....	48
9. Número de hojas verdes en función del tratamiento.....	49
10. Número de hojas senescentes a los 30, 60 y 90 días post siembra..	50
11. Número de hojas senescentes en función del tratamiento.....	50
12. Número total de hojas de trébol rojo según interacción fecha*tratamiento.....	51
Figura No.	
1. Croquis de los tratamientos.....	32
Gráfica No.	
1. Precipitaciones mensuales promedio de la EEMAC en el año 2018 vs. promedio de la serie histórica de Paysandú.....	35
2. Temperatura para el período del experimento en la EEMAC 2018 vs. promedio histórico para la ciudad de Paysandú.....	36
3. Evolución del número de plantas de raigrás según días post siembra..	37
4. Número de plantas de raigrás según tratamiento.....	38
5. Evolución del número de plantas por metro cuadrado de trébol rojo en relación a los días post siembra.....	39
6. Evolución del porcentaje de implantación según días post siembra para trébol rojo.....	41
7. Número de plantas a los 30, 60 y 90 días post siembra.....	43

1. INTRODUCCIÓN

La producción pastoril en el Uruguay presenta una acentuada variabilidad como consecuencia de diferencias existentes en cuanto a clima y suelo, siendo común una limitante en los meses de invierno, sobre todo, debido principalmente a la presión que ejerce el pastoreo sobre aquellas especies de tipo productivo tierno-fino de producción invernal que determina su disminución y/o desaparición (Bermúdez y Ayala, 2005).

Ante estas condiciones surge la necesidad de generar pasturas con el objetivo de producir forraje de calidad principalmente en las estaciones críticas del año como son otoño e invierno, por lo cual muchos sistemas productivos incorporan pasturas sembradas. Sin embargo además de productividad, a estas pasturas implantadas se les exige persistencia, la cual dependerá directamente del manejo que se le realice y de las condiciones climáticas principalmente en verano, a causa del déficit hídrico que generalmente ocurre a lo largo de esta estación (Formoso, 1996).

Es aquí donde aparecen los mejoramientos en cobertura de pasturas naturales con costos más accesibles en comparación con otras alternativas, para levantar la limitante invernal.

El mejoramiento de praderas de edad avanzada a modo de renovación de pasturas, es una tecnología de bajo costo, que puede determinar un potencial muy interesante para el desarrollo de la base forrajera y que muchas veces se asemeja a los mejoramientos en cobertura. Esta estrategia, permite complementar, potenciar y extender en años la producción contribuyendo significativamente a la mejora de productividad en los sistemas ganaderos (Risso et al., 1997).

Si bien existen diferentes alternativas para la renovación de praderas de 4 o más años, la utilización de fertilizantes nitrogenados, fosfatados e incorporación de semillas son los más utilizados, dado que en general permitirían alargar la persistencia y vida útil con el propósito de renovar menos área por año procurando mantener una producción elevada y acorde al sistema. Sin embargo, son escasos los datos cuantitativos que evalúan la respuesta a la incorporación de estos insumos en forma individual o combinada.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Como objetivo general planteado en la realización de este trabajo se busca evaluar la respuesta a distintos tipos de renovación de una pradera de quinto año y baja producción, en la implantación y su evolución de gramíneas como *Lolium multiflorum* y leguminosas como *Trifolium pratense* constituyentes de la pradera mezcla bajo distintos niveles de fertilización nitrogenada y fosfatada.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. GENERALIDADES EN EL USO DE PRADERAS SEMBRADAS

En Uruguay hasta el ejercicio 2015/16 el área ocupada por praderas artificiales se mantenía estable en el entorno de los 1,1 millones de hectáreas, las cuales representan el 8,3% del área total destinada a pastoreo. En los últimos tres años el aumento del área de praderas artificiales radica en un crecimiento del uso en rubros como ganadería y lechería, dejando al sector agrícola ganadero con una superficie poco variable en los últimos ejercicios. Desde la década del 50 los sectores productores de carne, leche y lana comenzaron a demandar mayores requerimientos de forraje dando lugar al uso de mejoramientos y praderas artificiales. De manera que se adopta el uso de pasturas sembradas con el objetivo de complementar y sustituir los momentos de déficit forrajero del campo natural uruguayo (MGAP. DIEA, 2017).

2.1.1. Características del tapiz vegetal

Para caracterizar el tapiz vegetal resulta necesario nombrar los factores que influyen sobre el mismo y de qué forma (García, 1995).

El tipo de pastura y/o especie presente y la proporción en la que se encuentren van a determinar por ejemplo diferentes densidades en determinados estratos de la pradera; el manejo de pastoreo, pudiendo llegar a tener una pradera vigorosa, densa y de calidad al igual que una vegetación sobre pastoreada, enana y enmalezada; la época del año va a influir sobre características que inciden directamente sobre el tapiz vegetal como por ejemplo la arquitectura de las plantas, la relación hoja/tallo y el contenido de materia seca entre otros (García, 1995).

Otro de los factores, muy influyente, es la edad de la pastura la cual repercute sobre el balance gramíneas/leguminosas y la acumulación de restos secos, ambos directamente relacionados a la caracterización de la pradera existente. Respecto a la edad cabe resaltar que existe una marcada diferencia en la estructura de la pradera en base a la misma; praderas más viejas desarrollan más el estrato inferior y el porcentaje de materia seca. En praderas de tres años o más, el 67% del forraje se encuentra en los primeros 5 centímetros mientras que en praderas nuevas este porcentaje se encuentra en torno a 56%. Estos resultados pueden explicarse por el ya citado anteriormente balance gramíneas/leguminosas. Este balance varía en gran proporción, mientras que en praderas nuevas se estima una presencia de un 37% de gramíneas, en las de 3 años o más aumenta a 61%, trayendo como consecuencia ese aumento en la concentración de forraje en el estrato inferior, especialmente en invierno. El aumento de la densidad de la pastura en el estrato inferior también puede verse afectado por la acumulación de material muerto, especialmente en praderas viejas. El contenido de

restos secos puede llegar a representar el 30% o más en verano o momentos posteriores a la acumulación de grandes cantidades de forraje (García, 1995).

2.2. IMPLANTACIÓN DE MEJORAMIENTO EN COBERTURA

En la instalación de mejoramientos en cobertura, el tapiz existente ofrece un ambiente desfavorable para la semilla lo que puede llegar a afectar el éxito de la implantación (Carámbula et al., 1994).

Para un exitoso mejoramiento, se deben cumplir una serie de requisitos que promuevan su instalación, con un adecuado manejo y utilización. La correcta planificación e implementación de esta tecnología incluye diversos pasos que se inician con la elección del potrero, afectada por: tipo de suelo (profundidad, riesgos de erosión y sequía, topografía, drenaje, pedregosidad) y tipo de tapiz (especies que lo componen, sus ciclos, sus tipos productivos y vegetativos). Se requiere además una precisa definición de los objetivos de uso del mejoramiento (para bovinos u ovinos, cría, destetes, engorde, etc.) y por tanto su dimensionamiento (Risso, 2005).

2.2.1. Preparación del tapiz sobre praderas viejas (renovación de pasturas)

Es importante adecuar el manejo del pastoreo desde meses antes de la siembra, ya que permitirá acondicionar el tapiz para favorecer el contacto semilla-suelo (particularmente en casos de siembras en cobertura) y para disminuir la capacidad de competencia de la vegetación presente (Risso, 2005).

El acondicionamiento del tapiz se realiza con el objetivo de generar condiciones favorables para las especies a implantar, sin eliminar totalmente la vegetación presente (Carámbula et al., 1994).

No se tiene que arrasar el tapiz, ya que cierta altura del remanente disminuye la desecación de la semilla y protege a las plántulas de fríos intensos. Al momento de la siembra es conveniente tener una altura de forraje de unos 3 cm aproximadamente, para favorecer la instalación del mejoramiento (Risso, 2005).

La protección dada tanto por el tapiz verde como por el seco favorecen la germinación, pero el primero evidentemente ejerce una gran competencia semanas después a la siembra, mientras que la vegetación muerta presenta varios factores favorables como: reducción de la evaporación, elevación de la humedad próximo a la semilla y protección frente a bajas temperaturas y heladas. La eliminación o disminución del efecto competitivo sobre la especie que se va a introducir puede alcanzarse a través de diferentes tratamientos al tapiz, entre los cuales se destacan el pastoreo y la combinación de cortes con estos, la quema y los herbicidas (Carámbula, 1977).

Según Carámbula et al. (1994), normalmente se recomienda empezar con pastoreos intensos en verano- principio del otoño, donde no se deben de efectuar con muchos meses de anticipación, ni por tiempo muy prolongado, ya que se podría favorecer la formación de un tapiz rastrero y entramado que ejercería una mayor competencia a las semillas germinadas.

Próximo a realizar la siembra, en otoño, se debe realizar una “comida” con el objetivo de minimizar la capacidad de rebrote primaveral por efecto de la disminución de las reservas. No significa arrasar con el campo, sino llevarlo a una altura razonable (Davidson, Morón y Risso, citados por Risso, 1994).

El uso de herbicidas debería reservarse para casos extremos de crecimiento exagerado de la vegetación y se tratará siempre de realizar las aplicaciones con productos que solo detienen el crecimiento del tapiz. De lo contrario se corre el riesgo de perder mucho forraje, ocasionar la muerte de especies perennes y promover la aparición de anuales invernales de escasa producción, así como favorecer un incremento de malezas (Carámbula et al., 1994).

2.2.2. Elección de las especies

La elección de las especies a introducir es una de las decisiones más importantes al momento de instalar o renovar una pastura. Estas deben poseer ciertas características que permitan su instalación sobre la vegetación existente (Carámbula et al., 1994).

Las características deben ser buena habilidad para competir con las especies presentes, buena persistencia por resiembra, tolerancia al pastoreo y buena producción de forraje (Carámbula, 1977).

Cualquiera sea la especie a utilizarse, es importante que tenga un crecimiento inicial rápido y alta capacidad de macollaje, lo que le da gran habilidad para establecerse (Coperman y Roberts, Schroder, citados por Carámbula, 1977). Esto permite que escapen a las condiciones iniciales de sombra. Es decir que las plántulas deben mostrar gran plasticidad morfológica para extender sus órganos aéreos. También resulta estratégico que puedan extender rápidamente sus radículas, ya que es de suma importancia en condiciones de baja humedad o donde se puedan registrar sequías (Carámbula et al., 1994).

Según Risso (1998), las leguminosas mejor adaptadas para siembras en cobertura son el *Lotus corniculatus*, *Lotus subbiflorus* y *Trifolium repens*. Otras leguminosas utilizadas en Uruguay son *Lotus tenuis*, *Lotus pedunculatus* y *Trifolium pratense*.

Las principales gramíneas con potencial para complementar productividad y mejorar estacionalidad de los mejoramientos son: entre las bianuales y perennes, holcus, dactylis, festuca y *Bromus auleticus*; mientras que como anuales destacan los distintos raigrases por ejemplo LE 284 o INIA Titán (Risso, 2005).

2.2.3. Método de siembra

Es muy importante realizar la siembra cuando existan en el suelo condiciones de humedad adecuadas que permitan una germinación rápida y el establecimiento inmediato de las plántulas, lo que se logrará promoviendo el mayor contacto posible entre el suelo y la semilla (Campbell y Swain, citados por Carámbula, 1977).

En años normales a húmedos, la siembra en cobertura (fertilizante y semilla al voleo o en líneas sobre el tapiz acondicionado) promueve mejoramientos que no difieren, o son incluso superiores, a los obtenidos por otros métodos, como la remoción con disqueras, excéntricas o el empleo de máquinas de siembra directa (Risso, 2005).

Para la siembra en cobertura, es muy importante eliminar al máximo la competencia ejercida por la vegetación presente, de esta manera se logra un mayor contacto semilla y suelo y se evita la presencia de semillas colgadas sobre el tapiz. Además, también se favorece el primer crecimiento de las plántulas. Cuando las condiciones ambientales son favorables, es un método con grandes ventajas por la rapidez y economía de su aplicación en grandes superficies (Carámbula, 1977). En años secos la zapata y la excéntrica resultan más seguras (Risso, 1994).

2.2.4. Época de siembra (temprano vs. tardío)

El éxito de la siembra depende de que las primeras semanas siguientes a la misma se disponga de niveles sostenidos de humedad, que permitan una rápida germinación de la semilla y favorezcan la penetración de la radícula en el suelo (Campbell, citado por Carámbula, 1977).

La época de siembra más favorable es el otoño luego de restablecida la humedad de los suelos y cuando las temperaturas permiten la germinación y desarrollo inicial de plántulas. Estas condiciones se dan, en general, entre mediados de marzo y fines de abril. En ocasiones es posible extenderse hasta mayo (Risso, 2005).

Siembras otoñales muy tempranas tienen el inconveniente de que las plántulas deben competir con la vegetación estival en crecimiento, además que se suman los posibles riesgos de ocurrencia de deficiencias hídricas. Por el contrario, siembras tardías hacen que se enlentezcan los procesos de germinación y nodulación, así como el crecimiento inicial de las especies sembradas debido a las bajas temperaturas.

Además, se corre el riesgo de muerte de plántulas por efecto de las heladas (Carámbula et al., 1994).

2.2.5. Manejo de la fertilización, efectos sobre la implantación

Según Carámbula (2013), normalmente la fertilización no afecta la germinación y la emergencia, el crecimiento subsiguiente durante el establecimiento de las plántulas, varía de acuerdo con la disponibilidad de nutrientes. Por lo que el balance de las especies en la pastura puede promover la dominancia de unas sobre otras. Existen diferencias importantes entre especies en la respuesta frente a determinado fertilizante, donde el nivel de humedad del suelo es el factor que afecta en forma más directa dicha respuesta.

Para definir la fertilización inicial y de mantenimiento de un mejoramiento, es recomendable tener en cuenta el nivel de fósforo en el suelo (Risso, 2005). Si se quiere lograr una buena implantación, resulta imprescindible el agregado de este nutriente en cantidades adecuadas (Carámbula et al., 1994).

En cuanto al nitrógeno, en dosis pequeñas favorece el crecimiento de las gramíneas sin afectar el de las leguminosas. Pero con dosis altas se convierte en un estímulo excelente para las primeras, pero negativo para el proceso de simbiosis de las segundas. Las pérdidas causadas por acción de los fertilizantes han aumentado en los últimos años por el mayor uso de fertilizantes nitrogenados y a la utilización de maquinaria que lo deposita junto a la semilla (Carámbula, 2013).

No se debe ignorar que en los estados tempranos de las plántulas es más importante la competencia entre los sistemas radiculares por agua y nutrientes que entre las partes aéreas por luz (Rhodes, citado por Carámbula, 2013).

2.2.6. Factores que condicionan una buena implantación

Asumiendo que para instalar una pastura se han elegido las especies correctas, su buena implantación resulta fundamental para lograr la persistencia de cualquier pastura, es decir, no puede haber persistencia si las plantas no se establecen satisfactoriamente (Fame, citado por Carámbula, 2010).

No se debe reducir los riesgos de erosión; permitiendo fundamentalmente mantener el tapiz existente (Carámbula, 1991).

2.2.6.1. Peso de la semilla

El peso de la semilla determina su contenido de reservas y por ende su vigor inicial; lo cual permite mayor porcentaje de implantación, mayor presencia de raíces,

menor tiempo para iniciar el crecimiento de tallos. Esto le da a la planta una mejor adaptación frente a condiciones estresantes (Berasain et al., 2015).

Cuando aumenta el tamaño de la semilla, su vigor aumenta. Al sembrar una semilla de bajo peso a una mayor profundidad de lo ideal, teniendo como resultado una disminución marcada del número de plantas nacidas (Formoso, citado por Perrachón, s.f.).

La principal razón morfológica que determina el tamaño de la semilla es el volumen que ocupa el endosperma en las gramíneas y los cotiledones en las leguminosas. Cuanto más desarrollados sean los mismos, mayor será la capacidad potencial del lote para alcanzar un establecimiento exitoso de sus plántulas (Carámbula, 2013).

2.2.6.2. Calidad de la semilla

Cuando la semilla es de mala calidad genética y/o analítica puede llegar a ser el insumo más costoso de una pastura (Carver, citado por Carámbula, 2013).

Es imprescindible usar semilla de identidad conocida, es decir, que cumpla con los estándares de calidad específicos para la especie elegida. Con esto, se obtienen garantías en dos aspectos fundamentales: la semilla tendrá la pureza adecuada y estará libre de contaminantes, y además, se podrá verificar el poder de germinación (Barreto y Bermúdez, s.f.). No alcanza con usar semilla de buena germinación y limpia de malezas, sino que ésta debe corresponder a un cultivar recomendado y ser de origen confiable (García et al., citados por Carámbula, 2010).

La utilización de una buena semilla asegura una mejor instalación de la pastura, un mejor comportamiento durante su desarrollo, una mayor resistencia a enfermedades y adversidades climáticas y una mayor producción de forraje (Carámbula, citado por Carámbula, 2013).

2.2.6.3. Compactación del suelo

En predios intensivos, tanto de invernada como de producción de leche, que se caracterizan en general por presentar altas cargas de animales y ganado pesado, el pisoteo constituye una variable importante. En estos predios y especialmente los que vienen aplicando desde hace años la tecnología de siembra directa, presentan frecuentemente una compactación en la zona superficial del suelo (Formoso, s.f.).

En siembras en períodos húmedos, la compactación puede determinar enlentecimiento de la germinación y crecimiento inicial por falta de oxígeno (Formoso, 2007).

Según Formoso (s.f.), la aplicación de técnicas de laboreo reducido mediante disqueras que aflojen los primeros centímetros del suelo, pueden disminuir el estrés de compactación que se manifiesta en la dificultad de crecimiento de raíces y parte aérea de las forrajeras. Otra técnica de descompactación sería a través de un herbicida, mientras que las raíces están vivas mantienen los agregados del suelo muy unidos entre sí, pero cuando se empiezan a morir por efecto de la aplicación el suelo se va “soltando”, con lo que también permite la acumulación de nitrógeno y agua (Ernst, citado por Dabalá, 2009).

2.2.6.4. Enfermedades y plagas

Tanto las enfermedades como las plagas son consideradas limitantes muy importantes para la productividad y persistencia de las pasturas, básicamente a través de sus efectos sobre el componente leguminosa (Carámbula, 2010). Esto es debido a que las radículas se extienden sobre el suelo antes de penetrar el mismo (Campbell, citado por Carámbula, 2013).

Según Carámbula (2010), si las condiciones ambientales son desfavorables para que se realice una germinación rápida y un buen anclaje de las pequeñas plántulas, los hongos como fusarium, pythium y rhizoctonia las pueden atacar. Por eso, si se reduce el período inicial de crecimiento, la pérdida de individuos puede ser menor (Latch y Shipp, citados por Carámbula, 2010).

La aplicación de fungicidas que no afectan la vida del rizobio a las semillas de leguminosas, permite lograr un incremento en el establecimiento de plántulas (Formoso, Altier, citados por Carámbula, 2010).

En relevamientos realizados en INIA La Estanzuela (Uruguay), se determinó que en lotus solo un 15% de las plantas sobrevivieron en el tercer año, debido principalmente a enfermedades de raíz y corona, en trébol rojo sobrevivieron al segundo año entre el 7 y 43% por las mismas razones (Altier, citado por Carámbula, 2010).

Las plagas también causan problemas de diferente índole aunque los daños que producen pueden ser identificados más fácilmente, siendo detectados por lo general como ataques esporádicos (Alzugaray, citado por Carámbula, 2010).

Los insectos pueden dañar las pasturas directamente consumiendo hojas, raíces o savia, o de forma indirecta por transmisión de patógenos o favoreciendo su entrada. Los daños pueden medirse en la cantidad y calidad del forraje producido, la cantidad de nitrógeno fijado por parte de las leguminosas y la propia longitud de vida de las mismas (Alzugaray y Ribeiro, citados por Carámbula, 2010).

Estos ataques de insectos pueden ser mayores en siembras directas que en las convencionales, debido a que la aplicación con herbicidas totales que secan la vegetación hacen que la única fuente de alimento sean las nuevas plántulas (Alzugaray, citado por Carámbula, 2013).

2.2.6.5. Enmalezamiento

El grado de enmalezamiento de una pastura en el primer año de vida no solo afecta negativamente su capacidad productiva, sino que además dificulta el manejo del pastoreo y lo que es peor, repercute en su longevidad y estabilidad, lo cual conduce a una persistencia productiva corta (Carámbula, 2010).

Además, las malezas disminuyen la calidad del forraje debido a que generalmente son de menor valor nutritivo, menos palatables y, en algunos casos, tóxicas para el ganado (Cibils y García, 2017).

Según Carámbula (2010), cuanto menos precoces son las especies incluidas en la mezcla, más largo es el periodo de reposo de las mismas, más secos son los veranos y menos es el porcentaje de gramíneas precoces en la mezcla, el enmalezamiento es mayor. Por tanto, la intensidad y velocidad con que se produce el proceso de infestación depende básicamente del tipo de mezcla, ya que aquellas formadas por especies anuales son las más infestadas, mientras que a medida que aumentan los componentes perennes este efecto se registra con menor frecuencia. La siembra de la mayoría de las praderas están constituidas por especies templadas (tipo C3) en un ambiente que naturalmente favorece a las subtropicales (tipo C4) lo que pronto lleva a un desbalance. De ahí la necesidad de incluir en las mezclas forrajeras gramíneas estivales.

El periodo crítico de competencia en una pastura es el intervalo de tiempo en el que se debe evitar la competencia de malezas para que no existan pérdidas de rendimiento (Cibils y García, 2017).

Las especies forrajeras sembradas difieren en cuanto a la susceptibilidad para ser dominadas por la competencia que le pueden ejercer las malezas, particularmente cuando aquellas se encuentran en estado de plántula. Esta susceptibilidad depende básicamente del tamaño de la semilla y de la rapidez de las plantas jóvenes de crear un follaje denso, lo cual le permite utilizar mejor la luz, los nutrientes y el agua disponible, favoreciendo la formación de ambientes sombríos que impiden la germinación de las semillas de malezas (Carámbula, 2010).

Es posible sugerir como diferentes medidas de control de malezas las secuencias de cultivos, la competencia por especies anuales agresivas, los herbicidas

selectivos aplicados en momentos estratégicos y los controles físicos y químicos, solos o combinados (Martino, citado por Carámbula, 2013).

Para realizar la opción correcta se deberá tener en cuenta cuales son las especies introducidas y el método de siembra utilizado, ya que las siembras directas generalmente se presentan más atrasadas que las convencionales y por lo tanto más expuestas a la agresividad de las malezas, por lo que la mayoría de las veces requieren un control anticipado (Carámbula, 2013).

2.3. CARACTERIZACIÓN DE LAS ESPECIES SEMBRADAS

A fin de cumplir con los objetivos planteados en el trabajo ya mencionados, se definieron las especies a utilizar en base a ciertas características de interés.

Las especies utilizadas para mejoramientos en cobertura deben contar con características tales como buena habilidad para competir, tolerancia a niveles nutritivos bajos, adaptación a niveles extremos de humedad, eficiencia en la utilización de fósforo, larga estación de crecimiento, habilidad de rebrote, tolerancia al pastoreo y una buena persistencia por resiembra natural entre otras (Carámbula, 1996).

La elección de las especies a utilizar es función del tipo de suelo, y la ubicación topográfica, entre otros aspectos. La introducción de leguminosas y el agregado de fósforo al sistema además de aumentar la producción de forraje, mejora considerablemente la calidad de la dieta y la distribución estacional. Estos aspectos toman importancia sobre todo en aquellas regiones donde las pasturas naturales presentan bajos niveles de digestibilidad de la materia orgánica y proteína cruda (Risso, 1994).

2.3.1. Generalidades de la especie *Lolium multiflorum* en Uruguay

El raigrás anual representa el verdeo de invierno más sembrado en Uruguay, ocupando una superficie aproximada de 400 mil hectáreas por año. Su rusticidad, capacidad de entrega de forraje temprano en la estación invernal, su alta calidad y buena estructura, son algunos de los factores que explican el uso masivo de la especie (Maranges et al., 2018).

Dentro de los cultivares destacados en el país se encuentran LE 284, winter star 2, Winter star 3 el cual es un raigrás anual, tetraploide. Se destaca principalmente por su alta producción en otoño-invierno y su rusticidad. Presenta alta capacidad de macollaje, lo que le permite tener buenos rebrotes luego del pastoreo, y se destaca también por su excelente sanidad foliar (Maranges et al., 2018).

Se realizó un experimento comparativo entre La Estanzuela 284 y Winter Star 3, en base a producción en toneladas de materia seca por hectárea para distintas estaciones, encontrándose como resultado para otoño-invierno una producción en kilogramos (kg) superior en 500 kg a favor del raigrás tetraploide, siendo un 9% superior para dicha característica. En cambio, los datos obtenidos durante la primavera muestran una diferencia en producción en toneladas de materia seca por hectárea (tt MS/ha) bastante más notoria. Puntualmente 2,8 tt MS/ha produjo LE 284, mientras que Winter Star 3 generó 5,8 tt MS/ha, encontrando 3000 kg/ha de diferencia en producción para dicha estación. A modo de comparación porcentual se puede afirmar que Winter Star 3 fue 108% superior en producción de materia seca por hectárea durante la primavera que LE 284 (PGG, 2019).

Esta gramínea se caracteriza por ser de los de mayor producción de forraje en las estaciones de otoño-invierno debido a su ciclo intermedio y a la buena calidad de forraje que mantiene durante la primavera avanzada (Maranges et al., 2018).

La combinación de cultivares tempranos, medios y tardíos en un sistema puede atenuar la curva de oferta de forraje y aproximarla más a la de la demanda de los animales. Es por esto, que es recomendable contar con la información fenológica de los materiales a la hora de elaborar un esquema forrajero (Maranges et al., 2018).

Haciendo referencia a la productividad de la variedad, en base a unos estudios realizados en promedio de 14 ensayos, en los últimos 8 años (Maranges et al., 2018).

Cuadro No. 1. Producción de diferentes cultivares de raigrás

Producción	Winter Star 3	Winter Star 2	INIA ESCORPIO	INIA TITAN	LE 284
kg MS/ha	10000	9500	9500	9200	8200

Anualmente, produce en promedio 21% más que La Estanzuela 284 y 6% más que Winter Star 2 (Maranges et al., 2018).

En cuanto a la operativa, la parte práctica, se recomienda sembrarlo temprano en el otoño, puede ser primera quincena de marzo, a una densidad entre 20 y 25 kg/ha en cultivo puro. A una profundidad entre 0,5 y 1 cm. Su potencial se maximiza con una fertilización nitrogenada, luego de ajustar el resto de los elementos principales (fósforo, potasio y azufre) es por esto que se recomienda luego de un pastoreo fertilizar con altas tasas de nitrógeno y realizar pastoreos rotativos para promover un buen rebrote (PGG, 2019).

Winter Star 3 presenta un buen comportamiento frente a la roya de la hoja, claramente superior al de Winter Star 2. Este elemento puede influir sobre la productividad y la calidad de la reserva de forraje primaveral (Maranges et al., 2018).

Características resumidas:

- Anual, tipo westerwoldicum (*L. multiflorum* var. *westerwoldicum*)
- Tetraploide
- Ciclo intermedio, florece próximo al 16/10
- De los de mayor producción en otoño-invierno
- Alta producción total
- Muy buena sanidad

2.3.2. Generalidades de la especie *Trifolium pratense*

La leguminosa *Trifolium pratense* La Estanzuela 116 presenta hábito de vida bianual, trianual, hasta perenne, hábito de crecimiento erecto, cespitosa y pubescente. Planta con raíz pivotante, a veces ramifica (Izaguirre, 1995).

Se caracteriza por ser un cultivar diploide, de porte erecto a semierecto, de floración temprana, bianual, sin latencia invernal, susceptible a podredumbres radiculares. También posee destacada precocidad y alta producción total e invernal, característica que lo diferencia del resto de los cultivares con latencia, aún de los más productivos. Su vida productiva es de dos años, se recomienda para rotaciones cortas que requieran altas producciones en corto tiempo. Su pico de máxima producción se presenta en noviembre (INIA, 1995).

Leguminosa que presenta buen vigor inicial, excelente implantación, sobre todo cuando la siembra se realiza temprano en el otoño, de rápido establecimiento en los suelos. Especie que admite amplio rango de fecha de siembra, lográndose extender hasta el mes de agosto (Ayala et al., 2010).

Se trata de una especie de excelente comportamiento productivo, ofreciéndose como muy importante en sistemas intensivos de producción, donde resulta ser seleccionada para constituir mezclas forrajeras tanto con gramíneas anuales como con gramíneas perennes (Carámbula, 2002a).

En dichas circunstancias el aporte de forraje es temprano debido a su precocidad, pero debe considerarse siempre que se trata de una especie perenne de vida corta debido a la presencia de enfermedades y a que su resiembra natural no es confiable. Por lo tanto, en pasturas constituidas por gramíneas perennes, deberá ir siempre acompañada por alguna leguminosa perenne de vida larga, que posea buena sanidad y se resiembra naturalmente sin dificultades como el *Trifolium repens*. De ahí que, si bien básicamente muchas veces es clasificada como una especie perenne,

normalmente sea considerada como una especie bianual, debido a que no solo el primer verano muchas plantas mueren por el efecto de una o más enfermedades de raíz y corona, sino que además su resiembra natural es muy poco eficiente (Carámbula, 2002a).

Su persistencia depende mayormente de la perennidad que presente la planta original, ya que su resiembra natural no es buena (García, 1992).

Tiene excelente rebrote con rápida producción de tallos, que, junto con el ciclo corto, contribuyen a aumentar el rendimiento. Cuando el agua no es restrictiva, tiene buenas tasas de crecimiento en el primer verano. La producción del segundo verano está generalmente condicionada por la incidencia de podredumbres radiculares, las altas temperaturas y déficit hídrico, cuyos efectos combinados reducen el stand de plantas (INIA, 1995).

En cuanto a sus exigencias en suelos, tolera bien la humedad en invierno y responde de manera excepcional al riego en verano, constituyendo junto al *Dactylis glomerata* una mezcla de gran producción estival. En los suelos ácidos, por sus bondades puede ocupar el lugar de la alfalfa (Carámbula, 2002a).

Su hábito erecto facilita el aprovechamiento animal, siendo una leguminosa de destacada calidad cuando se pastorea frecuentemente. Las altas acumulaciones de forraje disminuyen el aprovechamiento en condiciones de pastoreo y reducen la calidad del forraje al incrementarse la proporción de tallos. Una de las desventajas a tener presente es la capacidad de generar meteorismo por lo que no se utiliza con pastoreo continuo (INIA, 1995).

Trifolium pratense presenta baja persistencia generalmente, esto se da debido a la muerte de plantas por marchitez y podredumbre de raíz, enfermedad causada por hongos (Rebuffo y Altier, 1996).

2.3.2.1. Implantación, manejo y uso recomendado

Dentro de los suelos, se adapta mejor a los de texturas medias y pesadas con buena profundidad. Presenta excelente implantación tanto en siembras puras como asociadas a cultivos o verdeos, en un rango de épocas muy amplio que comprende otoño, invierno y primavera (INIA, s.f.).

Para una correcta implantación se recomienda una densidad de siembra de 6-8 kg/ha y con un nivel de fósforo en suelo de 12-14 ppm (Díaz Lago et al., 1996).

Cultivar recomendado para rotaciones cortas en tambos. Permite pastoreo directo y su alta tasa de crecimiento primaveral la convierten en una excelente opción

para generar reservas de heno. Su máxima producción se alcanza con pastoreos rotativos, ya que las defoliaciones intensas y frecuentes reducen mucho su productividad. Su rápida recuperación después del pastoreo la hacen una leguminosa indicada para sistemas intensivos. La baja persistencia de este cultivar reduce la posibilidad de obtener forraje a partir del segundo verano, por lo que no se recomienda en mezclas de praderas perennes (INIA, s.f.).

Presenta altas tasas de crecimiento, hábito erecto y rápida elongación de tallos, elementos que contribuyen a competir con otras forrajeras por la luz. Se recomienda en mezclas con especies de rápido crecimiento y ciclo corto, especialmente con cebadilla y achicoria. Densidades de siembra altas le confieren un carácter agresivo. Florece abundantemente y es capaz de producir buenos rendimientos de semillas, pero este potencial se ve limitado en Uruguay por dificultades en la polinización con abejas (INIA, s.f.).

Características resumidas:

- Tipo sin latencia
- Destacada adaptación al pastoreo
- Alta producción de forraje en otoño-invierno
- Porte erecto y ciclo corto
- Excelente rebrote con rápida producción de tallos
- Recomendado para rotaciones cortas en tambos

2.4. CARACTERÍSTICAS MORFOGENÉTICAS DE LAS PLANTAS

2.4.1. Tasa de aparición foliar

Se denomina como la velocidad con la que se producen nuevas hojas en un macollo (número de hojas/tallo en una unidad de tiempo) y puede calcularse como la inversa del filocrón. El filocrón se define como el intervalo de tiempo necesario para la aparición de dos hojas sucesivas en un mismo macollo, generalmente se utilizan los días como unidad. Debido a que la temperatura tiene cierto efecto sobre este indicador se utiliza la suma térmica, la cual es el resultado del intervalo en días, por la temperatura media diaria del intervalo y su unidad se expresa en grados/día (Colabelli et al., 1998).

Su valor puede proporcionar una indicación muy precisa de la densidad de la población de los macollos, y conjuntamente con la tasa de elongación y la duración de la vida de la hoja, permiten estimar el tamaño y el número de hojas verdes por macollo (Busqué y Herrero, 1995).

A medida que el macollo se desarrolla, en simultáneo continúa la aparición de hojas, y la velocidad de este proceso depende en gran medida del ambiente y factores

de manejo, como lo son principalmente iluminación, temperatura óptima y disponibilidad de nutrientes. Su número máximo ronda en torno a 7-9 hojas/macollo para gramíneas anuales, mientras que especies perennes presentan de 14-16 hojas/macollo. Dependen en gran medida del total de hojas vivas, de la vida media de dichas hojas y de la velocidad de aparición de las mismas (Carámbula, 2002a).

A forma de ejemplo, la velocidad de aparición de hojas es aproximadamente 1 cada 11 días para el raigrás perenne, mientras que para festuca es 1 cada 23 días, tomando de referencia una temperatura promedio de 10°C. Luego de un corte, la senescencia comienza 30 días posteriores para raigrás y para festuca entorno a los 55 días, determinando que el número máximo de hojas que puede tener un macollo son 3 para raigrás y 2,5 para festuca (Colabelli et al., 1998).

La temperatura es uno de los factores que afectan en mayor medida a la tasa de aparición de hojas, a pesar de que hay otras variables ambientales. Dentro de los factores de manejo, la fertilización nitrogenada presenta poco efecto sobre la variable analizada, tanto en pasturas densas como plantas individuales (Whitehead, 1995).

2.4.2. Tasa de elongación foliar

Se denomina a la tasa de elongación foliar como el aumento en longitud, medido en milímetros, que se refleja en la lámina de las hojas durante cierto periodo de tiempo o suma térmica (Colabelli et al., 1998).

Según Lemaire y Agnusdei (2000) descartan el ancho foliar como medida válida ya que generalmente presenta incrementos en menor medida, si toman la tasa de elongación foliar como principal indicador del crecimiento de una hoja.

Dos procesos son responsables de la tasa de elongación foliar, uno es la división celular, quien define el número de células maduras por día y el otro es la elongación celular, desde que se da la formación de la célula hasta que llega a madurez (Colabelli et al., 1998).

En cuanto a la disponibilidad de nitrógeno, a medida que aumenta la fertilización nitrogenada, la tasa de elongación foliar se ve afectada positivamente. Estudios obtuvieron resultados de entre 15 a 28% de aumento en dicha variable a partir de niveles altos de nitrógeno (Mazzanti y Lemaire, 1994). En cambio, Wilman y Pearse (1983) hicieron referencia a mayores respuestas en la tasa de elongación foliar a medida que se adiciona nitrógeno, acompañado de una reducción en la frecuencia de cortes.

2.4.3. Vida media foliar

La vida media foliar es un proceso natural donde se da la aparición de nuevas hojas y luego de cierto tiempo, estas comienzan a senescer. Este período es bastante estable en cuanto a duración, dependiendo de cada genotipo (Colabelli et al., 1998).

Este parámetro indica el total de hojas vivas que llegará a tener un macollo, lo cual es determinante para explicar la dinámica de crecimiento de las pasturas. La máxima cantidad de biomasa viva acumulada, que es igual al máximo rendimiento y la duración del período desde un corte hasta comienzo de la senescencia son dos variables de mucha importancia para un buen manejo de las pasturas, ambas dos son definidas por la vida media foliar (Chapman y Lemaire, 1993). Definido de esta manera, se concluye que la vida media foliar es un indicador que caracteriza la acumulación de tejido foliar para las distintas especies forrajeras.

El número máximo de hojas vivas que puede llegar a tener un macollo está determinado por la vida media foliar y la tasa de aparición de hojas, que son dependientes también del tipo de material genético al que se haga alusión (Davies, 1988).

2.4.4. Macollaje

Se lo considera al macollo como unidad estructural básica en las gramíneas. Según Nabinger (1996) la composición de una planta parte de un tallo principal para luego, a partir de ese formar un conjunto de macollos, la forma de dicha planta va a estar determinada por la disposición de este macollo principal y por la morfología de la planta.

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

Una de las ventajas que presenta el macollaje es la capacidad de prolongar la longevidad del tapiz, mediante la regeneración de la pastura. Se nota la compensación frente a situaciones desfavorables como lo es la pérdida de plantas por muerte, llegando a cubrir espacios libres mediante la generación de nuevos macollos (Carámbula, 1977).

Como desventajas, el proceso de macollaje presenta ciertas limitantes o restricciones frente a ciertos factores como la falta de nutrientes, especialmente

nitrógeno, baja disponibilidad de agua y un balance negativo entre la fotosíntesis y la respiración (Carámbula y Elizondo, 1968).

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

Lemaire y Gastal (1997) definieron una relación entre valores de tasa de aparición de hojas y cantidad de macollos producidos, esto indica que especies con valores altos de tasa de aparición de hojas producirán muchos macollos de pequeño tamaño, mientras que con bajas tasas se producirán menos macollos pero de mayor tamaño.

2.5. FERTILIZACIÓN FOSFATADA

2.5.1. Fósforo en suelo

Se ha definido al fósforo como uno de los nutrientes esenciales para la sobrevivencia, ya que sin él no podrían vivir ni el hombre, ni las plantas, ni los animales, debido a que es la principal estructura energética de todo ser vivo (Carámbula, 2002b).

Se clasifica como macronutriente, pese a que su contenido en las plantas es siempre menor que el de nitrógeno, potasio y calcio. Sin embargo, como factor limitante de la producción vegetal, el fósforo es más importante que el calcio, y quizás aún más que el potasio. Es el primer factor limitante nutricional en los suelos de Uruguay, dados sus niveles naturalmente deficientes para la siembra de cultivos y pasturas (Hernández, 1999).

El fósforo, es el segundo nutriente que con mayor frecuencia afecta la producción de los cultivos, siendo el primero nitrógeno. Forma parte de enzimas, ácidos nucleicos y proteínas, estando involucrado en prácticamente todos los procesos de transferencia de energía. El contenido total de fósforo en el suelo se relaciona a características del material parental y el clima en la mayoría de las veces (García y Picone, 2004).

Otros procesos biológicos en los cuales el fósforo está involucrado incluyen la división celular, la estimulación del crecimiento celular, floración, fructificación y formación de semillas (Hernández, 1999).

Este nutriente realiza además otras funciones como componente de fosfolípidos, ácidos nucleicos y nucleoproteínas todos ellos muy importantes en numerosas reacciones y procesos. Así mismo, el fósforo es también activador de algunas enzimas acelerando las tasas de sus reacciones. En su ausencia, las enzimas podrían no accionar en la forma correcta para mantener los procesos metabólicos, al punto de dejar la célula sin funcionamiento o llevarla a la muerte. Se debe tener siempre presente que el déficit de fósforo en cualquier pastura no solo disminuye las tasas de crecimiento, sino que además afecta la concentración de este elemento en el forraje y por lo tanto disminuye su calidad nutritiva, lo que constituye una seria limitante para las producciones animales (Carámbula, 2002b).

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

2.5.2. Factores que afectan su disponibilidad

Para la gran mayoría de los suelos del país, el contenido total de fósforo es bajo. Este se encuentra en valores cercanos a 0,02 y 0,08 %, valores considerablemente más bajos que los que se manejan para nitrógeno y potasio, 0,14 y 0,80 % respectivamente (Hernández, 1999).

Es correcto afirmar que para lograr una buena instalación, desarrollo, persistencia y producción de las pasturas es imprescindible la fertilización con fósforo, el cual puede ser suministrado con diferentes tipos de fertilizantes fosfatados, de acuerdo con las recomendaciones formuladas para cada zona por los organismos especializados (Carámbula, 2002b).

El fósforo es absorbido por las plantas desde la solución del suelo, siendo los requerimientos del ciclo del cultivo mucho mayores a la cantidad presente en ésta, por lo que debe existir una reposición desde la fase sólida (Morón, 1996).

Tempranamente en la etapa de crecimiento la absorción de nutrientes es escasa, debido a la baja demanda del cultivo o pastura en ese momento, pero se debe disponer de una concentración elevada entorno a las raíces de todas formas (Almada, 2006).

La concentración del nutriente en la planta puede no asociarse directamente a la disponibilidad en suelo, por la existencia de otros factores que pueden influir como lo son humedad en suelo, aireación, compactación y relación con otros nutrientes, momento máximo de absorción, entre otras cosas (Morón, 1996).

La eficiencia de los fertilizantes fosfatados presentan cierta disminución en valor inicial al pasar cierto tiempo desde su aplicación, existen ciertos factores involucrados, dentro de los cuales se encuentran a la erosión, lixiviación, remoción de productos agrícolas, la inmovilización de compuestos orgánicos estables y las reacciones entre el suelo y dicho fertilizante (Morón, 1992).

2.5.3. Requerimiento de fósforo por leguminosas y gramíneas

La capacidad de absorción de nutrientes depende, entre otros factores, del tipo de sistema radicular. Es así que las gramíneas poseen una ventaja competitiva frente a las leguminosas en la absorción de agua y nutrientes. Particularmente esta característica es importante en nutrientes poco móviles como el fósforo (Evans, citado por Silveira, 2005).

Los requerimientos de fósforo para las leguminosas son básicos, debido a que con niveles adecuados de este nutriente se logra concretar un buen crecimiento y desarrollo, a su vez se favorece una buena nodulación la cual permitirá una buena fijación biológica de nitrógeno posterior para el sistema (Silveira, 2005).

A grandes rasgos es posible hacer énfasis en el hecho de que las leguminosas poseen una capacidad mayor para utilizar el fósforo, particularmente el de la fosforita, que las gramíneas. Si bien este comportamiento es contrastante en siembras puras de ambas familias, en las mezclas forrajeras en las que intervienen leguminosas y gramíneas, estas últimas se ven favorecidas como consecuencia de la solubilización de este nutriente por parte de las raíces de las leguminosas (Carámbula, 2002b).

La extracción del fósforo con la remoción del forraje puede llegar a ser de 0,4% del contenido de este nutriente en la capa arable del suelo. Estos valores son considerablemente más bajos si se los compara con la extracción de productos agrícolas (Morón, 1992).

Hanway y Olson, citados por Morón (1992) consideraron para maíz (5000 kg/ha), sorgo (4000 kg/ha), soja (1800 kg/ha), avena (1600 kg/ha), trigo (2400 kg/ha) y cebada (1900 kg/ha) una extracción variable de fósforo en la parte cosechada en torno a los 7 y 15 kg/ha.

2.5.4. Respuesta a la fertilización

En condiciones de pastoreo, Haynes y Williams, citados por Turner et al. (2005) establecen que entre un 60-90% del fósforo consumido por las plantas es devuelto al sistema mediante el suelo.

Por el contrario, en suelos cultivados, gran parte del fósforo es removido con la cosecha y solo una parte vuelve al suelo como forma de reposición, siendo este el rastrojo que logra descomponerse (Stevenson y Cole, 1999).

Las salidas de fósforo del sistema se pueden agrupar en 4 grandes vías: 1) la extracción a través de reservas forrajeras (heno y silo), 2) mediante transferencia de fósforo vía heces fuera del área productiva, 3) extracción en productos animales (leche y carne), y 4) erosión (Morón, 1996).

Por el contrario, la única entrada significativa de fósforo al sistema es vía fertilizante fosfatado, siendo esta una de las principales diferencias con respecto al ciclo del nitrógeno, el cual presenta importantes entradas vía atmosférica (Morón, 1996).

Dados los altos requerimientos de las leguminosas en cuanto a fósforo, para lograr una buena implantación de estas especies en cobertura se torna imprescindible suministrar cantidades adecuadas de este nutriente para no depender de esta limitante (Carámbula et al., 1994).

En cuanto al fertilizante, al estar este aplicado en superficie provoca una mayor concentración de raíces en esta zona del suelo, este es un aspecto no deseable ya que es en esta porción de suelo donde más rápidamente se pierde humedad por evaporación. Dicho efecto se agrava por la mayor concentración de raíces en esta zona del perfil, determinando esto que las plantas sean más susceptibles a déficit hídrico en las primeras etapas del establecimiento de las especies sembradas (González et al., Ferrés et al., citados por Silveira, 2005).

La fertilización fosfatada no solo es importante para el establecimiento de las especies, sino que también es relevante para la producción de forraje en el primer año y el mantenimiento de un alto nivel productivo y persistencia posterior para los próximos años (Berretta et al., 2001).

Además del momento de la implantación, el fósforo debería ser aportado sucesivamente con refertilizaciones anuales, o al menos una fertilización por año, dado que ante niveles limitantes de este nutriente las gramíneas presentan mejor eficiencia en la utilización del mismo, y pueden desplazar a las leguminosas generando un desbalance en la composición de la pastura (Carámbula, 1996).

2.5.5. Fertilización a la siembra

Cuando el nivel de fertilidad es bajo y la estructura del suelo es pobre, la implantación de la pastura se logra mejor en algunas situaciones, teniendo en cuenta dos etapas: primero construir la fertilidad y segundo instalar la pastura permanente (Carámbula, 2002b).

El fósforo, precisamente, estimula el crecimiento rápido de las raíces de las plántulas, siendo el nutriente fundamental para favorecer el establecimiento temprano de las mismas. Así mismo, dado que generalmente la instalación de las pasturas se realiza entrado el otoño, las temperaturas bajas que se registran en dicho período limitan la disponibilidad de fósforo y por lo tanto en todos los casos se debería favorecer la presencia de niveles apropiados de este nutriente en la primera etapa del crecimiento de las leguminosas (Mallarino y Casanova, citados por Carámbula, 2002b).

Los niveles exigidos por las leguminosas para mantenimiento serían del orden de 2-3 ppm menos que los niveles para implantación. Lograr estos valores de suficiencia de fósforo en el suelo para mantener la productividad de las leguminosas solo es posible a través de refertilizaciones anuales (Bordoli, 1998).

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta que las plántulas de las leguminosas perennes poseen sistemas radiculares restringidos, que las temperaturas bajas del otoño limitan la disponibilidad de fósforo en el suelo y que el crecimiento inicial de las mismas demanda concentraciones altas de este elemento para su crecimiento rápido y su nodulación temprana, se ha determinado en todas las situaciones que los fertilizantes rápidamente solubles permiten a las plántulas alcanzar un desarrollo inicial mayor y por lo tanto son más ventajosos para lograr la implantación rápida de las leguminosas (Carámbula, 2002b).

Por lo tanto, cualquiera sea la leguminosa forrajera a sembrar, se debe tener siempre en cuenta que resulta de gran importancia acelerar el primer crecimiento de sus plantas por el medio más efectivo que se disponga. En este sentido no se debe descartar ninguna posibilidad aplicable, tratando de lograr la mayor eficiencia del fertilizante fosfatado, ya que las ventajas que se logren desde un principio en la implantación, como consecuencia de aplicar un nivel inicial de fósforo adecuado, serán de gran importancia para alcanzar una pastura exitosa. Pero por, sobre todo, si se pretende asegurar una buena implantación de las leguminosas resulta imprescindible utilizar dosis iniciales de fósforo altas, principalmente en suelos marginales, donde el primer crecimiento puede verse seriamente afectado (Carámbula, 2002b).

2.5.6. Importancia del fósforo en la planta, como afecta la implantación, que sucede en caso de déficit

La carencia crónica del fósforo en muchos suelos de la región, no solo impide que las especies forrajeras en general y las leguminosas en particular crezcan y se desarrollen exitosamente, sino que además resulta un serio inconveniente para que las plantas puedan hacer uso máximo de los otros nutrientes que son fundamentales para el buen comportamiento de las pasturas (Carámbula, 2002b).

Las leguminosas forrajeras presentan grandes variaciones en rendimientos de materia seca y en el contenido de fósforo de sus tejidos, sin llegar a mostrar síntomas extremos. La falta de este nutriente puede expresarse mediante una menor producción de forraje respecto a la óptima (Carámbula, 2002b).

En la producción de pasturas, el bajo nivel de fósforo en el suelo disminuye la implantación, las tasas de crecimiento, y la concentración del nutriente en el forraje, disminuyendo la calidad nutritiva del mismo. Por lo tanto, las correcciones de los niveles de fósforo se tornan imprescindibles para lograr una mejora en la productividad y persistencia de la pastura (Carámbula, 1996).

El efecto más acentuado de la falta de fósforo es la reducción en el crecimiento de las hojas, así como en el número de las mismas. El crecimiento de la parte superior es más afectado que el de la raíz. Sin embargo, el crecimiento de la raíz también se reduce marcadamente en condiciones de deficiencia del nutriente, produciendo menor masa radicular para explorar el suelo por agua y nutrientes (Mite et al., 1999).

Generalmente, el fósforo inadecuado o a menor dosis del requerido, deprime los procesos de utilización de carbohidratos, aun cuando continúa la producción de estos compuestos por medio de la fotosíntesis. Esto resulta en una acumulación de carbohidratos y el desarrollo de un color verde oscuro en las hojas. En algunos cultivos, las hojas deficientes en fósforo desarrollan un color púrpura, ejemplos son el tomate y el maíz debido a que el nutriente es fácilmente movilizado en la planta, cuando ocurren las deficiencias de este. El fósforo se transloca de los tejidos viejos a tejidos meristemáticos activos y por esta razón los síntomas aparecen en las hojas viejas (parte baja) de la planta. Sin embargo, estos síntomas de deficiencia rara vez se observan en el campo y la deficiencia del mismo generalmente se evidencia por una pérdida apreciable de rendimiento finalmente (Mite et al., 1999).

Hernández (1999) afirma que los síntomas de la deficiencia se observan generalmente en las hojas más viejas, las cuales adquieren un color verde oscuro. Esto ocurre debido a la movilidad que presenta el elemento en la planta, lo cual permite la translocación desde hojas viejas a las nuevas en condiciones restrictivas en el nivel del nutriente, generando esta sintomatología (Ozanne, citado por Whitehead, 2000).

2.6. FERTILIZACIÓN NITROGENADA

2.6.1. Nitrógeno en suelo

El nitrógeno es un elemento primario de las plantas, se puede encontrar en los aminoácidos, por lo tanto, forma parte de las proteínas, de las amidas, la clorofila y hormonas (Alessandri, 2009).

Se considera un elemento importante en la nutrición de las plantas. Las leguminosas son capaces de absorber el nitrógeno directamente del aire, siendo este transformado en amoníaco y luego en nitrato por bacterias que viven en simbiosis con la planta en sus raíces, reteniéndolo de esta forma para el sistema. El nitrato es posteriormente utilizado por la planta para formar el grupo amino de los aminoácidos de las proteínas que finalmente se incorporan a la cadena trófica (Alessandri, 2009).

El nitrógeno es requerido por las plantas en cantidades mayores que cualquiera de los otros nutrientes. Con la excepción del nitrógeno adquirido por simbiosis en las leguminosas, las plantas absorben casi todo este nutriente a través de las raíces como iones de amonio y nitrato (Whitehead, 2000).

La función principal del nitrógeno en los seres vivos es formar parte de las moléculas de aminoácidos y proteínas, también es constituyente de otros compuestos como vitaminas, coenzimas, clorofila y ácidos nucleicos (ADN, ARN). En términos generales, para la mayoría de los países, se puede afirmar que el nitrógeno es el nutriente más limitante para el crecimiento de las plantas (Alessandri, 2009).

2.6.2. Factores que regulan su disponibilidad

Las concentraciones de nitrógeno en las gramíneas y leguminosas son por lo general de entre 1,0 y 5,0%. Dicha concentración está determinada por tres factores principales: 1) suministro de nitrógeno disponible en el suelo; 2) diferencias entre gramíneas y leguminosas; y 3) estado fisiológico de las plantas (Whitehead, 2000).

Principales componentes del sistema suelo - planta – animal, combinado con las entradas y salidas de nitrógeno.

Las entradas de nitrógeno más significativas al sistema son mediante:

- Fijación biológica de nitrógeno
- Agregado de fertilizantes nitrogenados
- Ocasionales entradas por lluvias
- Enmiendas

Por otra parte, las salidas más importantes se deben a:

- Volatilización del nitrógeno bajo forma de amoníaco hacia la atmósfera
- Lixiviación de nitrógeno bajo forma de nitrato
- Desnitrificación (pasaje de nitrato a gases)
- Erosión, productos animales
- Deyecciones animales fuera del área de producción

Como el objetivo general del trabajo realizado es evaluar la dinámica en la implantación de praderas mezclas bajo distintos niveles de agregado de fertilizante, se hará énfasis en dicha entrada al sistema.

“Fertilizante es aquella sustancia orgánica o inorgánica, de origen natural o sintético, que es agregada al suelo para suplementar uno o más elementos esenciales para el crecimiento vegetal” (Alessandri, 2009).

El significado de fertilizar hace referencia a complementar el aporte de nutrientes que realiza el suelo por sus mecanismos naturales mediante el agregado del nutriente deficitario al cultivo o pastura en cuestión, cuyo objetivo es obtener el rendimiento esperado con el menor costo y daño posible al medio ambiente. Para realizar una fertilización racional se debe conocer cuál es el nutriente deficiente en el suelo y cuál es la fuente de fertilizante que lo aporta. Respecto al nutriente aportado por el suelo, el nitrógeno inicial o mineral, se halla principalmente bajo forma de nitrato o amonio. El contenido de amonio en general es despreciable, pero bajo condiciones de excesiva humedad y bajas temperaturas puede acumularse. A pesar del carácter transitorio del nitrato en el suelo por su vulnerabilidad a los procesos de pérdida, su contenido a la siembra está directamente relacionado con la respuesta a la fertilización y es imprescindible tenerlo en cuenta cuando se planifica la fertilización nitrogenada de un cultivo o pastura (Alessandri, 2009).

2.6.3. Variables morfogénicas que afectan el nitrógeno en las gramíneas

Se constatan efectos notorios sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas mediante los factores abióticos como luz, temperatura, disponibilidad de agua y nutrientes quienes son de suma importancia. Los efectos pueden ser positivos o negativos, dependiendo de las características de estos factores. El balance entre efectos positivos y negativos, ya sea de carácter inmediato o a largo plazo, define los requerimientos de las plantas que deben ser suplidos en los procesos de asimilación, mayormente a través de la fotosíntesis (Colabelli et al., 1998).

Según Ferri et al. (2000) el nitrógeno llega a producir un aumento en el número de macollos por planta y por unidad de superficie en ambientes que no presentan limitantes de nutriente y agua.

Este nutriente también afecta variables como el tamaño final de hojas, largo de pseudotallos y tallos, densidad y peso promedio de macollos (Mazzanti et al., 1997).

A fin de tener noción bajo un ejemplo, con temperaturas mayores a 8°C, el raigrás anual y la avena aumentaron en forma exponencial su tasa de elongación foliar (Mazzanti et al., 1997).

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

2.6.4. Cómo afecta la implantación, qué sucede en caso de déficit

La mayoría de los sistemas con producción de forraje se ven limitados por deficiencias de nitrógeno y puede ser aumentada por encima del 50% cuando la misma es corregida. La alta producción en pasturas es dependiente de la fijación simbiótica de nitrógeno y/o fertilización nitrogenada. La fertilización nitrogenada es ampliamente utilizada en la mayoría de los países (Bemhaja, 1994).

Las gramíneas y otras plantas no leguminosas son casi totalmente dependientes de dicho nutriente mineral del suelo. Al haber alta concentración de nitrato en suelo, la fijación de nitrógeno por las leguminosas es suprimida, pero esto ocurre sólo transitoriamente en pasturas. Las gramíneas tienen tan altas demandas de nitrógeno que la concentración de este en suelo generalmente es muy baja la mayoría de las veces (Simpson, 1987).

La incorporación de macronutrientes, en especial el nitrógeno a las comunidades nativas afecta la composición, distribución y producción de forraje aéreo y radicular (Bemhaja, 1994).

Durante etapas tempranas de crecimiento el fenómeno de dilución del nitrógeno es poco importante debido a la ausencia de competencia por luz entre plantas (Lemaire et al., citados por Ferreira, 2014).

Sin embargo, la concentración de nitrógeno en todos los órganos, excepto las semillas, disminuye durante el crecimiento a consecuencia del efecto de dilución ocasionado por una mayor tasa de acumulación de materia seca que de nitrógeno (Chamorro et al., citados por Ferreira, 2014).

La deficiencia de nitrógeno en plantas disminuye el crecimiento y la producción de clorofila, de este modo aparece clorosis (hojas de color amarillo). La clorosis

empieza en las hojas de mayor edad, aunque puede aparecer clorosis en las hojas más jóvenes. Además, produce disminución del tamaño de los frutos y su cuajado (Formoso, 1994).

Cuando las plantas soportan deficiencias de nitrógeno se vuelven raquílicas y amarillas; este amarillamiento o clorosis aparece primero en las hojas inferiores, mientras que las superiores permanecen verdes, lo que demuestra la movilidad del nitrógeno en la planta (Tisdale y Nelson, citados por Pirez, 2012). Acerca de esto, Colabelli et al. (1998) afirman que el número de hojas puede decaer por un incremento en la tasa de senescencia foliar, debido a que el nitrógeno se trasloca a partes de mayor prioridad.

2.6.5. Respuesta a la fertilización para leguminosas y gramíneas

La respuesta en términos absolutos es dependiente de la oferta de nitrógeno por parte del suelo, cuanto menor es el aporte que puede realizar el suelo, mayor es la respuesta al agregado (Perdomo y Bordolli 1999, Hoffman et al. 2010, 2013).

La respuesta de las plantas al nitrógeno brindado por los fertilizantes depende de una serie de factores que limitan o promueven las posibilidades de alcanzar los máximos beneficios, como lo son, factores climáticos, edáficos y de planta. En cuanto a factores climáticos, se puede decir que la temperatura y la humedad son las variables que más inciden en la respuesta al fertilizante nitrogenado. La absorción de nitrógeno está muy relacionada con la actividad de la planta, y por ende, si coexisten temperaturas excesivas o demasiado bajas, y/o deficiencias hídricas que comprometan el crecimiento y desarrollo de las mismas, se verá limitada una utilización eficiente de dicho nutriente. Por otra parte, es importante tener en cuenta factores edáficos a la hora de fertilizar. Se debe considerar que la disponibilidad de otros nutrientes no sea limitante. En Uruguay es importante corregir las frecuentes limitantes de fósforo, ya que dichos suelos son deficientes para este nutriente. Por lo que muchas veces la utilización de fertilizantes binarios (nitrógeno – fósforo) suele ser ventajosa. Para obtener un adecuado balance entre gramínea y leguminosas es necesario aplicar distintas prácticas de manejo de fertilización y pastoreo. De esta forma se puede decir que el nitrógeno y el fósforo son los nutrientes que afectan en mayor medida dicho equilibrio (Carámbula, 2004).

Por un lado, el nitrógeno en el equilibrio gramínea-leguminosa favorece el desarrollo de las gramíneas y de esta manera se genera una competencia por luz en donde la población de leguminosas se ve disminuida. A esto se le suma el aporte de nitrógeno por parte de los nódulos en descomposición y raíces muertas. Además, frente a un aumento en la cantidad de nitrógeno en el suelo, la tasa de fijación de nitrógeno de los rizobios de las leguminosas se ve disminuida (Carámbula, 2004).

La composición de gramíneas y leguminosas en la mezcla es lo que va a determinar si la fertilización nitrogenada va a tener éxito o no; dicho esto se recomienda aplicar nitrógeno en mezclas que tengan alta producción, dominadas por gramíneas y solamente cuando las condiciones climáticas sean favorables para el crecimiento de la pastura (O'connor et al., citados por Rebuffo, 1994).

En cambio, cuando la dominancia está dada por las leguminosas, generalmente no se espera una respuesta significativa bajo el agregado de nitrógeno; bajo una menor población de gramíneas en la mezcla se verá limitado notoriamente el potencial de respuesta y el nitrógeno aplicado generará una sustitución de gramíneas por leguminosas (Mazzanti et al., 1997).

De las formas más económicas de suministrar nitrógeno al sistema aparece la incorporación de leguminosas, claramente se denotan los beneficios en cuanto a producción de materia seca logrados por las gramíneas en esta asociación, llegan a valores los cuales pueden ser solamente sobrepasados mediante el uso de fertilización nitrogenada (Carámbula, 2010).

En el caso del fósforo, se plantea que, si bien las gramíneas presentan una buena respuesta al mismo, esta se hace aún mayor frente a la presencia de nitrógeno. De todas maneras, el componente leguminosa en la pastura es el que mejor responde al fósforo gracias a que disponen de nitrógeno a través del proceso de simbiosis (Carámbula, 2004).

La respuesta a la fertilización fosfatada por parte de cualquier pastura varía en función de la condición en la cual se encuentra la misma. Esta realidad resulta ser de gran incidencia muy especialmente en los casos en que se resuelva renovar una pastura en vías de degradación (Carámbula, 2004).

Presentar niveles de fósforo por debajo al adecuado es una de las causas de la mala implantación según Carámbula (1996), además la ausencia de refertilizaciones como una de las causantes de la falta de persistencia de las pasturas, así como de no crear un mejor ambiente para la inclusión por interseembra de gramíneas en una segunda etapa de los mejoramientos.

Uruguay presenta suelos que poseen niveles deficitarios de nitrógeno, no obstante, las leguminosas en las mezclas forrajeras poseen la capacidad de aportarlo. De esta manera, es recomendable la fertilización con este nutriente en dosis bajas, para favorecer el crecimiento de las gramíneas sin desbalancear la mezcla en los sistemas (Carámbula, 2002b).

Según estudios realizado por Risso (2005), sobre diferentes leguminosas con densidades y fertilizaciones crecientes en un mejoramiento demuestran que hay

respuesta en el aumento de la densidad de siembra junto con aumentos en la fertilización fosfatada inicial, esto genera establecimientos más homogéneos, precoces y un rendimiento de forraje inicial más elevado, esto es fundamental para resolver las malas condiciones que deben afrontar las plántulas de las especies introducidas en la renovación, como también brindar forraje en forma temprana.

En un estudio utilizando verdeos de raigrás y trébol persa, se observó que el porcentaje de materia seca que representa el trébol en la mezcla es mayor sin nitrógeno adicional y con una menor fertilidad del suelo inicial, ya que se favorece el crecimiento de la leguminosa sobre el crecimiento de la gramínea. También se concluyó que existe la posibilidad de reemplazar el fertilizante nitrogenado por el trébol persa en verdeos mezclas si el nitrógeno residual acumulado en el suelo cumple con los requisitos de la gramínea (Thompson y Stout, 1992).

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

2.7. PRODUCCIÓN DE FORRAJE BAJO DISTINTOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA Y NITROGENADA

2.7.1. Dominancia de gramíneas o leguminosas según fertilización

Hay dos nutrientes que son fundamentales para la producción de forraje en mezclas que contienen gramíneas y leguminosas: el nitrógeno y el fósforo, como se explicó anteriormente. Mientras el nitrógeno tiene más efecto en la producción de gramíneas, el fósforo afecta en mayor medida la producción de leguminosas.

Carámbula (2010) hace referencia al nitrógeno como nutriente vital para todas las pasturas. Por otro lado, se hace alusión a que el fósforo es capaz de complementarlo, debido a que fomenta el crecimiento de las leguminosas.

García, citado por Rebuffo (1994) destaca que existe interacción entre el nitrógeno y el fósforo en mezclas forrajeras de gramíneas y leguminosas, que ha sido observada en numerosos ensayos de fertilización de pasturas consociadas. Este autor indica que la mayor disponibilidad de nitrógeno favorece a las gramíneas sobre las leguminosas y, por el contrario, la mayor disponibilidad de fósforo favorece a las leguminosas sobre las gramíneas. Por ende, la capacidad de respuesta que tiene la pastura, dada fundamentalmente por la población de gramíneas y su capacidad de crecimiento, puede llevar a que la respuesta de estas genere rápidamente sombreado y con él una reducción en el rendimiento de las leguminosas.

Jáuregui et al.¹ afirman que bajo la utilización de fertilización fosfatada se asegura la presencia de leguminosas, mientras que, con fertilización nitrogenada a fines de invierno en conjunto con pastoreo intensivo durante la época de floración, permiten expresar el potencial productivo y de alto valor nutritivo de las pasturas sembradas. Con esto se busca potenciar la producción estacional y valor nutritivo de las praderas sembradas.

Según Carámbula (2010) si las leguminosas logran tener una buena adaptación al sistema van a ser la fuente económicamente menos costosa para el ingreso de nitrógeno al sistema. Para ello sería necesario llegar a buenos rendimientos, tanto en calidad como en cantidad de las pasturas mixtas de leguminosas y gramíneas.

De esta manera lograr cumplir con funciones importantes, como es el ajuste entre la producción de forraje y los requerimientos animales en ciertas épocas del año, sino que también reservando forraje en pie cuando los costos de las reservas tradicionales como el heno y ensilaje presentan costos elevados (Carámbula, 2010).

Otra función dentro del mismo contexto del nitrógeno, es la capacidad que presenta de aumentar el área de producción, mediante la utilización de la fertilización nitrogenada la cual permite incrementar la disponibilidad de la pastura, sin aumentar la superficie (Carámbula, 2010).

¹ Jáuregui, M. F.; Michelini, D. F.; Agnusdei, M. G.; Baudraco, J.; Sevilla, G. H.; Chilbroste, P.; Lattanzi, F. A. s.f. Persistence of tall fescue in a subtropical environment: tiller survival over summer in response to flowering control and nitrogen supply. (en prensa).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES EN GENERAL

3.1.1. Descripción del sitio experimental (localización y período)

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía (EEMAC.), Universidad de la República, en el departamento de Paysandú, Uruguay, más precisamente en el potrero No. 34b (Latitud 32° 22'30,98" S y Longitud 58° 03'46,00" O).

En base a la información proveniente de la carta de reconocimiento de suelos del Uruguay, escala 1:1.000.000 el área experimental se encuentra ubicada sobre la Unidad San Manuel, la cual se desarrolla sobre el territorio de la Formación Fray Bentos. Los suelos dominantes en esta unidad son Brunosoles Eutrícos Típicos superficiales a moderadamente profundos de textura limo-arcillosa. Se asocian suelos Brunosoles Eutrícos Lúvicos de textura limosa y Solonetz Solodizados Melánicos de textura franca (Altamirano et al., 1976).

3.1.2. Antecedentes del área experimental

El potrero tenía una pradera instalada de 5 años compuesta por *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* con densidades de siembra de 15, 2 y 8 kg/ha respectivamente.

Los análisis de suelo realizados antes de la siembra mostraron por un lado que el método Bray I determinó un nivel de fósforo en suelo de 7 ppm. Mientras que el contenido de N-NO₃ en suelo estaba en 3 ppm. Antes de la siembra no existían diferencias en el potrero en biomasa inicial, ni en la proporción de las especies que componían esa pradera, datos comprobados por la tesis de Quintero y Silva (2019).

3.1.3. Información climatológica

Uruguay se ubica dentro de la zona templada del sudeste de Sudamérica, con un clima mayormente homogéneo a lo largo de su territorio, definiéndose como templado-húmedo. La precipitación mensual se distribuye uniformemente a lo largo de los meses, con un leve incremento en el otoño, siendo el promedio de las precipitaciones mensuales para el departamento de Paysandú de 101mm según INUMET (s.f.).

De acuerdo al registro histórico de Uruguay para el periodo 1961-1990 la temperatura media anual es de 17,9°C, mientras que, para julio, fecha de inicio del experimento corresponde a 11,8°C. Considerando el final de la investigación, el mes de

octubre la temperatura promedio fue de 17,5°C. Las temperaturas mínimas medias para los meses de inicio y fin fueron de 7,1°C y 11,6°C respectivamente.

3.1.4. Tratamientos y descripción del experimento

Se instaló el experimento en otoño 2018 sobre una pastura de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* comenzando su quinto año de vida con el objetivo de evaluar la implantación de *Trifolium pratense* y *Lolium multiflorum* bajo distintos niveles de fertilización.

La siembra fue realizada sobre fines de mayo con una sembradora directa, un día posterior al pasaje de rotativa. Se utilizaron las siguientes densidades de siembra: 6 kg/ha de *Trifolium pratense* cultivar La Estanzuela 116 y 15 kg/ha de *Lolium multiflorum* cultivar Winter Star 3. Ambas semillas fueron sembradas en la misma línea.

Los tratamientos consistieron en lo siguiente: (1) un testigo sin la intersembrado de las nuevas especies (Testigo); (2) solo con la incorporación de semillas (Intersiembrado); (3) con la incorporación de semillas más 120 kg de 18-46-46-0 a la siembra (Intersiembrado+P); (4) y con la incorporación de semillas más 120 kg de 18-46-0 a la siembra y 100 kg de urea aplicados a mitad del mes de agosto (Intersiembrado+P+N).

Fueron realizadas tres mediciones aproximadamente a los 30, 60 y 90 días post siembra.

Figura No. 1. Croquis de los tratamientos



3.1.5. Diseño experimental

El diseño experimental consistió en bloques completos al azar. El área experimental abarcó aproximadamente 5,5 hectáreas, las cuales fueron divididas en 3 bloques. Los tres bloques se dividieron cada uno en 4 parcelas de 0,35 hectáreas. Cada una de las parcelas en estudio presentaban 5 sitios de muestreos ubicados aleatoriamente sobre los que se realizaron las mediciones. En cada instancia de registro de datos se colocó un rectángulo de 50x20 cm en cada sitio utilizado como unidad de muestreo en el que se midieron cada variable en estudio.

3.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Se estableció un calendario de mediciones con el objetivo de evaluar las diferentes variables en los distintos tratamientos.

Durante estas fueron registradas los datos y las especificaciones con respecto a número de plantas de raigrás y trébol rojo, número de macollos por planta, número de hojas para ambas especies y su evolución (hojas verdes y/o senescentes) y por último la presencia de otras especies productivas. La evolución morfológica de las hojas se determinó teniendo como criterio cuando el ápice de la hoja comenzaba con el proceso de senescencia ya contabilizaba para la categoría hoja senescente.

3.2.1. Variables evaluadas

Porcentaje de implantación y estado de desarrollo fueron las variables que se evaluaron a lo largo del experimento.

3.2.1.1. Porcentaje de implantación

Se cuantificó el porcentaje de implantación a los 30, 60 y 90 días post siembra midiendo en 5 cuadros por unidad experimental, utilizando un rectángulo (50cm x 20cm) del cual se obtiene el número de plantas/m². Con la información de pureza de siembra, porcentaje de germinación y peso de mil semillas, se obtuvo el porcentaje de implantación para las fechas que fueron realizadas las mediciones.

3.2.1.2. Estado de desarrollo de gramíneas y leguminosas

Durante la etapa de campo se registraron los respectivos estados en el cual se encontraban las plantas. Para el caso del raigrás se contabilizó la cantidad de macollos y hojas por macollo, separando hojas vivas de senescentes. Mientras que para el trébol rojo el número de hojas fue la variable medida.

Para el análisis de *T. pratense* se utilizó una escala de identificación del estado de desarrollo de las plantas, plantas en estado de cotiledón y una hoja estado 1, plantas con dos hojas están dentro del estado 2, tres hojas estado 3 y 4 o más hojas estarán dentro del estado 4.

3.3. HIPÓTESIS

3.3.1. Hipótesis biológicas

La utilización de fósforo y nitrógeno, junto a la combinación de ambos determinaron una mayor implantación de raigrás y/o trébol rojo. Mayores niveles de insumos determinan una mayor implantación de las distintas siembras.

3.3.2. Hipótesis estadística

$H_0 = T_1 = T_2 = T_3 = T_4$ no hay efecto de los tratamientos.

$H_a =$ al menos un tratamiento es diferente.

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.4.1. Modelo estadístico

$$Y = \mu + \beta_i + T_j + E_k + T_j * E_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

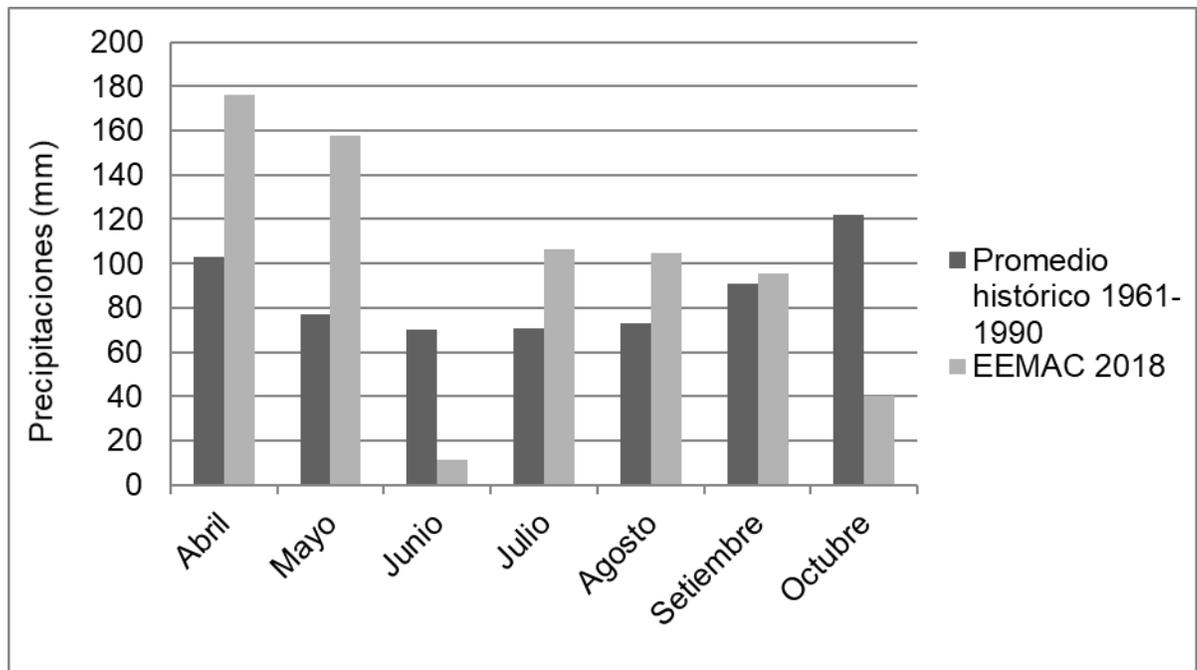
- Y - variable de interés (número de plantas, hojas senescentes, etc.)
- μ - media poblacional
- β_i - bloque
- T_j - tratamiento
- E_k - fecha de medición
- ϵ_{ijk} - error experimental

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DATOS METEOROLÓGICOS

A continuación, se presentan los registros de precipitaciones acumuladas mensuales que corresponden al periodo mayo 2018- octubre 2018 y la comparación con los valores promedios para el período 1961-1990 para el departamento de Paysandú (ver anexo).

Gráfica No. 1. Precipitaciones mensuales promedio de la EEMAC en el año 2018 vs. promedio de la serie histórica de Paysandú

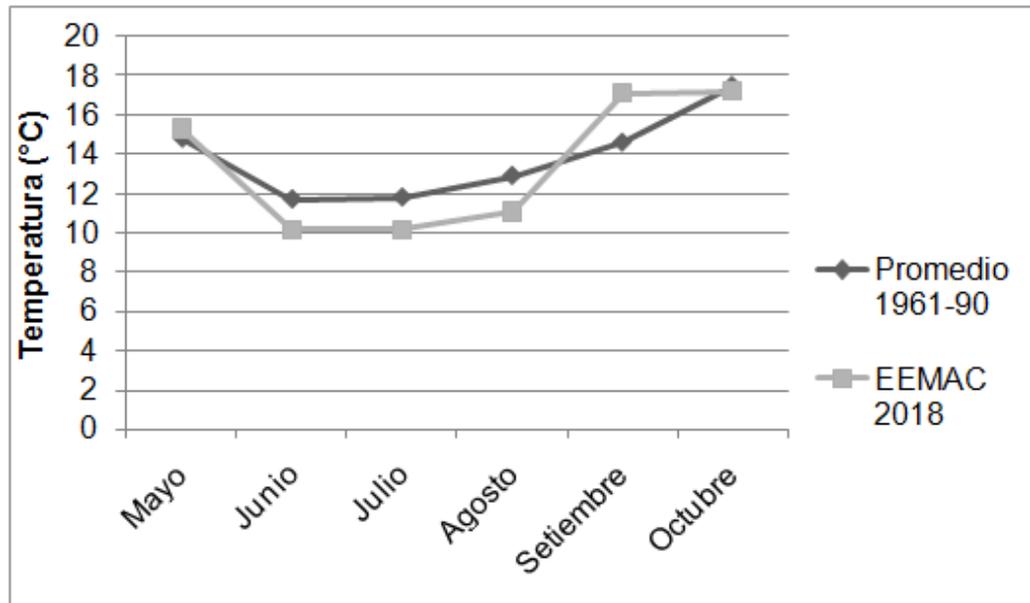


Las precipitaciones variaron con relación a la serie histórica en la mayoría de los meses, aunque para el período exclusivo del experimento en los 3 meses evaluados del 2018 fueron superiores con excepción de setiembre que fue prácticamente igual.

Más allá de que durante el período experimental hubo precipitaciones considerables, durante el mes de junio ocurrió un descenso registrando valores significativamente menores que el promedio histórico coincidiendo con los primeros días pos siembra, sin embargo, en los meses previos se registraron lluvias por encima del promedio que permitieron abastecer de agua al suelo y mantenerlo con un perfil de humedad elevado para beneficio de la germinación. Según Formoso (2007), la

humedad es una de las principales causas en determinar malas implantaciones en Uruguay, y la semilla viable necesita un flujo de agua continuo para germinar correctamente.

Gráfica No. 2. Temperatura para el período del experimento en la EEMAC. 2018 vs. promedio histórico para la ciudad de Paysandú



Con respecto a las temperaturas medias mensuales, en los tres primeros meses de crecimiento de la pastura se registraron variaciones por debajo del promedio de la serie histórica (1,5°C menos aproximadamente), salvo los últimos días de mayo.

El mes de setiembre fue el único que superó al promedio histórico (2,5°C superior) y octubre prácticamente igual.

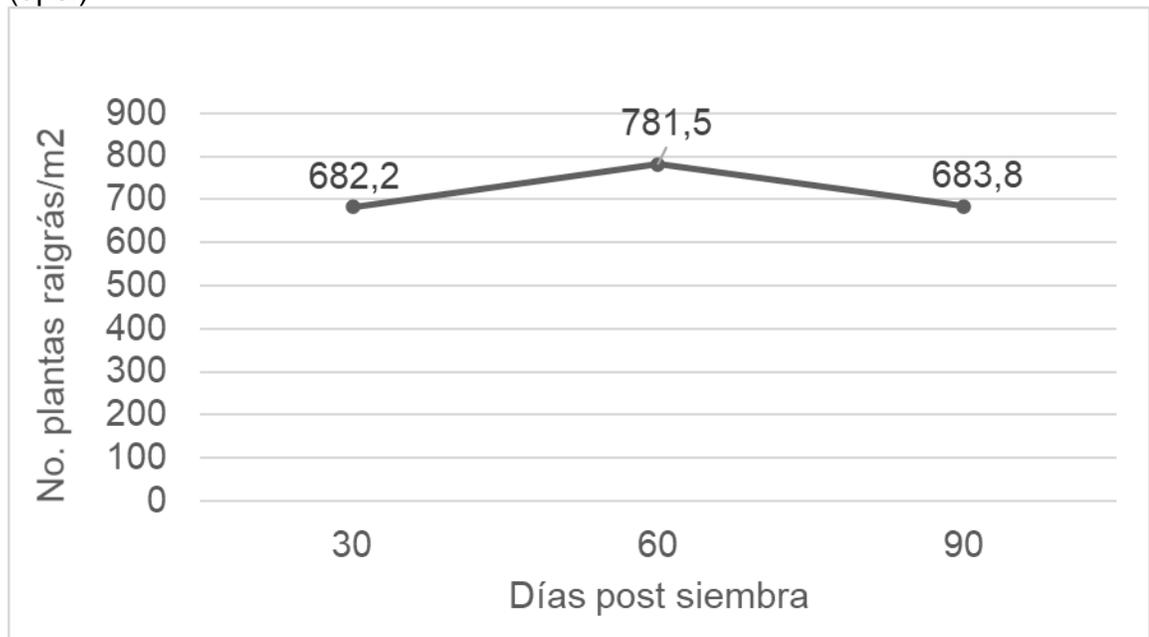
Estos primeros meses con temperaturas inferiores, sobre todo junio, pudieron llegar a afectar la implantación por la menor temperatura de suelo especialmente especies con menor vigor inicial (Perrachón, 2013). Atrasos en la fecha de siembra disminuyen el establecimiento y aumentan la mortalidad de trébol rojo, en comparación con épocas de siembra con temperatura y humedad superiores (Colabelli et al., 1998).

4.2. DENSIDAD DE PLANTAS

4.2.1. Número de plantas de raigrás

Posteriormente se aprecia la evolución en cuanto al número de plantas de raigrás a lo largo del experimento.

Gráfica No. 3. Evolución del número de plantas de raigrás según días post siembra (dps.)



En las tres fechas evaluadas no se encontraron diferencias significativas (ver anexo) en la cantidad de plantas de la gramínea sembrada.

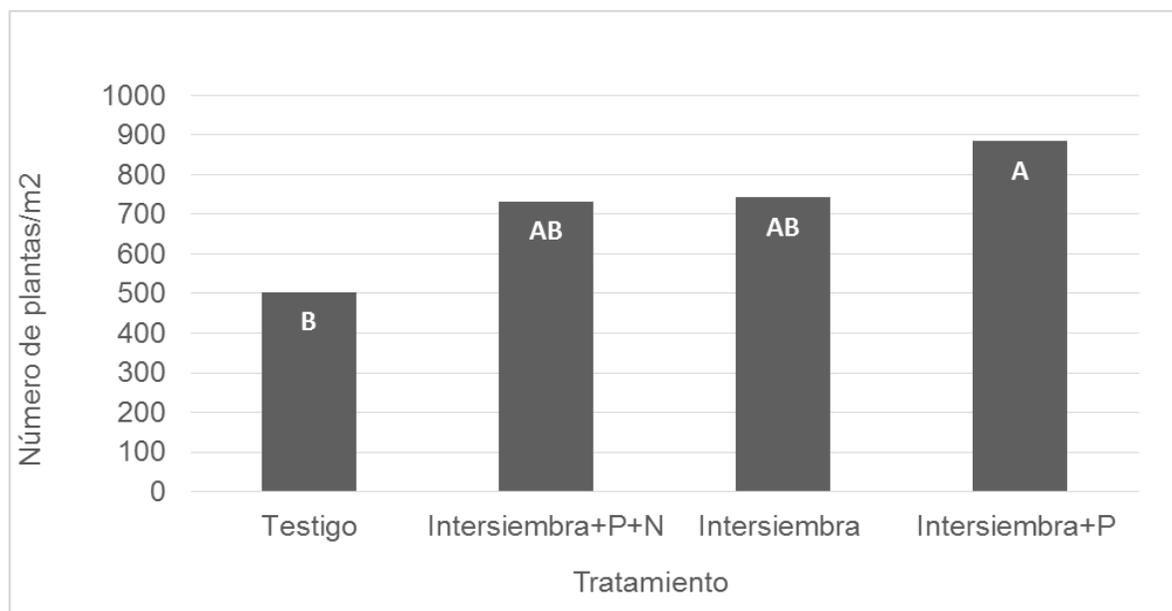
Los datos obtenidos muestran un resumen poco específico de como los diferentes tratamientos no variaron significativamente a lo largo del invierno, salvo para los 60 dps., probablemente beneficiado por el incremento de las precipitaciones, aunque no se mantuvo la tendencia en densidad de plantas y si las precipitaciones.

El stand de plantas objetivo definido para un verdeo puro según Correa Urquiza (2004), ronda en torno a 250 a 350 plantas/m² a los 45 días post siembra. Los números obtenidos en las tres fechas fueron ampliamente superiores a los de referencia a pesar de tener una cama de siembra de menor calidad, lo que pudo deberse a un banco de semillas ya presente en la chacra.

En la misma línea, se asume un objetivo de 280 plantas/m² para lograr la cantidad de plantas necesarias para tener una cantidad de forraje aceptable en un verdeo de invierno. Para intersembras con raigrás sin tener en cuenta la cantidad de plantas llegaron a duplicarse las producciones de pasto durante el invierno y a incrementar aproximadamente 1000 kg de MS en el total del año (Barbera et al., 2011).

En la siguiente gráfica se observa la variación que hubo en la cantidad de plantas de raigrás bajo diferentes tratamientos.

Gráfica No. 4. Número de plantas de raigrás según tratamiento



Los resultados muestran que el tratamiento de intersiembrap+P fue el que logró el mayor número de plantas, superando al testigo con diferencias significativas, mientras que los demás tratamientos no mostraron diferencias estadísticas.

En la componente gramínea del experimento era de esperarse que el tratamiento intersiembrap+N muestre resultados superiores a los otros, ya que según Carámbula (2013) una dosis adecuada de N que no afecte los nódulos y la fijación biológica, y la corrección de los niveles de fósforo, favorecería la implantación de las gramíneas.

En contraposición, Silveira (2005) plantea que niveles adecuados de P resultan imprescindibles para lograr un buen desarrollo radicular y consecuentemente una cantidad de plantas satisfactoria, especialmente de las leguminosas.

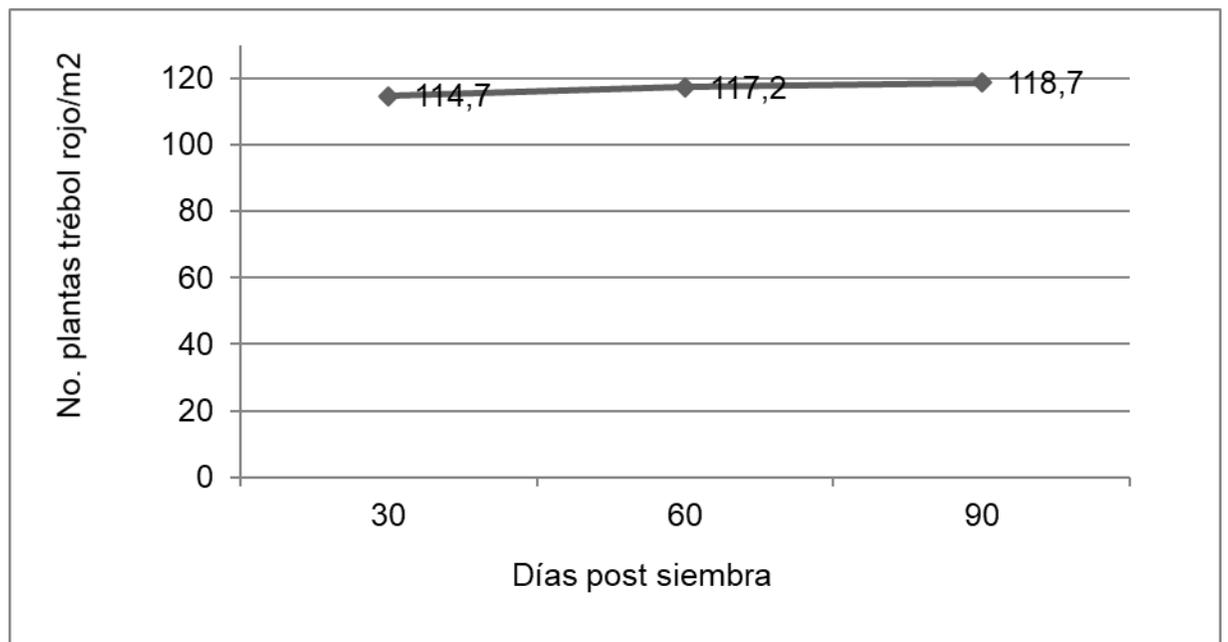
Más allá de que existe una diferencia numérica importante entre el testigo y los demás tratamientos, es destacable la cantidad de plantas que presenta sin haber ni siquiera agregado semilla al momento de la siembra. El banco de semillas ya presente y las condiciones que atravesó alcanzó para lograr estadísticamente la misma cantidad que la intersiembra e intersiembra+P+N.

Se concluye que el potrero contaba con un banco de semillas considerable para lograr esa cantidad de plantas. Es por este motivo que se decide contabilizar el número de plantas y no analizar el porcentaje de implantación, el cual se veía distorsionado por el alto número de plantas “guachas” nacidas en el potrero.

4.2.2. Número de plantas de trébol rojo

A continuación, se presenta en la gráfica la densidad de plantas según las fechas evaluadas.

Gráfica No. 5. Evolución del número de plantas por metro cuadrado de trébol rojo en relación a los días post siembra.



Los valores obtenidos no presentaron diferencias significativas (ver anexo) en ninguno de los 3 momentos de análisis independientemente de los tratamientos. Los datos presentan un valor promedio de 117 plantas/m², el cual se asemeja a las 137 plantas/m² obtenidas por Leaniz y Tisnés (2015) en una mezcla de trébol rojo y cebadilla.

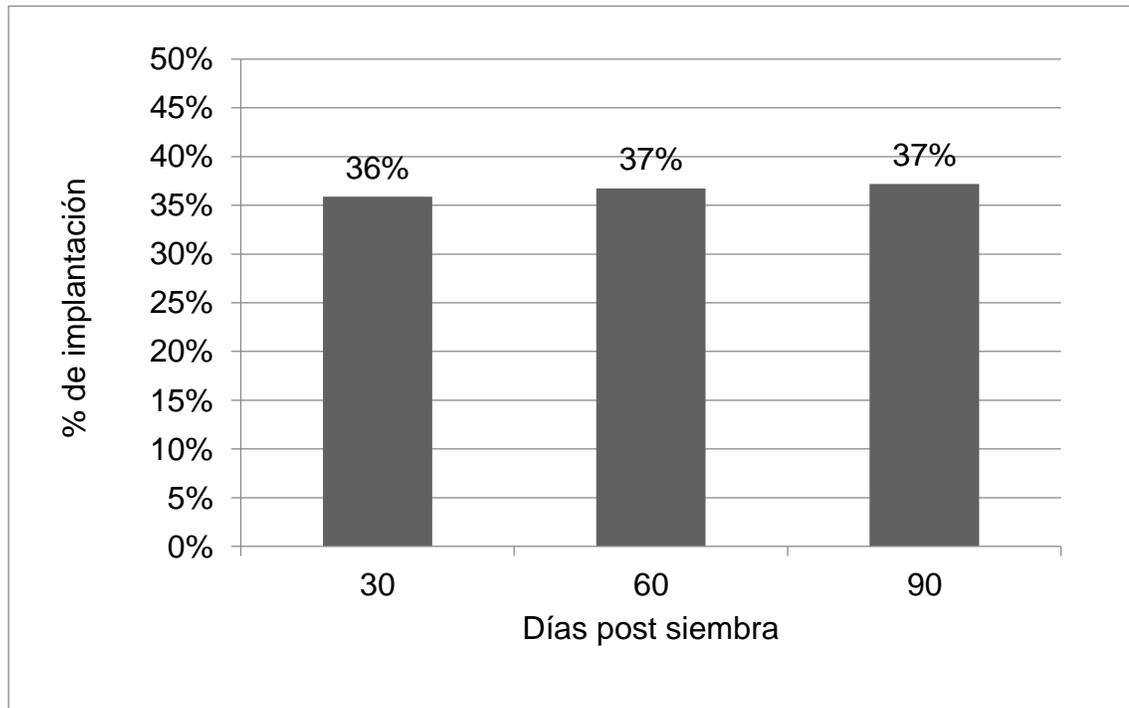
En cuanto a la mezcla utilizada en el mejoramiento, el vigor inicial que presentan las especies como el *T. pratense*, genera una desventaja en las otras especies sembradas, ya que quedan bajo condiciones adversas para el período de germinación, esto no logró expresarse por completo en el correr del experimento, debido a que el raigrás logró un buen establecimiento en lo que refiere a número de plantas/m². Por otra parte, estas especies se ven afectadas frente a una baja en las precipitaciones, pero principalmente frente al número de heladas ocurridas en el período post-siembra (González et al., 1999).

4.2.2.1. Porcentaje de implantación según días desde la siembra

Según Carámbula (2002b) este valor hace referencia al número de plántulas que logran establecerse en la pastura, y es expresado como porcentaje del número de semillas viables sembradas. Teniendo esta definición presente, se logra deducir que la densidad de siembra es una variable importante en la ecuación, ya que dependiendo de esta será el número de plantas que se obtendrían por metro cuadrado. Para obtener una misma población, aumentando el porcentaje de implantación y disminuyendo densidad de siembra, se logrará disminuir el costo por hectárea.

Una de las variables evaluadas dentro de los tratamientos fue el porcentaje de implantación según la fecha analizada, estos valores se representan en la gráfica siguiente.

Gráfica No. 6. Evolución del porcentaje de implantación según días post siembra para trébol rojo



Para las fechas analizadas, que corresponden a los días post-siembra, los datos arrojan que entre ellas no hubo diferencias significativas.

Los datos coinciden con los presentados por Ayala et al. (2010), quienes hacen referencia a que la especie se caracteriza por tener buenos valores de implantación y rápido establecimiento.

Esto se dio como consecuencia del buen vigor inicial de la especie utilizada, que permite competir adecuadamente con el tapiz presente, constituido principalmente por especies estivales que no presentan la misma época de crecimiento. El método de siembra en la línea favoreció el contacto semilla-suelo, mejorando aún más las condiciones de germinación y establecimiento.

El valor promedio de implantación durante el tratamiento analizado para *T. pratense* fue de 36,6% para las 3 fechas analizadas. Esto se desglosa en valores de 35,9, 36,7 y 37,2% para 30, 60 y 90 días post-siembra respectivamente. Tomando como referencia y a modo de comparación, estos valores son menores a los presentados por Gomes de Freitas y Klassen (2011), quienes recabaron los datos de 45, 41 y 46% para 30, 60 y 90 días post-siembra respectivamente.

En cambio, para Berasain et al. (2015), obtuvieron valores de implantación en torno a 31,5% para *T. pratense*, bajo esta comparación los datos obtenidos promedio en el experimento se encuentran dentro de los parámetros esperados.

Dentro de algunos factores importantes para lograr una buena implantación se debe de tener presente una correcta profundidad de siembra que favorezca el contacto semilla-suelo; tener en cuenta humedad del suelo, sobre todo para favorecer una correcta germinación, dependiente de presencia de lluvias (Formoso, 2007).

4.2.2.2. Porcentaje de implantación según tratamiento

A continuación, se presentan los valores de porcentaje de implantación para los distintos tratamientos evaluados.

Cuadro No. 2. Porcentaje de implantación de trébol rojo según tratamiento

	intersiembra+P+N	intersiembra+P	intersiembra
% implantación/ tratamiento	28,3 BC	61,3 A	54,9 AB

Se encontraron diferencias significativas en cuanto a los tratamientos estudiados, como era de esperarse la intersiembra+P presentó la mayor implantación superando a intersiembra+P+N y al testigo, afirmando así la afinidad/necesidad de la leguminosa frente al nutriente fósforo.

El tratamiento intersiembra+P+N fue estadísticamente inferior a intersiembra+P, el agregado de nitrógeno favoreció a las gramíneas ya establecidas disminuyendo la capacidad de competencia de las plántulas de trébol rojo. A su vez, puede haber sido afectada la nodulación radicular de las leguminosas.

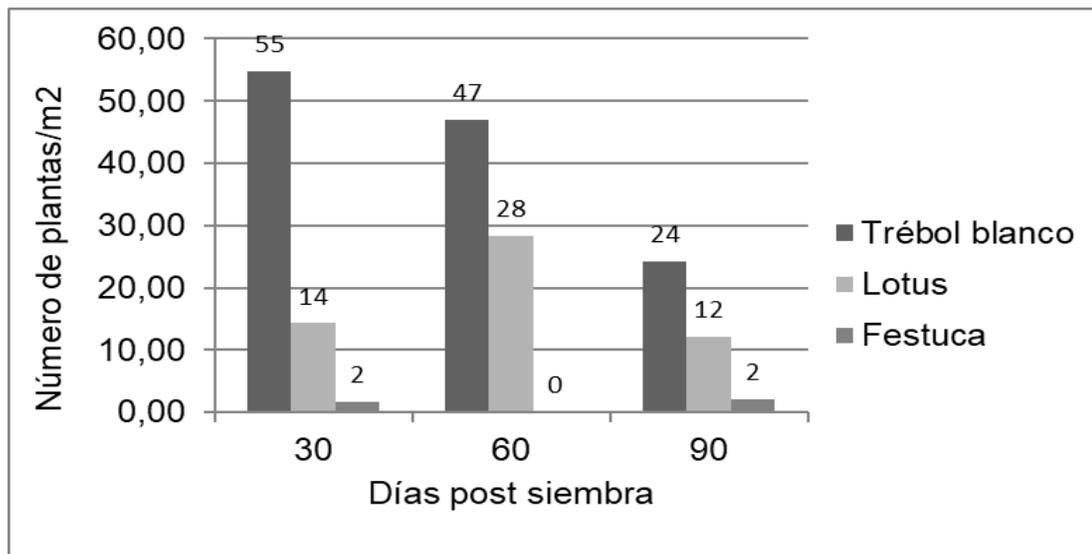
En cuanto a la intersiembra, presentó únicamente diferencias significativas con el testigo logrando un porcentaje de implantación mayor causado por el agregado de semillas. A pesar de que el nivel de fosforo en suelo era de 7ppm a la siembra, no fue superado por el tratamiento que recibió una dosis de fertilizante fosfatado para llegar al nivel crítico.

4.2.3. Otras especies

Con respecto a otras especies, se hace referencia a las espontáneas, las cuales se encuentran en la chacra sin haber sido sembradas para este estudio. En este caso se encontraron especies como *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus* y *Festuca arundinacea* entre las principales. Cabe resaltar que antes de realizar el mejoramiento hubo una pradera mezcla.

En la siguiente gráfica se muestra la evolución del No. de plantas en el tiempo (dps.), si bien el análisis estadístico no muestra diferencias significativas para ninguna de las tres especies (ver anexo), se puede apreciar que para el caso del trébol blanco hay una tendencia a disminuir el No. de plantas a medida que transcurre el mismo. Esto se puede deber a la poca competencia que ejerce el mismo, y según Turkington, Turkington et al., citados por Olmos (2004), las plantas vecinas a las plantas de trébol blanco, pueden afectar su crecimiento y sobrevivencia.

Gráfica No. 7. Número de plantas a los 30, 60 y 90 dps.



En cuanto a los tratamientos, representados en el siguiente cuadro, se observan diferencias significativas solo en el caso del trébol blanco, donde el testigo presenta mayor número de plantas en relación al tratamiento intersiembra+P e intersiembra. Esto puede deberse a que no presenta competencia de nuevas plantas como se mencionó anteriormente. No presenta diferencias significativas con intersiembra+P+N, pero numéricamente disminuye a la mitad, coincidiendo con Fisher y Wilman, Soussana et al., Harris y Clark, citados por Olmos (2004), quienes mencionan que la aplicación de nitrógeno, en general, tienen efectos negativos en la

proporción de trébol blanco en una pastura a causa de una promoción de *Lolium multiflorum*.

Cuadro No. 3. Número de plantas/m² según tratamiento

	testigo	intersiembra+ P+N	intersiembra+ P	intersiembra
Trébol blanco	85,6 A	40,6 AB	23,1 B	17,2 B
Lotus	36,7 A	28,5 A	3,3 A	4,4 A
Festuca	2,2 A	2,8 A	0,0 A	0,0 A

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

4.3. EVOLUCIÓN MORFOLÓGICA

4.3.1. Componente gramínea

A continuación, se presentan los datos que muestran el desarrollo morfológico que tuvo el raigrás en el correr del experimento, mostrando el efecto de los distintos tratamientos, fechas o sus interacciones sobre el número de macollos, el número total de hojas, las hojas verdes y las hojas senescentes.

4.3.1.1. Número de macollos

En el siguiente cuadro se puede observar la evolución del número de macollos a lo largo del periodo experimental.

Cuadro No. 4. Número de macollos a los 30, 60 y 90 dps.

Días post siembra	Número de macollos/planta
30	4,74 B
60	6,55 A
90	8,09 A

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

Como se aprecia en el cuadro el número de macollos por planta fue superior a los 60 y 90 dps. que a los 30. A medida que avanzó el tiempo la tendencia fue creciente acompañando el proceso del macollaje.

Saldanha et al. (2010) obtuvieron para raigrás perenne bajo distintas ofertas de pastoreo un promedio de 5,39 macollos por planta para el período setiembre a noviembre. La diferencia que el experimento mencionado fue pastoreado y se realizó en los meses primaverales, los cuales coinciden con mejores temperaturas que pueden favorecer el proceso de macollaje.

En la misma línea, Dotta y Quintero (2018) contabilizaron entre 3 y 6 macollos por planta para verdeo puro de raigrás, en función de la suma térmica.

Córdoba et al. (2017) obtuvieron para un verdeo puro de raigrás como mínimo en el mes de mayo 5 macollos por planta y como máximo en el mes de junio 11,2 de promedio. A pesar de la diferencia de fechas la tendencia que muestran algunos de estos resultados coinciden con la obtenida en el resultado de la intersembrado en cuanto a la evolución del macollaje a lo largo del tiempo.

En el cuadro debajo se observa los resultados obtenidos para el número de macollos por planta en función del tratamiento recibido en el experimento.

Cuadro No. 5. Número de macollos según tratamiento

Tratamiento	Número de macollos/planta
intersiembrado+P+N	8,34 A
intersiembrado	6,14 AB
intersiembrado+P	5,96 B
testigo	5,40 B

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

La intersembrado+P+N logró resultados superiores a la intersembrado+P y al testigo, mientras que la intersembrado no tuvo diferencias significativas con ninguno de los tres tratamientos.

Estos resultados obtenidos están en la línea de lo planteado por Ferri et al. (2000) que el nitrógeno puede aumentar el número de macollos por planta siempre y cuando no tenga otro tipo de limitaciones de nutrientes y agua.

De igual forma, Belanger et al., citados por Cecchini (2012) concluyeron que el nitrógeno puede afectar la expresión de variables morfogénicas y estructurales de diferentes maneras, por ejemplo, aumentando la tasa de elongación foliar y la tasa de macollaje, mediante la activación de yemas axilares por un mayor contenido de nitrógeno. Asimismo, según García y Mazzanti (1993) el nitrógeno en las gramíneas de clima templado promueve el macollaje tanto en otoño como en primavera, de gran importancia en la práctica, ya que un aumento del macollaje en otoño puede significar una mejor implantación, más persistencia y menos superficie de suelo descubierto.

Se observa que estadísticamente el tratamiento de interseembra no tuvo diferencias significativas con la interseembra+P+N, aunque si numéricas. Es probable que la fecha de siembra tardía pueda tener una menor respuesta a la fertilización nitrogenada (Silveira, s.f.). Las respuestas estacionales del macollaje al nitrógeno están fuertemente controladas por factores asociados a la cubierta vegetal (densidad de macollos, índice de área foliar, genotipo, entre otros) y al ambiente (temperatura, agua, radiación, etc., Colabelli et al., citados por Cecchini, 2012).

4.3.1.2. Número total de hojas

A continuación, se presentan los cambios que hubo en el correr del experimento para el número total de hojas.

Cuadro No. 6. Número total de hojas en función de los días post siembra

Días post siembra	Número total de hojas
30	2,15 C
60	2,93 B
90	3,47 A

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

Como se puede ver en el cuadro para las tres fechas de estudio el componente número de hojas fue en ascenso obteniendo diferencias significativas.

Saldanha et al. (2013), obtuvieron para cultivares de raigrás perenne sembrado puro entre 3,58 y 4,13 hojas totales. Teniendo en cuenta que no tuvieron la

competencia del tapiz la cantidad de hojas se acerca a lo que es un verdeo puro de invierno. Cabe destacar que el tapiz presente compitió con las especies introducidas por factores fundamentales como espacio, agua, luz y nutrientes entre otros, lo que puede explicar que ciertas variables estudiadas no estén cerca del potencial.

En el mismo sentido, según Dotta y Quintero (2018), para una mezcla de diferentes raigrases anuales con el agregado de leguminosas, específicamente *Trifolium resupinatum* y *Trifolium vesiculosum*, contabilizaron aproximadamente entre 2,2 y 3 hojas por macollo para los meses de julio y agosto.

Para todos los casos el número de hojas por macollo tiende a estabilizarse en la medida que la tasa de aparición de hojas y la tasa de senescencia tienden a igualarse.

Cuadro No. 7. Número total de hojas por macollo en función del tratamiento

Tratamiento	Número total de hojas
testigo	3,02 A
intersiembra+P+N	3,00 A
intersiembra	2,76 AB
intersiembra+P	2,61 B

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

Los resultados muestran que el testigo y la intersiembra+P+N fueron superiores que la intersiembra+P, mientras que la intersiembra no tuvo diferencias significativas con ninguno de los otros tres tratamientos.

Para entender y analizar estos resultados cuya variable es dependiente de muchos factores cabe destacar lo planteado por Carámbula (2002a), el número total de hojas depende del número de hojas vivas, de la vida media foliar y de la velocidad de aparición de hojas. A su vez esta última depende del ambiente y del manejo (iluminación, temperatura óptima y disponibilidad de nutrientes). Sabiendo esto, se complejiza el análisis por el simple hecho de que diferentes factores van a incidir sobre los distintos componentes que determinan el número total de hojas por macollo.

El número de hojas vivas según Davies (1988) depende de la vida media foliar y de la velocidad de aparición de hojas, ambos factores preestablecidos en función del material genético seleccionado. En el mismo sentido Colabelli et al. (1998) establecen que la vida media foliar es un proceso con duración estable dependiente del genotipo

que tenga, de manera que confirma que puede no variar con el agregado de fertilizante o la introducción de nuevas especies. Con respecto al segundo componente, la fertilización nitrogenada presenta poco efecto sobre la velocidad de aparición de hojas (Whitehead, 1995). En adición, Gastal y Lemaire, citados por Mazzanti et al. (1997) afirman que no se encontraron respuestas en la aparición de hojas frente al agregado de nitrógeno.

Sobre la acción del fósforo se presentan dos posturas, por un lado, Mite et al. (1999) sostienen que el efecto más acentuado en una situación de déficit de fósforo es el crecimiento de hojas, así como el número de las mismas. Por otro lado, se plantea que las fertilizaciones fosfatadas afectan principalmente a las leguminosas (Bordoli, 1998). Lo cual podría coincidir con lo obtenido en el experimento.

Uno de los principales factores que afecta la tasa de aparición de hojas según Whitehead (1995) es la temperatura, ya que con la acumulación térmica disminuiría el filocron de manera que la aparición de hojas se acelere. Aunque para las condiciones que atravesó la pastura, temperaturas por debajo de la media en la mayoría de los meses, no tendría un efecto notorio sobre el número total de hojas por macollo.

4.3.1.3. Número de hojas verdes

En el siguiente cuadro se presentan los datos del número de hojas verdes por macollo para el período del experimento.

Cuadro No. 8. Número de hojas verdes por macollo según días post siembra

Días post siembra	Número de hojas verdes/macollo
30	2,08 B
60	2,62 A
90	2,46 A

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

Los resultados muestran que para los 60 y 90 días post siembra el número de hojas verdes fue superior a la medición de los 30 días. Esto coincide con la dinámica de crecimiento del raigrás, el cual aumenta la cantidad de hojas verdes hasta el punto en que la tasa de aparición de hojas y la vida media foliar definen el equilibrio entre las hojas que nacen y las que mueren. Como se planteó anteriormente estos factores varían en función del cultivar seleccionado.

Cuadro No. 9. Número de hojas verdes en función del tratamiento

Tratamiento	Número de hojas verdes/ macollo
testigo	2,69 A
intersiembra+P+N	2,49 A
intersiembra	2,32 AB
intersiembra+P	2,04 B

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

Los tratamientos testigo e intersiembra+P+N fueron superiores a la intersiembra+P, mientras que la intersiembra no tuvo diferencias significativas con ninguno de los tratamientos. Similar a lo ocurrido con otras características morfogénicas de la gramínea, la fertilización única con fósforo puede haber beneficiado más a las leguminosas sin embargo son los mismos factores que se definen según la genética que posea el material.

El tratamiento con agregado de nitrógeno fue de los que obtuvo mayor cantidad de hojas verdes por macollo, esto coincide con lo planteado por Lattanzi et al. (s.f.) que el agregado de este nutriente en *Lolium multiflorum* disminuye el filocrón por ende aumenta el número de hojas vivas por macollo hasta cierto punto (150 kg de nitrógeno por hectárea, por encima de eso no hubo diferencias significativas). Sin embargo, los tratamientos testigo e intersiembra no mostraron diferencias significativas con la intersiembra+P+N de manera que no logró superar a estos tratamientos.

Los resultados obtenidos en este experimento coinciden con lo establecido por Wilman y Wright, citados por Agnusdei et al. (1998) que lo publicado en general con respecto al efecto del nitrógeno sobre la tasa de aparición de hojas, muestra la ausencia de efectos significativos para gramíneas forrajeras.

4.3.1.4. Número de hojas senescentes

El cuadro siguiente presenta los resultados obtenidos en referencia al número de hojas senescentes para las 3 fechas estudiadas.

Cuadro No. 10. Número de hojas senescentes a los 30, 60 y 90 dps.

Días post siembra	Número de hojas senescentes/macollo
30	0,07 B
60	0,31 B
90	1,01 A

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

La evolución de la senescencia muestra que a los 90 dps. hubo una diferencia significativa con respecto a los 30 y 60 días. Esta evolución coincide con lo planteado anteriormente por Colabelli et al. (1998) que la duración de la vida media foliar de cada material genético es relativamente estable para cada cultivar.

Por otro lado, Azanza et al., citados por Córdoba et al. (2017) afirman que factores como el estrés hídrico o nutricional pueden acelerar el proceso de senescencia independientemente de los mecanismos de crecimiento foliar, modificando el número máximo de hojas por macollo.

Cuadro No. 11. Número de hojas senescentes en función del tratamiento

Tratamiento	Número de hojas senescentes/macollo
intersiembra+P	0,57 A
intersiembra+P+N	0,51 A
intersiembra	0,44 A
testigo	0,34 A

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

Como se aprecia en el cuadro no hubo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. Lo obtenido reafirma lo citado por la mayoría de la bibliografía

en cuanto a variables morfológicas, las cuales están definidas de antemano genéticamente.

4.3.2. Componente leguminosa

A continuación, se presenta la variación que mostró el trébol rojo en su desarrollo para la interacción fecha por tratamiento para el componente número total de hojas.

Cuadro No. 12. Número total de hojas de trébol rojo según interacción fecha*tratamiento

Días post siembra	Tratamientos	Medias	Estado
90	intersiembra +P	3,86 A	4
90	intersiembra	3,60 A	4
90	intersiembra +P+N	3,41 AB	3
60	intersiembra +P	3,13 ABC	3
60	intersiembra	2,99 ABCD	3
60	intersiembra +P+N	2,65 ABCD	3
30	intersiembra +P+N	1,73 BCDE	2
30	intersiembra	1,63 CDEF	2
30	intersiembra +P	1,40 DEF	1
90	testigo	0,67 EF	1
30	testigo	0,50 EF	1
60	testigo	0,00 F	0

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

Para el análisis del cuadro se puede apreciar que presentaron mayor número total de hojas los tratamientos evaluados en fechas tardías (90 dps.), con fósforo y con semilla. Mientras que el tratamiento a los 60 dps. el testigo fue el que presentó menor

número total de hojas, puede deberse a la presencia únicamente del tapiz existente y al no tener ninguna reincorporación de especies.

Observando el estado de la planta, se logró definir su nivel de desarrollo según los dps., ya mencionado anteriormente. Dicho esto, para los 90 dps. los tratamientos de interseembra+P e interseembra las plantas lograron un mayor grado de desarrollo que el resto de los tratamientos.

Las fechas tardías (90 dps.), excepto el tratamiento testigo, presentaron un estado de desarrollo más avanzado en las plantas. En cambio, los testigos no lograron un estado de desarrollo similar, esto puede deberse a una baja disponibilidad de nutrientes, por ende, mayor competencia entre plantas generando un enlentecimiento en el desarrollo de las mismas. Para el tratamiento de interseembra+P+N, pudo haber ocurrido que el nitrógeno deprima el desarrollo de la leguminosa, atrasando su crecimiento y cambio de estado.

5. CONCLUSIONES

Densidad de plantas de raigrás fue mayor con agregado de DAP (fosfato diamónico) a pesar de verse distorsionado por banco de semillas del suelo.

Se recomienda la incorporación de trébol rojo por sus habilidades de competencia, sin agregado extra de nitrógeno.

La incorporación de DAP junto a la interseembra en términos generales logró aumentar la cantidad de plantas de ambas especies.

El agregado extra de urea no tuvo una respuesta incremental en la cantidad de plantas de raigrás, pero sí en la cantidad de macollos por planta. Desfasar más en el tiempo el agregado de nitrógeno podría causar un beneficio en el desarrollo de la gramínea sin perjudicar la implantación de la leguminosa.

No se recomienda el agregado de fertilizante sin la siembra de gramíneas independientemente del agregado de leguminosas.

5.1. CONSIDERACIONES FINALES

La fertilización nitrogenada favoreció el establecimiento de un mayor número de plantas de raigrás y del macollaje. Sin embargo la evolución de la cantidad de plantas en el tiempo no presentó diferencias significativas independientemente del tratamiento.

El porcentaje de implantación del trébol rojo no varió a través de las mediciones independientemente del tratamiento. Sin embargo, si varió en función del grado de intensificación, la introducción de fertilizante fosfatado únicamente aumentó significativamente la implantación del trébol rojo en comparación con el testigo y la incorporación extra de nitrógeno.

En cuanto a la evolución morfológica, el componente gramínea se comportó según la bibliografía citada, en la mayoría de los casos. La evolución del macollaje acompañó el paso del tiempo hasta cierto punto y el agregado de fertilizante nitrogenado potenció este proceso. El número total de hojas aumentó con el tiempo mientras que los tratamientos no arrojaron diferencias. Las hojas verdes al igual que el macollaje tuvieron una tendencia creciente hasta cierto punto, mientras que el nitrógeno mostró un efecto positivo sobre este componente. Las hojas senescentes se vieron incrementadas en el tiempo sin mostrar efectos significativos de los diferentes tratamientos.

El componente leguminosa marcó una tendencia creciente del número de hojas hacia fines del experimento, en contraposición el tratamiento testigo marco una predisposición a un desarrollo más lento.

6. RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la implantación de un mejoramiento sobre una pradera vieja. Dicho mejoramiento fue sembrado en el potrero 34b de la Estación Experimental Dr. Mario Alberto Cassinoni de la Facultad de Agronomía en el departamento de Paysandú, Uruguay. Luego de pasar la rotativa fue intersembrado con *Lolium multiflorum* y *Trifolium pratense* sobre el fin del mes de mayo 2018, dejando definido cuatro tratamientos variando la introducción de semillas y diferentes fertilizantes, urea y DAP. Se cuantificó el stand de plantas y la evolución morfológica a los 30, 60 y 90 días post siembra con el objetivo de reflejar la evolución de la implantación del mejoramiento. El número de plantas de raigrás no marcó una tendencia clara a lo largo del experimento mientras que el tratamiento intersiembra más DAP fue superior al resto, incluso al del agregado de urea, posiblemente en contra de lo esperado. La cantidad de plantas de trébol rojo no mostró diferencias significativas a los 30, 60 y 90 días post siembra, logrando un porcentaje de implantación de 36%, y logró la mejor implantación bajo el agregado de DAP. La evolución morfológica se comportó acorde a lo esperado en general, el número de macollos aumentó en el correr de las mediciones y fue superior bajo el agregado de urea mientras que el número total de hojas también aumentó con el correr del tiempo. El trébol rojo mostró una tendencia creciente en el número de hojas en mediciones tardías (90 dps.). La presencia de otras especies productivas sobrevivientes de la pradera predecesora no influyó demasiado en el total, aunque el banco de semillas presente si interfirió sobre casos puntuales.

Palabras clave: Fertilización nitrogenada; Fertilización fosfatada; Siembra en Cobertura; Implantación; Estado morfológico; *Lolium multiflorum*; *Trifolium pratense*.

7. SUMMARY

The present work aims to evaluate the implantation of an improvement on an old pasture. This improvement was sowed in the paddock 34b of the Dr. Mario Alberto Cassinoni Experimental Station of the Agronomy University in Paysandú department, Uruguay. After passing the rotary, at the end of May 2018, the sow was done with an inter-seeded of *Lolium multiflorum* and *Trifolium pratense*, leaving defined four treatments, varying the introduction of seeds and different fertilizers (Urea and DAP (phosphate fertilizer)). The stand of plants and the morphological evolution at 30, 60 and 90 days after sowing were quantified in order to reflect the evolution of the implantation of the improvement. The number of ryegrass plants did not mark a clear trend throughout the experiment, while the inter- seeding treatment plus DAP was higher than the rest, even that of the addition of urea, possibly contrary to expectations. The number of red clover plants did not show significant differences at 30, 60 and 90 days after sowing, achieving an implantation percentage of 36%, and achieved the best implantation under the addition of DAP. The morphological evolution behaved according to those expected in general, the number of tillers increased over time and was higher under the addition of urea, while the total number of leaves also increased over time. Red clover showed an increasing trend in the number of leaves in late measurements (90 dps). The presence of other surviving productive species from the predecessor pasture did not influence the total too much, although the seed bank present did interfere with specific cases.

Keywords: Nitrogen fertilization; Phosphorus fertilization; Planting in cover; Implantation; Morphological state; *Lolium multiflorum*; *Trifolium pratense*.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agnusdei, M.; Colabelli, M.; Labreveux, M.; Mazzanti, A. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. (en línea). INTA. Balcarce. Boletín técnico no. 148. 12 p. Consultado dic. 2019. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/01-proceso_crecimiento.pdf
2. Alessandri, D. G. 2009. Seminario sobre fertilización nitrogenada en pasturas. (en línea). In: Seminario sobre Fertilización Nitrogenada (2009, Montevideo). Resúmenes. Montevideo, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. p. 25. Consultado nov. 2019. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/PASTURAS%20CRS/Seminarios%202009/Texto%20-%20Fertilizacion%20Nitrogenada%20en%20Pasturas.pdf>
3. Almada, P. 2006. Fertilización P y K de maíz en tres suelos de Durazno. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 64 p.
4. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echevarría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t. 1, 96 p.
5. Arias, R.; Paperan, J. 2001. Evolución de la implantación en siembras en cobertura de cultivares de trébol blanco y Lotus spp., en un suelo profundo de basalto bajo pastoreo controlado. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 70 p.
6. Ayala, W.; Bemhaja, M.; Cotro, B.; Docanato, J.; García, J.; Olmos, F.; Real, D.; Rebuffo, M.; Reyno, R.; Rossi, C.; Silva, J. 2010. Catálogo de cultivares 2010: forrajeras. Montevideo, INIA. 131 p.
7. Barbera, P.; Bendersky, D.; Borrajo, C.; Fernández, J.; Maidana, C. Pizzio, R.; Ramírez, M. Zapata, P. 2011. Verdeos de invierno en Corrientes. Mercedes, Corrientes, INTA. 22 p. (Serie Técnica no. 49).
8. Barreto, S.; Bermúdez, R. 2018. Mejoramiento de campo (parte 2) Siembra y manejo inmediato. (en línea). Revista del Plan Agropecuario. no. 165:54-56. Consultado nov. 2019. Disponible en https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/magazines/articles/179_2753.pdf

9. Bemhaja, M. 1994. Respuesta a la fertilización nitrogenada de tres gramíneas sembradas en cobertura. In: Seminario de Actualización Técnica (1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 43-49 (Serie Técnica no. 51).
10. Berasain, I.; Duret, L.; Sosa, E. 2015. Evaluación de la implantación de tres mezclas forrajeras en siembra directa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 91 p.
11. Bermúdez, R.; Ayala, W. 2005. Implantación de gramíneas en los mejoramientos de campo con leguminosas. In: Jornada Anual de Producción Animal (2005, Treinta y Tres). Resultados experimentales. Montevideo, INIA. cap. 1, pp. 1-9 (Actividades de Difusión no. 429).
12. Berretta, E.; Risso, D. F.; Bemhaja, M. 2001. Tecnologías para la mejora de la producción de forraje en suelos de Basalto. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J. eds. Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos del Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 1-34 (Boletín de Divulgación no. 76).
13. Bordoli, M. 1998. Fertilización fosfatada de pasturas. In: Jornada de Actualización Técnica de Pasturas (1998, Concepción del Uruguay). Trabajos presentados. Concepción del Uruguay, INTA. s.p.
14. Busqué, J.; Herrero, M. 1995. Atributos funcionales de las plantas y su implicación para el manejo de pasturas. In: Herrero, M.; Ramírez, A. eds. Pasturas tropicales. Palmira, Colombia, CIAT. pp. 23-46.
15. Carámbula, M.; Elizondo, J. 1968. Producción de semillas en gramíneas forrajeras. Facultad de Agronomía. EEMAC. Boletín Técnico no. 5:111-137.
16. _____. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 464 p.
17. _____. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, INIA. 47 p. (Serie Técnica no. 19).
18. _____.; Ayala, W.; Carriquiry, E.; Bermúdez, R. 1994. Siembra de mejoramientos en cobertura. Montevideo, INIA. 25 p. (Boletín de Divulgación no. 46).

19. _____. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 524 p.
20. _____. 2002a. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 1, 357 p.
21. _____. 2002b. Pasturas y forrajes: insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 2, 371 p.
22. _____. 2004. Pasturas y forrajes: manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 3, 413 p.
23. _____. 2007. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.1, 186 p.
24. _____. 2010. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 1, 243 p.
25. _____. 2013. Pasturas y forrajes: insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 2, 371 p.
26. Cecchini, A. A. 2012. Evaluación morfogenética de cinco cultivares de Lolium sp. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 142 p.
27. Chapman, D.; Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 26:159-168.
28. Cibils, X.; García, A. 2017. Protección de pasturas durante la implantación. (en línea). *Revista INIA*. no. 48:17-21. Consultado oct. 2019. Disponible en http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/revista%20INIA%20_48%20marzo%202017.pdf
29. Córdoba, S.; Pigurina, J.; Stirling, G.; Urioste, F. 2017. Efecto del nitrógeno sobre la producción de verdeos invernales puros y mezclas con leguminosas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 173 p.
30. Correa Urquiza, A. 2004. Raigrás anual, una alternativa posible. (en línea). Córdoba, Sitio Argentino de Producción Animal. 3 p. Consultado nov.

2019. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/11-raigras_anual.pdf

31. Cruz, P.; Boval, M. 2000. Effect of nitrogen on some morphogenetical traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: International Grassland Ecophysiology and Ecology Symposium (27th., 2000, Toulouse, France). Proceedings. Wallingford, s.e. pp. 151 - 168.
32. Dabala, L. 2019. Descompactación sub superficial del suelo en sistemas de agricultura continua sin laboreo. Montevideo, Uruguay. 28 p. (FPTA no. 72).
33. Davies, A. 1988. The regrowth of grass swards. In: Jones, M. B.; Lazenby, A. eds. The grass crops. London, Chapman and Hall. pp. 85-127.
34. Díaz Lago, J.; García, J.; Rebuffo, M. 1996. Crecimiento de leguminosas en La Estanzuela. Montevideo, INIA. 18 p. (Serie Técnica no. 71).
35. Dotta, S.; Quintero, M. 2018. Determinación de la curva de crecimiento de intercepción de luz de diferentes pasturas sembradas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 122 p.
36. Ferreira, G. D. 2014. Diagnóstico y manejo de la fertilización nitrogenada en el cultivo de colza (*Brassica napus L.*). Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 67 p.
37. Ferri, C. M.; Stritzler, N. P.; Pagella, J. H. 2000. Fertilización nitrogenada en verdes invernales: composición química, consumo voluntario, digestibilidad in vivo y degradación ruminal. In: Reunión Latinoamericana de Producción Animal (16^a., Montevideo, Uruguay). Actas. Montevideo, s.e. pp. 1-4.
38. Formoso, F. s.f. Instalación de pasturas. (en línea). Revista del Plan Agropecuario. no. 125:52-56 Consultado oct. 2019. Disponible en https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R125/R_125_52.pdf
39. _____. 1994. Efectos de dosis y momentos de aplicación de nitrógeno sobre la aplicación de semillas de festuca Tacuabé, falaris Urunday, dactylis

Oberón. In: Seminario de Actualización Técnica (1º., 1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 19-25 (Serie Técnica no. 51).

40. _____. 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 1-19 (Serie Técnica no. 80).
41. _____. 2007. Conceptos sobre implantación de pasturas. In: Jornada de Instalación y Manejo de Pasturas (2007, La Estanzuela, Colonia). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 17-38 (Actividades de Difusión no. 483).
42. García, F.; Picone, L. 2004. Fósforo: dinámica y manejo en sistemas de siembra directa. *Informaciones Agronómicas*. 55:1- 4.
43. García, J. A. 1992. Persistencia de leguminosas. In: Simposio Sustentabilidad de las Rotaciones Cultivo-Pasturas en el Cono Sur (1991, Montevideo). Memorias. *Revista INIA de Investigaciones Agronómicas*. 2(1):143-156.
44. _____. 1995. Estructura del tapiz de praderas. Montevideo, INIA. 14 p. (Serie Técnica no. 66).
45. García, S. C.; Mazzanti, A. 1993. Fertilización nitrogenada en raigrás anual cv. "Grassland Tama". In: Jornadas de Producción de Carne y Leche (49^{as}., 1993, Tandil). Memorias. Tandil, CREA. Zona Mar y Sierras. pp. 1-9.
46. Gomes de Freitas, S.; Klaassen, A. 2011. Efecto de la fecha de siembra y tipo de barbecho en la implantación y producción inicial de mezclas con *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad Agronomía. 131 p.
47. González, J.; Pippolo, D. 1999. Implantación de gramíneas y leguminosas sobre una ladera de Basalto profundo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 123 p.
48. González, R.; Jaureche, G.; Siazaro, C. 1997. Evaluación de recursos genéticos forrajeros para siembras en cobertura en suelos de 125 cretácico. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 93 p.
49. Hernández, J. 1999. Fósforo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 89 p.

50. Hoffman, E.; Perdomo, C.; Ernst, O.; Bordolli, M.; Pastorini, M.; Pons, C.; Borghi, E. 2010. Propuesta para el manejo del nitrógeno en cultivos de invierno en Uruguay. IPNI. *Informaciones Agronómicas*. no. 46:13-18.
51. _____; Fassana, N.; Perdomo, C. 2013. Manejo de nutrientes; cambios que genera la intensificación, manejo de nitrógeno en cereales de invierno. ¿Agregando más nos estamos quedando cortos? *In*: Simposio Nacional de Agricultura (3°. , 2013, Paysandú, UY). No se llega si no se sabe a dónde ir: pensar en las causas y no sólo medir las consecuencias. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 33-44.
52. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología, UY). 2019. Gráficas estadísticas pluviométricas. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p. Consultado oct. 2019. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/graficas-estadisticas-pluviometricas>
53. Izaguirre, P. 1995. Especies indígenas y sub espontáneas del género *Trifolium* (Leguminosae) en el Uruguay. Montevideo, INIA. 22 p. (Serie Técnica no. 58).
54. Lattanzi, F.; Marino, M. A.; Mazzanti, A. s.f. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la morfogénesis de raigrás anual cv. Grasslands Tama. (en línea). Balcarce, UNMdP. Facultad de Ciencias Agrarias. 2 p. Consultado feb 2020. Disponible en <https://www.wzw.tum.de/public-html/lattanzi/Lit/Lattanzi%20Marino%20&%20Mazzanti%201996.pdf>
55. _____; Zanoniani, R. 2017. Rol de las pasturas cultivadas en sistemas de producción basados en campo natural. *In*: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Grupo Campos (24^a. , 2017, Tacuarembó, Uruguay). Actas. Montevideo, s.e. pp. 1-5.
56. Leaniz, J.; Tisnés, B. 2015. Evaluación de la dinámica poblacional para distintos niveles de implantación en pasturas de trébol rojo (*T. pratense*) puro y en mezcla. Impacto sobre la producción de forraje a la primer primavera. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 70 p.
57. Lemaire, G.; Gastal, F. 1997. N uptake and distribution in plant canopies. *In*: Lemaire, G. ed. *Diagnosis of the nitrogen status in crops*. Heidelberg, Springer. pp. 3-43.
58. _____; Agnusdei, M. 2000. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. *In*: Lemaire, G.; Hodgson, J.; De Moraes, A.; Carvalho, F.;

Nabinger, C. eds. Grassland ecophysiology and grazing ecology. Oxford, UK, CABI. pp. 265-287.

59. Maranges, F.; Do Canto, J.; Reyno, R.; Gutiérrez, F.; Rossi, C.; Díaz, J.; Stewart, A. 2018. Raigrás anual Winters Star 3. Revista INIA. no. 52:18-20.
60. Mazzanti, A.; Lemaire, G. 1994. Effect of nitrogen fertilization on herbage production of tall fescue swards continuously grazed by sheep. Consumption and efficiency of herbage utilization. Grass and Forage Science. 49 (3):352-359.
61. _____; Wade, M. H.; García, M. C. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada de invierno sobre el crecimiento y la composición química del forraje de raigrás anual. Revista Argentina de Producción Animal. 17:25-33.
62. MGAP. DGDR; AUSID (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de Desarrollo Rural, UY; Asociación Uruguaya de Siembra Directa, UY). 2009. Guía de siembra directa. (en línea). Montevideo. 47 p. Consultado set. 2019. Disponible en <https://ausid.com.uy/Guia-de-siembra%20directa-Web.pdf>
63. _____. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2017. Anuario estadístico agropecuario 2017. Montevideo, Uruguay. 211 p.
64. Mite, F.; Carrillo, M.; Espinosa, J. 1999. Funciones del fósforo en las plantas. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado oct. 2020. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/FC640A8C18AF6BB8852579A3007A28CD/\\$FILE/Inf-Agro36.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/FC640A8C18AF6BB8852579A3007A28CD/$FILE/Inf-Agro36.pdf)
65. Morón, A. 1992. El fósforo en el sistema suelo- planta. Investigaciones Agronómicas.1(1):45-60.
66. _____.; Risso, D. 1994. El ciclo del nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal. In: Seminario de Actualización Técnica (1°. 1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 1-12 (Serie Técnica no. 51).

67. _____. 1996. El fósforo en los sistemas productivos. In: Morón, A.; Martino, D.; Sawchik, J. eds. Manejo y fertilidad de suelos. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 37-44 (Serie Técnica no. 76).
68. 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.
69. Olmos López, F. 2004. Trébol blanco. In: Olmos López, F. ed. Factores que afectan la persistencia y productividad de pasturas mejoradas con trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Montevideo, INIA. pp. 13-52 (Serie Técnica no. 145).
70. Perdomo, C.; Bordolli, J. M. 1999. Ajuste de la fertilización nitrogenada en trigo y su relación con el contenido de proteína en grano. In: Jornada sobre Rendimiento y Calidad de Trigo (1ª., 1999, Mercedes, UY). Manejo de la fertilización con nitrógeno en trigo y su interacción con otras prácticas agronómicas. Montevideo, Mesa Nacional de Trigo. pp. 41-48.
71. Perrachón, J. s.f. Instalación de pasturas perennes. (en línea). Revista del Plan Agropecuario. no. 146:48-53. Consultado nov. 2019. Disponible en http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R146/R_146_48.pdf
72. PGG Wrightonseeds. s.f. Pasturas, gramíneas, anuales, Winterstar 3. (en línea). s.l. s.p. Consultado ago. 2019. Disponible en <https://www.pgw.com.uy/uploads/seeds/WinterStar3152061690027.pdf>
73. 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. 157 p.
74. Quintero, L.; Silva, F. 2019. Efecto de diferentes grados de intensificación en la respuesta de renovación de una pastura vieja. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 77 p.
75. Raven, P.; Eichhorn, S.; Evert, R. 1992. Biología de las plantas. Barcelona, Reverté. t.2, 773 p.

76. Rebuffo, M. 1994. Fertilización nitrogenada en pasturas mezcla. In: Seminario de Actualización Técnica (1°.1994, Montevideo). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 27-32 (Serie Técnica no. 51).
77. _____.; Altier, N. 1996. Mejoramiento genético en trébol rojo. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 151-154 (Serie Técnica no. 80).
78. Risso, D. F. 1994. Siembras en el tapiz: consideraciones generales y estado actual de la información en la zona de suelos sobre cristalino. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 71-78 (Serie Técnica no. 13).
79. _____.; Berretta, E.; Zarza, A. 1997. Caracterización de mejoramientos de campo utilizados con novillos en recría/engorde. In: Jornada de Mejoramientos de Campo en Cristalino (1997, Flores). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 1-19 (Actividades de Difusión no. 153).
80. _____. 1998. Mejoramientos extensivos en el Uruguay. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramientos y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14ª., 1998, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 23 - 29 (Serie Técnica no. 94).
81. _____. 2005. Mejoramientos de campo: asegurando una instalación exitosa. Revista INIA. no. 2:2-5.
82. Romero, R. s.f. Características geográficas y socioeconómicas del Uruguay. (en línea). Montevideo, INIA. GRAS. 1 p. Consultado ago. 2019. Disponible en http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/uruguay_gral.htm
83. Saldanha, S.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2010. Intensidad del pastoreo sobre la estructura de una pastura *Lolium perenne* cv Horizon. Agrociencia (Uruguay). 14 (1):44-54.
84. _____.; Cechini, A.; Bentancur, O. 2013. Variables morfogenéticas y estructurales de cinco cultivares de *Lolium* sp. Agrociencia (Uruguay). 17(2):110-120.
85. Silveira, E. 2005. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la implantación, producción inicial y composición química de *Lotus glaber* Mill. Y *Trifolium*

repens L. sembradas en cobertura. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 182 p.

86. Simpson, J. R. 1987. Nitrogen nutrition of pastures. In: Wheeler, J. L.; Pearson, C. J.; Robards, G. E. eds. Temperate Pastures. Goulburn, CSIRO. pp. 143-154.
87. Stevenson, F. J.; Cole, M. A. 1999. Cycles of soil. New York, Wiley. 427 p.
88. Thompson, D. J.; Stout, D. G. 1992. Influence of Italian ryegrass and barley seeding rates on intercrop forage yield and quality. Canadian Journal of Plant Science. 72:1199-1206.
89. Turner, B. L.; Frossard, E.; Baldwin, D. S. 2005. Organic phosphorus in the environment. Wallingford, CABI. 399 p.
90. Urrutia, R. 2013. Efecto de la fertilización fosfatada en la implantación de *Trifolium repens* y *Trifolium pratense* en un mejoramiento de cobertura sobre campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 168 p.
91. Whitehead, D. 1995. Grassland nitrogen. Wallingford, CABI. 397 p.
92. _____. 2000. Nutrient elements in grassland. Wallingford, CABI. 369 p.
93. Wilman, D.; Wright, P. T. 1983. Some effects of applied nitrogen on the growth and chemical composition of temperate grasses. Herbage Abstracts. 53 (8):387-393.
94. Zanoniani, R. 1998. Mejoramiento y manejo de bajos. Plan Agropecuario. Cartilla no. 13. 9 p.

9. ANEXOS

Cuadro comparativo de precipitaciones (mm)

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
Promedio 1961-1990	103	77	70	71	73	91	122	118
EEMAC 2018	176	28,4	11,5	106,7	104,8	95,4	40	104,8

Estadísticas climáticas estación meteorológica Paysandú. Periodo
1961-1990.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
TMED	24,8	23,7	21,6	18	14,8	11,7	11,8	12,9	14,6	17,5	20,4	23,1	17,9
TX	41,5	40,5	37,5	33,2	33	29,2	30,6	32,8	32,4	36,2	37,5	42,4	42,4
TN	8	7,8	5	1,2	-4,5	-4	-4	-3	-3,4	1,8	2,2	7	-4,5
TXM	31,5	30	27,6	23,9	20,4	16,8	16,9	18,5	20,5	23,5	26,4	29,7	23,8
TNM	18,3	17,6	15,7	12,5	9,6	6,9	7,1	7,5	8,8	11,6	14,1	16,8	12,2

TMED: temperatura media, mensual o anual (°C).

TX: temperatura máxima absoluta del periodo, mensual o anual (°C).

TN: temperatura mínima absoluta del periodo, mensual o anual (°C).

TXM: temperatura máxima media, mensual o anual (°C).

TNM: temperatura mínima media, mensual o anual (°C).

Análisis de la varianza

Núm. plantas raigrás

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
<u>Núm. plantas raigrás</u>	<u>36</u>	<u>0,53</u>	<u>0,25</u>	<u>34,27</u>

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.	14707,77	13	1131,37	1,88	0,0926
Fecha	776,35	2	388,17	0,65	0,5342
Bloque	4452,09	2	2226,04	3,70	0,0412
Tratamiento	6661,67	3	2220,56	3,69	0,0272
Fecha*tratamiento	2817,67	6	469,61	0,78	0,5941
Error	13236,74	22	601,67		
<u>Total</u>	<u>27944,51</u>	<u>35</u>			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=21,67363

Error: 601,6700 gl: 22

Fecha medias n E.E.

09/08/2018 78,15 12 7,08 A

07/09/2018 68,38 12 7,08 A

11/07/2018 68,22 12 7,08 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=21,67363

Error: 601,6700 gl: 22

Bloque medias n E.E.

3,00 84,87 12 7,08 A

1,00 72,23 12 7,08 A B

2,00 57,65 12 7,08 B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=28,13139

Error: 601,6700 gl: 22

Tratamiento medias n E.E.

P	88,36	9 8,18	A
Semilla	74,24	9 8,18	A B
P y N	73,33	9 8,18	A B
Testigo	50,40	9 8,18	B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=65,99629

Error: 601,6700 gl: 22

Fecha tratamiento medias n E.E.

09/08/2018 P	96,13	3 14,16	A
09/08/2018 P y N	96,07	3 14,16	A
07/09/2018 P	84,87	3 14,16	A
11/07/2018 P	84,07	3 14,16	A
07/09/2018 Semilla	83,13	3 14,16	A
09/08/2018 Semilla	75,13	3 14,16	A
11/07/2018 Semilla	64,47	3 14,16	A

11/07/2018 P y N	64,00	3	14,16	A
11/07/2018 Testigo	60,33	3	14,16	A
07/09/2018 P y N	59,93	3	14,16	A
07/09/2018 Testigo	45,60	3	14,16	A
09/08/2018 Testigo	45,27	3	14,16	A

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

Núm. macollos

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
Núm. macollos	36	0,67	0,47	31,43

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	183,82	13	14,14	3,43	0,0054
Fecha	67,42	2	33,71	8,17	0,0022
Bloque	13,01	2	6,51	1,58	0,2291
Tratamiento	44,84	3	14,95	3,62	0,0290
Fecha*tratamiento	58,55	6	9,76	2,37	0,0647
Error	90,75	22	4,13		

Total 274,57 35

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,79460

Error: 4,1251 gl: 22

Fecha medias n E.E.

07/09/2018 8,09 12 0,59 A

09/08/2018 6,55 12 0,59 A

11/07/2018 4,74 12 0,59 B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,79460

Error: 4,1251 gl: 22

Bloque medias n E.E.

2,00 7,31 12 0,59 A

3,00 6,09 12 0,59 A

1,00 5,99 12 0,59 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=2,32931

Error: 4,1251 gl: 22

Tratamiento medias n E.E.

P y N	8,34	9	0,68	A
Semilla	6,14	9	0,68	A B
P	5,96	9	0,68	B
Testigo	5,40	9	0,68	B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=5,46456

Error: 4,1251 gl: 22

Fecha tratamiento medias n E.E.

07/09/2018 P y N	12,59	3	1,17	A
09/08/2018 Semilla	7,92	3	1,17	A B
07/09/2018 P	7,68	3	1,17	A B
07/09/2018 Semilla	6,28	3	1,17	B
09/08/2018 P	6,28	3	1,17	B
09/08/2018 P y N	6,25	3	1,17	B
11/07/2018 P y N	6,17	3	1,17	B

07/09/2018 Testigo	5,81	3	1,17	B
09/08/2018 Testigo	5,76	3	1,17	B
11/07/2018 Testigo	4,63	3	1,17	B
11/07/2018 Semilla	4,23	3	1,17	B
11/07/2018 P	3,93	3	1,17	B

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

Núm. total de hojas

Variable N R² R² Aj CV

Núm. total de hojas 36 0,85 0,77 10,85

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	12,19	13	0,94	9,82	<0,0001
Fecha	10,50	2	5,25	54,94	<0,0001
Bloque	0,31	2	0,15	1,62	0,2206
Tratamiento	1,08	3	0,36	3,78	0,0252
Fecha*tratamiento	0,30	6	0,05	0,53	0,7790
Error	2,10	22	0,10		

Total 14,29 35

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,27308

Error: 0,0955 gl: 22

Fecha medias n E.E.

07/09/2018 3,47 12 0,09 A

09/08/2018 2,93 12 0,09 B

11/07/2018 2,15 12 0,09 C

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,27308

Error: 0,0955 gl: 22

Bloque medias n E.E.

2,00 2,96 12 0,09 A

3,00 2,86 12 0,09 A

1,00 2,73 12 0,09 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,35445

Error: 0,0955 gl: 22

Tratamiento medias n E.E.

Testigo	3,02	9	0,10	A
P y N	3,00	9	0,10	A
Semilla	2,76	9	0,10	A B
P	2,61	9	0,10	B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,83153

Error: 0,0955 gl: 22

Fecha tratamiento medias n E.E.

07/09/2018 Testigo	3,74	3	0,18	A
07/09/2018 P y N	3,63	3	0,18	A
07/09/2018 P	3,24	3	0,18	A B
07/09/2018 Semilla	3,24	3	0,18	A B
09/08/2018 Testigo	3,13	3	0,18	A B C
09/08/2018 P y N	3,01	3	0,18	A B C D
09/08/2018 Semilla	3,00	3	0,18	A B C D

09/08/2018 P	2,58	3	0,18	B	C	D	E
11/07/2018 P y N	2,37	3	0,18	C	D	E	
11/07/2018 Testigo	2,20	3	0,18	D	E		
11/07/2018 Semilla	2,03	3	0,18				E
11/07/2018 P	2,00	3	0,18				E

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

Núm. hojas verdes

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

Núm. hojas verdes	36	0,64	0,42	14,80
-------------------	----	------	------	-------

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	4,78	13	0,37	2,95	0,0123
--------	------	----	------	------	--------

Fecha	1,79	2	0,90	7,19	0,0040
-------	------	---	------	------	--------

Bloque	0,28	2	0,14	1,11	0,3466
--------	------	---	------	------	--------

Tratamiento	2,03	3	0,68	5,44	0,0059
-------------	------	---	------	------	--------

Fecha*tratamiento	0,68	6	0,11	0,91	0,5091
-------------------	------	---	------	------	--------

Error	2,74	22	0,12		
-------	------	----	------	--	--

Total 7,53 35

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,31202

Error: 0,1247 gl: 22

Fecha medias n E.E.

09/08/2018 2,62 12 0,10 A

07/09/2018 2,46 12 0,10 A

11/07/2018 2,08 12 0,10 B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,31202

Error: 0,1247 gl: 22

Bloque medias n E.E.

2,00 2,48 12 0,10 A

3,00 2,40 12 0,10 A

1,00 2,27 12 0,10 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,40498

Error: 0,1247 gl: 22

Tratamiento medias n E.E.

Testigo	2,69	9	0,12	A
P y N	2,49	9	0,12	A
Semilla	2,32	9	0,12	A B
P	2,04	9	0,12	B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,95009

Error: 0,1247 gl: 22

Fecha tratamiento medias n E.E.

07/09/2018 Testigo	2,96	3	0,20	A
09/08/2018 Testigo	2,94	3	0,20	A
09/08/2018 Semilla	2,74	3	0,20	A B
09/08/2018 P y N	2,58	3	0,20	A B
07/09/2018 P y N	2,56	3	0,20	A B
11/07/2018 P y N	2,33	3	0,20	A B
07/09/2018 Semilla	2,28	3	0,20	A B

09/08/2018 P	2,20	3	0,20	A	B
11/07/2018 Testigo	2,17	3	0,20	A	B
07/09/2018 P	2,02	3	0,20	A	B
11/07/2018 Semilla	1,93	3	0,20		B
11/07/2018 P	1,90	3	0,20		B

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

Núm. hojas senescentes

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
Núm. hojas senescentes	36	0,75	0,61	65,75

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	6,17	13	0,47	5,14	0,0004
Fecha	5,73	2	2,86	31,01	<0,0001
Bloque	0,01	2	3,3E-03	0,04	0,9654
Tratamiento	0,27	3	0,09	0,98	0,4200
Fecha*tratamiento	0,16	6	0,03	0,29	0,9349
Error	2,03	22	0,09		

Total 8,20 35

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,26853

Error: 0,0924 gl: 22

Fecha medias n E.E.

07/09/2018 1,01 12 0,09 A

09/08/2018 0,31 12 0,09 B

11/07/2018 0,07 12 0,09 B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,26853

Error: 0,0924 gl: 22

Bloque medias n E.E.

2,00 0,48 12 0,09 A

1,00 0,46 12 0,09 A

3,00 0,45 12 0,09 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,34854

Error: 0,0924 gl: 22

Tratamiento medias n E.E.

P	0,57	9	0,10	A
P y N	0,51	9	0,10	A
Semilla	0,44	9	0,10	A
Testigo	0,34	9	0,10	A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,81767

Error: 0,0924 gl: 22

Fecha tratamiento medias n E.E.

07/09/2018 P	1,22	3	0,18	A
07/09/2018 P y N	1,07	3	0,18	A B
07/09/2018 Semilla	0,96	3	0,18	A B C
07/09/2018 Testigo	0,78	3	0,18	A B C D
09/08/2018 P y N	0,43	3	0,18	A B C D
09/08/2018 P	0,38	3	0,18	B C D
09/08/2018 Semilla	0,25	3	0,18	C D

09/08/2018 Testigo	0,19	3	0,18	C D
11/07/2018 Semilla	0,10	3	0,18	D
11/07/2018 P	0,10	3	0,18	D
11/07/2018 P y N	0,03	3	0,18	D
11/07/2018 Testigo	0,03	3	0,18	D

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

Núm. plantas trébol rojo

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
Núm. plantas TR	36	0,75	0,60	67,37

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	4061,18	13	312,40	5,04	0,0004
Fecha	0,98	2	0,49	0,01	0,9921
Bloque	1984,49	2	992,24	16,02	0,0001
Tratamiento	2023,86	3	674,62	10,89	0,0001
Fecha*tratamiento	51,86	6	8,64	0,14	0,9893
Error	1362,93	22	61,95		

Total 5424,11 35

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=6,95468

Error: 61,9512 gl: 22

Fecha medias n E.E.

07/09/2018 11,87 12 2,27 A

09/08/2018 11,72 12 2,27 A

11/07/2018 11,47 12 2,27 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=6,95468

Error: 61,9512 gl: 22

Bloque medias n E.E.

3,00 22,00 12 2,27 A

2,00 8,22 12 2,27 B

1,00 4,83 12 2,27 B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=9,02686

Error: 61,9512 gl: 22

Tratamiento medias n E.E.

P	19,56	9 2,62	A
Semilla	17,51	9 2,62	A B
P y N	9,02	9 2,62	B C
Testigo	0,64	9 2,62	C

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=21,17704

Error: 61,9512 gl: 22

Fecha tratamiento medias n E.E.

09/08/2018 P	20,60	3 4,54	A
07/09/2018 P	19,93	3 4,54	A
07/09/2018 Semilla	19,33	3 4,54	A
11/07/2018 P	18,13	3 4,54	A
09/08/2018 Semilla	17,80	3 4,54	A
11/07/2018 Semilla	15,40	3 4,54	A
11/07/2018 P y N	10,87	3 4,54	A

09/08/2018 P y N	8,47	3	4,54	A
07/09/2018 P y N	7,73	3	4,54	A
11/07/2018 Testigo	1,47	3	4,54	A
07/09/2018 Testigo	0,47	3	4,54	A
09/08/2018 Testigo	0,00	3	4,54	A

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

Núm. total de hojas1

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

Núm. total de hojas1	36	0,87	0,79	29,73
----------------------	----	------	------	-------

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	58,93	13	4,53	11,29	<0,0001
Fecha	14,80	2	7,40	18,42	<0,0001
Bloque	1,72	2	0,86	2,14	0,1412
Tratamiento	36,62	3	12,21	30,40	<0,0001
Fecha*tratamiento	5,80	6	0,97	2,41	0,0612
Error	8,83	22	0,40		

Total 67,77 35

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,55993

Error: 0,4016 gl: 22

Fecha medias n E.E.

07/09/2018 2,88 12 0,18 A

09/08/2018 2,19 12 0,18 B

11/07/2018 1,32 12 0,18 C

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,55993

Error: 0,4016 gl: 22

Bloque medias n E.E.

3,00 2,43 12 0,18 A

2,00 2,04 12 0,18 A

1,00 1,92 12 0,18 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,72676

Error: 0,4016 gl: 22

Tratamiento medias n E.E.

P	2,80	9	0,21	A
Semilla	2,74	9	0,21	A
P y N	2,60	9	0,21	A
Testigo	0,39	9	0,21	B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,70498

Error: 0,4016 gl: 22

Fecha tratamiento medias n E.E.

07/09/2018 P	3,86	3	0,37	A
07/09/2018 Semilla	3,60	3	0,37	A
07/09/2018 P y N	3,41	3	0,37	A B
09/08/2018 P	3,13	3	0,37	A B C
09/08/2018 Semilla	2,99	3	0,37	A B C D
09/08/2018 P y N	2,65	3	0,37	A B C D
11/07/2018 P y N	1,73	3	0,37	B C D E

11/07/2018 Semilla	1,63	3	0,37	C D E F
11/07/2018 P	1,40	3	0,37	D E F
07/09/2018 Testigo	0,67	3	0,37	E F
11/07/2018 Testigo	0,50	3	0,37	E F
09/08/2018 Testigo	0,00	3	0,37	F

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

Trébol blanco

Variable N R² R² Aj CV

Trébol Blanco 36 0,58 0,34 129,29

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	893,33	13	68,72	2,37	0,0358
Fecha	57,23	2	28,62	0,99	0,3883
Bloque	505,90	2	252,95	8,73	0,0016
Tratamiento	258,39	3	86,13	2,97	0,0538
Fecha*tratamiento	71,81	6	11,97	0,41	0,8623
Error	637,26	22	28,97		

Total 1530,58 35

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=4,75552

Error: 28,9662 gl: 22

Fecha medias n E.E.

11/07/2018 5,37 12 1,55 A

09/08/2018 4,70 12 1,55 A

07/09/2018 2,42 12 1,55 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=4,75552

Error: 28,9662 gl: 22

Bloque medias n E.E.

2,00 9,41 12 1,55 A

1,00 2,21 12 1,55 B

3,00 0,88 12 1,55 B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=6,17245

Error: 28,9662 gl: 22

Tratamiento medias n E.E.

Testigo	8,56	9	1,79	A
P y N	4,06	9	1,79	A B
P	2,31	9	1,79	B
Semilla	1,72	9	1,79	B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=14,48058

Error: 28,9662 gl: 22

Fecha tratamiento medias n E.E.

11/07/2018 Testigo	10,37	3	3,11	A
09/08/2018 Testigo	9,13	3	3,11	A
11/07/2018 P y N	7,10	3	3,11	A
07/09/2018 Testigo	6,18	3	3,11	A
09/08/2018 Semilla	4,83	3	3,11	A
11/07/2018 P	4,00	3	3,11	A

09/08/2018 P y N	2,67	3	3,11	A
07/09/2018 P y N	2,40	3	3,11	A
09/08/2018 P	2,17	3	3,11	A
07/09/2018 P	0,78	3	3,11	A
07/09/2018 Semilla	0,33	3	3,11	A
11/07/2018 Semilla	0,00	3	3,11	A

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

Lotus

Variable N R² R² Aj CV

Lotus 36 0,46 0,13 169,81

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	176,70	13	13,59	1,42	0,2286
Fecha	18,35	2	9,17	0,96	0,4001
Bloque	73,24	2	36,62	3,81	0,0379
Tratamiento	77,31	3	25,77	2,68	0,0716
Fecha*tratamiento	7,81	6	1,30	0,14	0,9901

Error	211,28	22	9,60
Total	387,98	35	

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=2,73821

Error: 9,6035 gl: 22

Fecha medias n E.E.

09/08/2018 2,83 12 0,89 A

11/07/2018 1,43 12 0,89 A

07/09/2018 1,22 12 0,89 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=2,73821

Error: 9,6035 gl: 22

Bloque medias n E.E.

2,00 3,82 12 0,89 A

1,00 1,07 12 0,89 B

3,00 0,58 12 0,89 B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=3,55408

Error: 9,6035 gl: 22

Tratamiento medias n E.E.

Testigo	3,67	9	1,03	A
P y N	2,85	9	1,03	A
Semilla	0,44	9	1,03	A
P	0,33	9	1,03	A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=8,33787

Error: 9,6035 gl: 22

Fecha tratamiento medias n E.E.

09/08/2018 Testigo	5,08	3	1,79	A
11/07/2018 Testigo	3,90	3	1,79	A
09/08/2018 P y N	3,89	3	1,79	A
07/09/2018 P y N	2,83	3	1,79	A
07/09/2018 Testigo	2,03	3	1,79	A
11/07/2018 P y N	1,83	3	1,79	A
09/08/2018 Semilla	1,33	3	1,79	A

09/08/2018 P	1,00	3	1,79	A
07/09/2018 P	0,00	3	1,79	A
11/07/2018 P	0,00	3	1,79	A
11/07/2018 Semilla	0,00	3	1,79	A
07/09/2018 Semilla	0,00	3	1,79	A

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

Festuca

Variable N R² R² Aj CV

Festuca 36 0,32 0,00 436,24

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.	3,15	13	0,24	0,81	0,6420
Fecha	0,29	2	0,15	0,49	0,6189
Bloque	0,29	2	0,15	0,49	0,6189
Tratamiento	0,58	3	0,19	0,65	0,5937
Fecha*tratamiento	1,99	6	0,33	1,11	0,3865
Error	6,54	22	0,30		

Total 9,69 35

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,48182

Error: 0,2973 gl: 22

Fecha medias n E.E.

07/09/2018 0,21 12 0,16 A

11/07/2018 0,17 12 0,16 A

09/08/2018 0,00 12 0,16 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,48182

Error: 0,2973 gl: 22

Bloque medias n E.E.

3,00 0,21 12 0,16 A

1,00 0,17 12 0,16 A

2,00 0,00 12 0,16 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,62538

Error: 0,2973 gl: 22

Tratamiento medias n E.E.

P y N	0,28	9	0,18	A
Testigo	0,22	9	0,18	A
Semilla	0,00	9	0,18	A
P	0,00	9	0,18	A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,46715

Error: 0,2973 gl: 22

Fecha Tratamiento medias n E.E.

07/09/2018 P y N	0,83	3	0,31	A
11/07/2018 Testigo	0,67	3	0,31	A
07/09/2018 Testigo	0,00	3	0,31	A
11/07/2018 P	0,00	3	0,31	A
09/08/2018 Testigo	0,00	3	0,31	A
11/07/2018 Semilla	0,00	3	0,31	A
11/07/2018 P y N	0,00	3	0,31	A

07/09/2018 Semilla 0,00 3 0,31 A

07/09/2018 P 0,00 3 0,31 A

09/08/2018 P 0,00 3 0,31 A

09/08/2018 P y N 0,00 3 0,31 A

09/08/2018 Semilla 0,00 3 0,31 A

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