

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

IMPLANTACIÓN DE UNA PRADERA MEZCLA DE *Festuca arundinacea*,
Trifolium repens y *Lotus corniculatus* CON DIFERENTES DOSIS DE
NITRÓGENO EN EL PERÍODO OTOÑO INVERNAL

por

Gastón ABRAHAM PIRIEVEIS
Oscar Giulliano CARIGNANI JACOBSEN
Luciano Daniel ZACARÍAZ LUBENCO

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2020

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. Ramiro Zanoniani

Ing. Agr. María Elena Mailhos

Ing. Agr. Nicolás Caram

Fecha: 28 de octubre de 2020

Autores: -----

Gastón Abraham Pirieveis

Oscar Giulliano Carignani Jacobsen

Luciano Daniel Zacaríaz Lubenco

AGRADECIMIENTOS

A nuestros familiares y amigos por el apoyo incondicional durante este trabajo y el transcurso de toda la carrera.

Al personal de Facultad de Agronomía EEMAC, quienes colaboraron durante el trabajo a campo y laboratorio.

Por último y no menos importante a nuestro tutor, Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani, por promover esta tesis y orientarnos durante el trabajo.

2.7. ÉPOCA DE SIEMBRA	31
2.8. DENSIDAD, DISTRIBUCIÓN Y PROFUNDIDAD DE SIEMBRA	32
2.9. CALIDAD DE LA SEMILLA.....	34
2.10. INOCULACIÓN.....	34
2.11. MALEZAS, PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	35
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EXPERIMENTO	37
3.1.1. <u>Localización y descripción del sitio experimental</u>	37
3.1.2. <u>Antecedentes del área experimental</u>	37
3.1.3. <u>Descripción del experimento</u>	38
3.1.4. <u>Diseño experimental</u>	38
3.2. VARIABLES EVALUADAS	39
3.2.1. <u>Peso de mil semillas</u>	39
3.2.2. <u>Porcentaje de germinación</u>	40
3.2.3. <u>Implantación</u>	40
3.2.4. <u>Relación parte aérea/raíz</u>	41
3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	41
3.3.1. <u>Modelo estadístico</u>	42
3.4. HIPÓTESIS.....	42
3.4.1. <u>Hipótesis biológica</u>	42
3.4.2. <u>Hipótesis estadística</u>	42
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL PERÍODO EVALUADO.....	44
4.1.1. <u>Temperatura</u>	44
4.1.2. <u>Precipitaciones</u>	46
4.2. IMPLANTACIÓN.....	47
4.2.1. <u>Implantación de <i>Festuca arundinacea</i></u>	49
4.2.2. <u>Implantación de <i>Lotus corniculatus</i></u>	50
4.2.3. <u>Implantación de <i>Trifolium repens</i></u>	51
4.3. NÚMERO DE PLANTAS.....	51
4.3.1. <u>Número de plantas de <i>Festuca arundinacea</i></u>	52
4.3.2. <u>Número de plantas de <i>Lotus corniculatus</i></u>	54
4.3.3. <u>Número de plantas de <i>Trifolium repens</i></u>	55
4.4. MACOLLAJE Y POBLACIÓN DE MACOLLOS EN <i>Festuca arundinacea</i>	57
4.5. NÚMERO DE HOJAS POR MACOLLO.....	58
4.6. MOMENTO DE FERTILIZACIÓN EN RELACIÓN A LOS PROCESOS MORFOGENÉTICOS DE <i>Festuca arundinacea</i> Y <i>Trifolium repens</i>	59
4.7. PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA, AÉREA Y RADICULAR, Y RELACIÓN PA/PR.....	61

4.7.1. <u>Producción de MS aérea, radicular y relación PA/PR de las especies componentes de la mezcla, las espontáneas y las malezas</u>	61
4.7.2. <u>Producción de MS aérea, radicular y relación PA/PR de <i>Festuca arundinacea</i></u>	62
4.7.3. <u>Producción de MS aérea, radicular y relación PA/PR de las leguminosas</u>	63
4.7.4. <u>Producción de MS aérea, radicular y relación PA/PR de las especies espontáneas</u>	64
4.7.5. <u>Producción de MS aérea, radicular y relación PA/PR de las malezas</u>	65
5. <u>CONCLUSIONES</u>	66
6. <u>RESUMEN</u>	67
7. <u>SUMMARY</u>	68
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	69
9. <u>ANEXOS</u>	83

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Valores de implantación.....	4
2. Inclusión de raigrás y fertilización con fosfato y nitrógeno en la producción de forraje acumulada invernal y anual (kg.ha ⁻¹) de una pastura base alfalfa	16
3. Densidad de siembra	38
4. Peso de mil semillas	40
5. Porcentaje de germinación por días	40
6. Implantación promedio de <i>Festuca arundinacea</i>	49
7. Implantación promedio de <i>Lotus corniculatus</i>	50
8. Implantación promedio de <i>Trifolium repens</i>	51
9. Número de macollos.pl ⁻¹ de festuca 90 días post siembra.....	57
10. Número de hojas.macollo ⁻¹ según tratamiento.....	59
11. Producción de MS aérea, radicular y relación PA/PR de las especies componentes de la mezcla, las espontáneas y las malezas.....	61
12. Biomasa aérea y radicular en base seca, en <i>Festuca arundinacea</i> y su relación según tratamiento.....	62
13. Producción de MS aérea y radicular en leguminosas, y su relación según tratamiento	63
14. Producción de MS aérea, radicular y relación PA/PR de las especies espontáneas	64
15. Producción de MS aérea, radicular y relación PA/PR de malezas.....	65
Figura No.	
1. Croquis del potrero número 35	39
2. Temperatura media, máxima y mínima históricas y del período en evaluación.....	45

3. Precipitaciones acumuladas para el período evaluado del año en estudio y promedio histórico	46
4. Evolución del % de implantación promedio de la mezcla según días post siembra en los tratamientos	48
5. Número de plantas totales a través de los días post siembra.....	52
6. Número de plantas de <i>Festuca arundinacea</i> a través de los días post siembra	53
7. Número de plantas de <i>Lotus corniculatus</i> a través de los días post siembra	54
8. Número de plantas de <i>Trifolium repens</i> a través de los días post siembra...	56
9. Número de macollos.m ⁻² de festuca a lo largo de los días post siembra	58
10. Fecha de fertilización, período de aparición de los primeros macollos y predicción de ocurrencia de los procesos morfogénicos según el tiempo térmico	60

ABREVIATURAS UTILIZADAS

AA - *Medicago sativa* (alfalfa)
ADN - ácido desoxiribonucleico
Ag - *Agropyron elongatum*
ARN - ácido ribonucleico
BA - *Bromus auleticus*
C - carbono
DG - *Dactylis glomerata*
CN - carbono/nitrógeno
FA - *Festuca arundinacea*
FBN - fijación biológica de nitrógeno
GP - gramínea perenne
IAF - índice de área foliar
LC - *Lotus corniculatus*
Leg - leguminosas
MS - materia seca
N - nitrógeno
P - fósforo
PA - parte aérea
PR - parte radicular
Rg - *Lolium multiflorum* (raigrás anual)
RgP - *Lolium perenne* (raigrás perenne)
TAF - tasa de aparición foliar
TAM - tasa de aparición de macollos
TB - *Trifolium repens* (trébol blanco)
TEF - tasa de expansión foliar
TMM - tasa de mortalidad de macollos
TR - *Trifolium pratense* (trébol rojo)
TT – tiempo térmico
VMF - vida media foliar

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay, la producción ganadera es realizada, mayormente, sobre campo natural, pero presenta restricciones como una baja productividad, marcada estacionalidad estival y baja calidad, dependiendo del suelo sobre el cual se desarrolla. Para mejorar los indicadores productivos y económicos de las empresas se utilizan mejoramientos de campo natural con especies de leguminosas y fertilizantes, o la sustitución del tapiz natural por praderas y verdes debido a que estos ofrecen una mayor productividad y calidad.

La superficie de praderas sembradas en el ejercicio 2017 - 2018 fue de 327.9 miles de ha, que representa el 12.7% de la superficie mejorada de establecimientos ganaderos, agrícola-ganaderos y lecheros (De León, 2019).

Incorporar las pasturas al sistema productivo implica realizar una inversión a largo plazo y requiere una planificación previa que puede ser la diferencia entre el éxito o fracaso de lo que constituirá la base forrajera del sistema. Esta tecnología presenta limitantes en su implementación por su baja persistencia y estabilidad productiva, dado que las pasturas difícilmente superan los 4 años de vida, mantienen el equilibrio entre las especies que las conforman o presenten enmalezamiento prematuro.

Dada la relevancia que posee la decisión de sembrar una pradera, es imprescindible lograr una buena implantación que permita, en parte, lograr la perennidad y producción de forraje esperadas.

Para levantar estas restricciones es necesario conocer qué medidas de manejo permiten obtener un buen stand de plantas y con buen vigor, así se podrá utilizar este recurso de manera eficiente. Dentro de las medidas o decisiones a tomar está la elección de la chacra, fecha de siembra, manejo del barbecho, elección de especies y cultivares mejor adaptados al sistema, métodos y profundidad de siembra, manejo de la fertilización, entre otras que incluyen aspectos económicos y ambientales.

En este trabajo se propone evaluar los efectos del agregado de nitrógeno (N) sobre la implantación, algunas variables morfogénicas, la producción de materia seca total y su relación parte aérea/radicular desde la siembra al primer pastoreo, de una pradera mezcla compuesta por *Festuca arundinacea* (FA), *Trifolium repens* (TB) y *Lotus corniculatus* (LC), para determinar la conveniencia de fertilizar con N a siembra y macollaje.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Analizar y evaluar si existen diferencias en la implantación de una pradera mezcla de *Festuca arundinacea*, *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens*, según el agregado de N, medida a 30, 50, 70 y 90 días posteriores a la siembra.

1.1.2. Objetivos específicos

Conocer y analizar los porcentajes de implantación de la mezcla en general y de las especies que la componen, medida a los 90 días post siembra, relacionándolo con las dosis de N agregadas.

Conocer el estado de desarrollo de los tres componentes de la mezcla (*Festuca arundinacea*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens*), en relación a la dosis de N agregada.

Conocer el porcentaje de enmalezamiento de la pastura a los 90 días post siembra, analizando el efecto del N en esta variable, y de la misma sobre el porcentaje de implantación.

Analizar la proporción de la parte aérea y radicular de toda la biomasa vegetal existente a los 90 días post siembra, evaluando separadamente la biomasa total y la relación parte aérea/parte radicular (PA/PR), de las especies a implantar, las especies espontáneas de valor forrajero y las malezas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. IMPLANTACIÓN DE PASTURA

2.1.1. Implantación

Las etapas de germinación, emergencia y establecimiento de una plántula son los tres procesos más difíciles de la vida de las especies que componen una pradera. Esto se puede observar en el porcentaje de mortandad de plántulas, que alcanza un 90% de la población sembrada cuando ocurren malas condiciones (Silverstow y Dickie, 1981).

“El enmalezamiento temprano, las fechas de siembras tardías, la inestabilidad de las mezclas, el cultivo antecesor, el inadecuado establecimiento y el mal manejo de las praderas son las causas de su baja producción y persistencia, desincentivando la siembra de praderas” (Zanoniani, citado por García Favre et al., 2017).

Carámbula (2010), menciona al porcentaje de establecimiento o implantación como el número de plantas saludables que se establecen en una pastura, expresándose como porcentaje del número de semillas viables sembradas. El mismo, según Formoso, citado por García Favre et al. (2017) ocurre en las primeras semanas luego de realizada la siembra. La implantación depende de la germinación y emergencia de las plántulas además del establecimiento o implantación.

Para que el establecimiento de una pastura sembrada sea exitoso requiere mayor destreza y cuidado del que se necesita en los cultivos agrícolas. Dicho establecimiento es costoso y la cosecha es una característica secundaria del sistema de producción. Estas pasturas ocupan la tierra durante muchos años, los errores cometidos en la implantación, así como en la siembra afectarán la producción durante un período prolongado (Langer, 1981).

Por otra parte, Brito del Pino et al. (2008), aluden a que la implantación afecta la persistencia, productividad y composición de la pastura, ya que una buena implantación determina el número adecuado de plantas por metro cuadrado para cubrir rápidamente el suelo, y así impedir el crecimiento de malezas y maximizar la producción de la pastura.

De acuerdo con Moliterno (2000), cada especie tiene diferencias en la habilidad de transformarse de semilla viable a plántula establecida, generando disparidad en el porcentaje de establecimiento de las especies en las mezclas, siendo un factor a tener en cuenta al implantar una pradera mixta.

Conforme a la variabilidad que existe en el establecimiento de las pasturas, en el cuadro siguiente se pueden observar valores de implantación obtenidos en diferentes evaluaciones, con diferentes combinaciones de especies gramíneas y leguminosas.

Cuadro No. 1. Valores de implantación

Especies	% de Imp.	Fuente	DPS	Observaciones
GP+Leg GP+Leg+Rg GP+Leg+TR Promedio	28,13 24,01 36,21 29,3	Brito del Pino et al. (2008)	90	58 Chacras relevadas. Varias mezclas sembradas. Diferentes fechas de siembra. Diferente No. de chacras según tipo de mezclas.
RgP+Ag+TB FA+Ag+TB	47 44	Fariña y Saravia (2010)	60	Exp. realizado en FAgro. EEMAC en 2009.
GP+Leg	46	Acle y Clement (2004)	50	Exp. realizado en FAgro. EEMAC. 6 Mezclas evaluadas. 4 Gramíneas y 3 leguminosas evaluadas. Dato de implantación promedio de las mezclas.
M1 - FA+TB+LC M2 - DG+AA	42 35	Gómez de Freitas y Klassen (2011)	90	Exp. realizado en FAgro. EEMAC. FS: 17/05 M1, 14/06 M2. Rastrojo de sorgo o digitaria.
FA+LC+TB+TR DG+AA RgP+TR	35.5	Berasain et al. (2015)	90	Exp. realizado en FAgro. EEMAC. Dato de imp. promedio de las 3 mezclas.
BA+LC DG+AA	46 34	Palacios (2015)	56	Exp. realizado en FAgro. EEFAS. Evaluación de

FA+TB+LC DG+TR+LC Promedio	31 28 35			diferentes mezclas c/s riego. Sin efecto del riego sobre la implantación.
FA+TB+LC	33,8	Moliterno (2000)	40	Exp. realizado en FAgro. EEMAC. Evaluación de 6 mezclas distintas.
Rg Rg+Leg	32 40	Arin et al. (2018)	78	Exp. realizado en FAgro. EEMAC. Fracción leguminosas compuesta por <i>Trifolium resupinatum</i> y <i>Trifolium vesiculosum</i> .

2.1.2. Factores a considerar para alcanzar una buena implantación

Como menciona Carámbula (2010), “*la fase de implantación de una pastura es particularmente crítica y de sus resultados depende que se utilice el medio ambiente en su totalidad por un lapso considerable*”, dejando claro que un mal manejo durante la fase de implantación puede hacer un uso ineficiente del recurso suelo durante el período que dure la pastura.

Un aspecto importante para lograr una buena implantación es el desarrollo radicular de las plántulas, ya que le permite, entre otras cosas, poder afrontar mejor los problemas que pueden traer los déficits hídricos críticos (Carámbula, 2010).

Los factores que se manifiestan, como la ocurrencia de extremos hídricos en suelo, las bajas temperaturas, el ataque de enfermedades y plagas, y la presencia de sustancias alelopáticas y de secreciones radiculares ocasiona mortandad en las plántulas (Carámbula et al., 1994).

A continuación, se describirán factores relevantes a tener en cuenta para lograr una adecuada implantación, teniendo como objetivo el éxito de la pastura en productividad, persistencia y eficiencia en el uso de los recursos.

2.2. ELECCIÓN DE LAS ESPECIES Y VARIEDADES

2.2.1. Elección de las especies

Según Carámbula (2002), la elección de la especie a sembrar va a depender entre otras cosas del tipo de suelo y topografía, presencia de malezas, época del año que se requiere forraje (en relación a la producción estacional de la especie) y del sistema productivo (cría, invernada o lechería). Además, las pasturas pueden clasificarse según su composición en praderas puras o mezclas. Una pradera pura es la que incluye una sola especie, presentando la ventaja de ser más simple en el manejo, más sencillo el control de malezas y la cosecha de semilla, teniendo como principal desventaja la producción estacional. Con respecto a las praderas mezclas, las más utilizadas, en general incluyen una gramínea con una o dos leguminosas. Son más estables frente a variaciones en el clima, tipo de suelo y manejo; logrando un mejor balance forrajero durante el año. La mezcla es más eficiente en el uso de los recursos (si están bien seleccionados sus componentes), ya que posee diferentes sistemas radiculares y área foliar. Cuando se elige la mezcla es necesario buscar las especies que poseen similitudes en el manejo, para favorecer así la complementariedad.

De acuerdo a lo mencionado, se caracterizarán las especies utilizadas en el trabajo experimental de esta tesis.

2.2.1.1. *Festuca arundinacea*

Es una gramínea perenne robusta similar al raigrás italiano, que presenta macollos redondeados y hojas grandes con estrías en el haz de una coloración verde oscura. Su lígula no es visible y en las aurículas que se encuentran en la base de la hoja se presentan pelos diminutos. Al momento de la floración forma una gran panoja abierta, en la cual cada espiguilla contiene de 3 a 10 florecillas las cuales se separan en la madurez. Es relativamente temprana en la primavera y presenta un excelente crecimiento en esa estación. Muestra tolerancia a suelos ácidos y alcalinos, así como también a drenajes pobres. En esas condiciones no se dan los niveles de producción esperados, sino que requiere de una eficiente fertilidad para su crecimiento y lograr buen rendimiento en producción. Su crecimiento durante el otoño es favorable, y en el invierno presenta poco daño por heladas. Generalmente las distintas variedades de FA muestran una

tolerancia a las secas moderadas, y permanecen verdes en veranos secos (Langer, 1981).

Esta especie es de lento establecimiento, lo que la hace vulnerable en la competencia con otras. Esto produce, durante el primer año, una baja producción de forraje dado por la baja movilización de las reservas que hay en la semilla y, por ende, al lento crecimiento de la raíz (Carámbula, 2002), pero realizando un manejo adecuado se logra que persista muchos años (Langer, 1981). Sumado a esto, su velocidad de implantación se ve reducida en siembras tardías con suelos fríos, retrasando además el primer pastoreo (INIA, 2017a).

Es imprescindible realizar un manejo correcto de la fertilización y defoliación ya que esto determina el éxito o fracaso de la FA como parte de una pastura sembrada. Es necesario disponer de alta fertilidad para aprovechar sus bondades productivas como lo son la alta producción y el rebrote rápido. El suministro de N que requiere se le puede brindar mediante fertilización nitrogenada o a través de la siembra de leguminosas asociadas. Al tener hojas relativamente erectas puede convivir con leguminosas, siendo TB la especie que logra mejor comportamiento. Si el N que dispone en suelo no es suficiente, su comportamiento cambia, se torna amarillenta, brota lentamente y los animales la rechazan como forraje (Carámbula, 2002).

Admite pastoreos intensos y frecuentes ya que las sustancias de reserva se encuentran en las raíces y rizomas cortos, las plantas tienen áreas foliares remanentes altas luego de la defoliación (Mckee et al., 1967). Sin embargo, un manejo intenso y excesivo en verano afecta negativamente los rebrotes de otoño, característica muy valiosa en esta gramínea perenne considerada precoz (Carámbula, 2002). La altura promedio de planta para entrar a pastorear debe ser de 10 centímetros; si se la deja pasar por encima de esa altura comienza a perder sus propiedades nutritivas y es recomendable cortarla, para luego ser henificada (Langer, 1981). Sin embargo, Carámbula (2002), menciona que la altura de entrada al pastoreo puede alcanzar los 15 cm, si se utiliza pastoreo rotativo.

Según INIA (2017a), se recomiendan pastoreos rotativos para lograr buen rendimiento y calidad de la especie, con entrada a los 15-18 cm de altura y salida con un remanente de 5 cm. En primavera realizar pastoreos intensos y frecuentes para evitar la encañazón, a diferencia de verano que el pastoreo debe ser cuidadoso aumentando la altura del remanente a 7-10 cm. En caso de sequía lo ideal es retirar el pastoreo para no castigar la pastura (INIA, 2017a).

Para lograr una buena persistencia es necesario desarrollar un buen sistema radicular desde fines de invierno y primavera permitiéndoles explorar un mayor volumen de suelo en épocas de sequía (Carámbula, 2002).

2.2.1.2. *Trifolium repens*

El TB es una especie glabra (sin pelos), de crecimiento postrado, con varios tallos los cuales se extienden por la superficie del suelo generando raíces adventicias en los nudos. El sistema radicular primario le sirve para lograr el establecimiento, luego de alcanzado, este se pierde. Sus foliolos son ovalados y poseen una mancha blanca en la cara superior. Respecto a la inflorescencia, es un capítulo que cuenta con varias florecillas, entre 50 y 200, blancas a rosadas; la semilla es redondeada y color amarillo dorado. Son semillas pequeñas entrando 1.653.750 semillas por kg aproximadamente (Langer, 1981).

Es la leguminosa que más se utiliza en aquellas regiones donde las temperaturas del verano son moderadas y con buena humedad en suelo. Si no se dan estas condiciones pueden ocurrir muertes de plantas en el verano. Se comporta como una especie anual y su persistencia depende de una buena resiembra anual. No prospera en suelos pobres, muy ácidos o arenosos, aunque si lo hace en suelos fértiles, arcillosos que tengan suficiente humedad y cantidades adecuada de fósforo (Carámbula, 2002).

Su gran adaptación al manejo intenso y los altos rendimientos de materia seca se deben a su porte rastrero, índice de área foliar (IAF) bajo, meristemas contra el suelo, hojas jóvenes ubicadas en el estrato inferior y hojas maduras en el estrato superior. A pesar de esta adaptación es afectado por manejos severos y exagerados. Lo ideal es utilizar manejos que permitan que las plantas estén vigorosas con mayor longitud y diámetro de estolones por área de suelo, mayor peso individual de hojas y una mayor proporción de hojas cosechables (Carámbula, 2002).

Se lo puede clasificar en tres grupos de acuerdo al tamaño de hoja. El tipo salvaje de hoja pequeña, como su clasificación lo menciona, son de hoja pequeña además de estolones, flores pequeñas y de crecimiento muy rastrero; con un rendimiento relativo bajo (Langer, 1981).

Las variedades de hoja intermedia poseen baja concentración de glucósidos que liberan ácido cianhídrico, de porte postrado y estolonífero (INIA, 2017c).

Águila Castro (1979), señala que este grupo se caracteriza por una mayor rusticidad que los cultivares de hoja grande, ya que es menos exigente en humedad, fertilidad y posee mayor tolerancia al pastoreo. Se utiliza comúnmente en pasturas de media a corta vida.

Los tipos de hoja grande, como los tréboles ladinos originarios del Mediterráneo, poseen un crecimiento más erecto con hojas y estolones de mayor tamaño y una alta productividad en condiciones de buena humedad, que es cuando resiste un pastoreo intenso y continuo (Langer, 1981). Carámbula (2002), sin embargo, difiere en la intensidad de pastoreo mencionando que el grupo acepta mejor los pastoreos rotativos. Por su desarrollo vigoroso puede ser utilizado para ensilaje y henificación durante la primavera, aunque con algunas dificultades.

Esta especie tiene dos características que lo hacen muy valioso para ser utilizado en pasturas: alto valor nutritivo y capacidad para fijar cantidades significativas de N. Dada su alta digestibilidad y excelente apetecibilidad, incluso superando a cualquier otra leguminosa forrajera, lo que eleva la calidad de la pastura. Sin embargo, conlleva un alto riesgo de meteorismo en la época de crecimiento primaveral. Por esta razón, no es conveniente sembrarlo puro, salvo que su destino sea la producción de semillas. Es recomendable acompañarlo con una gramínea para que el forraje producido no sea desbalanceado y con riesgo de producir meteorismo (Carámbula, 2002).

Carámbula (2002), señala que TB posee dos formas de persistencia que dependen tanto de las condiciones ambientales como de manejo. En suelos fértiles y húmedos persiste si el manejo del pastoreo es controlado y ayuda a la formación y enraizamiento de los estolones hijos. En suelos menos fértiles y con riesgo de sequía en verano, depende únicamente de la resiembra natural. La población de plantas que logran sobrevivir el verano está relacionada directamente con la población de estolones, el número de nudos con raíces y la cantidad de puntos de crecimiento por estolón: a mayor cantidad de los mismos, más rápida será su recuperación luego de una sequía.

2.2.1.3. *Lotus corniculatus*

Healy, citado por Langer (1981), describe a LC como una especie perenne, de ciclo productivo estival, que posee una corona bien desarrollada ausente de estolones y normalmente glabro.

Su raíz pivotante y ramificada, la convierte en la especie más tolerante a la sequía de los *Lotus* spp (Hughes et al., citados por Langer, 1981). Además, su persistencia y su alto valor nutritivo lo hacen una especie ideal para incluirla en mezclas forrajeras (Formoso, 1993). Estas mezclas pueden incluir gramíneas y utilizarse en pasturas de larga vida, aunque también se lo puede sembrar puro,

ya que no produce meteorismo (Carámbula, 2002). Posee como capacidad que la calidad del forraje que produce no disminuye tan rápido al avanzar su ciclo, incluso cuando es diferido (Collins, 1982).

Logra un mejor crecimiento donde el pH del suelo se encuentra entre 6,4 y 6,6. Es poco tolerante al drenaje pobre y riego excesivo, pero consigue adaptarse bien a un cierto grado de salinidad (Hughes et al., citados por Langer, 1981).

La nodulación es afectada por la temperatura, la que varía según acuerdo a la especie dentro del género *Lotus* spp. Roa, citado por Ayala y Carámbula (2009) determinó el óptimo para la nodulación en LC y *Lotus subbiflorus* en 27 ° C, dándose una inhibición total cuando se encuentra por debajo de 15 °C y por encima de 35° C. Los efectos negativos provocados por las bajas temperaturas se acentúan si la siembra es realizada al voleo en cobertura y sobre tapices muy abiertos o suelos desnudos, debido a la mayor intensidad de las heladas en esas condiciones. Las temperaturas menores a 7 °C reducen al mínimo la actividad nodular de fijación de N y cuando superan los 30 °C producen muerte y desprendimiento de nódulos. Cuando las temperaturas aumentan paulatinamente entre 10 y 30 °C la actividad nodular se ve favorecida.

Cuando el contenido de humedad en el suelo es excesivo, Ayala y Carámbula (2009) sostienen que se originan situaciones de anaerobiosis que alteran el comportamiento de las plantas, y se generan cambios morfo-fisiológicos en la parte aérea y subterránea como pueden ser clorosis, envejecimiento prematuro de hojas, hipertrofias en aerénquima, raíces adventicias en tallos y general deterioro del sistema radicular.

Si se comparan las leguminosas de la región con el género *Lotus* spp, este último es el más lento en su establecimiento dado su bajo vigor inicial en plántulas, con una emergencia poco agresiva y menguada capacidad de competencia en estados tempranos del desarrollo. McLaughlin y Clarke, citados por Ayala y Carámbula (2009) explican que esta diferencia es más notoria si las temperaturas son bajas durante la germinación y primer crecimiento.

Durante el otoño son dos las variables que más incidencia tienen en el establecimiento del género *Lotus* spp, la falta de humedad en siembras tempranas y las bajas temperaturas en siembras tardías (Watson et al., citados por Ayala y Carámbula, 2009).

En el género *Lotus* spp, en especial en *Lotus pedunculatus*, los procesos de germinación son más lentos que en los tréboles a fines de otoño y en invierno cuando las temperaturas son bajas. Sin embargo, afirman que LC tiene mayor flexibilidad (Ayala y Carámbula, 2009). En primavera el escenario es el opuesto:

con el aumento progresivo de temperaturas mejora la respuesta de los lotus por sobre los tréboles, por lo cual se adaptan muy bien a siembras en esta época (Ayala y Carámbula, 2009). De acuerdo a lo anterior, es recomendable que este género sea sembrado temprano en el otoño para que se logre una buena implantación y establecimiento de plántulas antes de comenzar el invierno, evitando siembras invernales aun tratándose de mejoramientos de campo.

En cuanto al comportamiento que muestra LC en mezcla con otras especies, datos de Scholl y Brunk, Hill y Hoveland, citados por Ayala y Carámbula (2009), muestran que no hay inconvenientes cuando se siembra en mezclas asociadas con gramíneas de lento crecimiento como FA.

García, citado por Carámbula (2002), menciona que LC presenta mayor sensibilidad a las prácticas de manejo, beneficiándose con pastoreos controlados con una altura de entrada de 20 a 25 cm. En caso de realizar pastoreo continuo su remanente no debe de ser menor a 7,5 cm, aunque los cultivares erectos deben quedar con más remanente que los postrados.

2.2.2. Elección varietal

Los cultivares adaptados a la región tienen características propias que los hace diferenciarse de otros, incluso algunos cultivares de una misma especie poseen diferencias entre sí mayores a las que se pueden encontrar entre distintas especies (Carámbula, 2010). Por lo tanto, decidir el cultivar a sembrar tiene la misma importancia que la elección de la especie, ya que está determinando la adaptación que va a tener la pradera, al potrero en el que se la realice.

Carámbula (2010) señala, en referencia a lo anterior, que muchas veces los rendimientos totales anuales de los diferentes cultivares pueden ser similares, y a pesar de eso mostrar grandes diferencias en precocidad, producción estacional, producción en épocas críticas, agresividad, sanidad, producción de semillas, y persistencia, características deseables que afectan fuertemente el valor forrajero de cada cultivar.

Festuca arundinacea cv. INIA Fortuna (cultivar utilizado en el experimento) fue obtenida mediante selección con énfasis en el porcentaje de digestibilidad de la materia orgánica, fibra detergente neutro, flexibilidad y sanidad foliar. Florece 18 días después que Estanzuela Tacuabé y 31 días después que Quantum o INIA Aurora, colocándola como un cultivar tardío. Aunque posee similar rendimiento anual y total respecto a Estanzuela Tacuabé, su superioridad frente a otros cultivares tardíos de ciclo similar es clara. Además,

cuenta con un excelente comportamiento frente a roya. Tiene buena asociación con todas las leguminosas. Crece muy bien en suelos medios, pesados y húmedos, recomendando su siembra a partir de mediados de marzo con densidades de 10 a 12 kg.ha⁻¹ (INIA, 2017a).

El cultivar Zapicán de TB, utilizado en el experimento, es un cultivar de hoja grande, erecto, con floración temprana y abundante, obtenido en INIA La Estanzuela en base a materiales introducidos desde Argentina. Su adaptación a la región es de más de 50 años. Obtiene mejor desempeño en suelos de texturas medias a pesadas. Según el tipo de mezcla es recomendable utilizar densidades de 2 a 4 kg.ha⁻¹. Para poder expresar su potencial el nivel de P debe ser de 12-15 ppm Bray No. 1. Sus atributos más destacados son el rápido establecimiento y excelente producción invernal. Posee buena semillazón por lo que genera un banco de semillas al suelo ideal para la resiembra en años posteriores (INIA, 2017c).

INIA Rigel (variedad utilizada en el experimento) es un cultivar de LC obtenido sintéticamente en INIA La Estanzuela con énfasis en persistencia a campo. Para lograr su potencial de producción debe estar en suelo fértil con buena capacidad de almacenamiento de agua, aunque se adapta a suelos con baja fertilidad, produciendo más forraje que otras leguminosas a bajos niveles de P (INIA, 2017b).

Con respecto al cultivar San Gabriel posee ciclos de crecimiento similares, además de tener floración temprana y ausencia de reposo invernal. Tiene diferencias en rendimiento de forraje desde el primer año destacando su productividad en todas las estaciones, salvo en invierno. También es superior en el rendimiento de semilla durante el verano, siendo más marcada ésta en el segundo año (INIA, 2017b).

Con INIA Draco mantienen la tolerancia a la podredumbre de raíz y buena resistencia a roya, aunque con un hábito más postrado que este último (INIA, 2017b).

2.3. SISTEMA DE LABOREO

Indistintamente del sistema de laboreo elegido (siembra directa, convencional u otro), Carámbula (2010) afirma que el productor debe tener como objetivo preparar una buena sementera para así eliminar la competencia que ejercen malezas, mejorar la disponibilidad de nutrientes, presentar adecuada humedad y temperatura del suelo, generarle poca resistencia a la penetración de las raíces y mitigar la erosión.

Formoso (2007) se refiere a la existencia de un efecto depresor en el porcentaje de área cubierta de la siembra directa en comparación a siembra con laboreo convencional, generado probablemente por un menor desarrollo radicular de plántulas, lo cual provoca un menor consumo de agua y refrigeración derivando en una menor tolerancia al estrés calórico.

2.3.1. Efecto del rastrojo del cultivo antecesor

Según Loydi et al. (2012), es el cultivo antecesor quien determina el tipo de rastrojo en suelo, provocando una menor o mayor inmovilización de nutrientes de acuerdo a su relación carbono/nitrógeno (C/N). La presencia de restos vegetales en superficie tiene efecto sobre los niveles de humedad y temperatura del suelo, fijando la cantidad y calidad de luz que llega a semillas y plántulas. Esto modifica la relación rojo/rojo lejano que es, entre otras cosas, reguladora de la germinación, pudiendo inhibir la misma en las semillas que han sido sembradas (Deregibus et al., 1994).

Si se comparan rastrojos bajos con rastrojos altos, en los primeros se observan mayores implantaciones en general, aunque es posible lograr buenas implantaciones con diferentes especies sin tener en cuenta la altura del rastrojo (Formoso, 2007).

El crecimiento y rendimiento de un cultivo, siguiendo el lineamiento de Patrick (1971), está asociado a los efectos del rastrojo antecesor como tipo de rastrojo, grado de descomposición previo a la siembra que está dado por la cantidad y distribución de las lluvias. En experimentos con pasturas mezclas de gramíneas y leguminosas con distintos antecesores, se obtuvieron porcentajes de establecimiento que van desde el 20 al 40 %; los mejores se lograron con sorgo granífero, moha y soja (40%). La moha según Pozzolo (2006) está caracterizada por tener una baja relación C/N, libera temprano el potrero por su

ciclo corto generando la posibilidad de un buen barbecho antes de la siembra de la pastura: realiza un buen control de malezas y buen nivel de macroporos por su desarrollo radicular dejando poca cantidad de rastrojo en superficie. Este cultivo constituye un buen antecesor para las pasturas perennes.

Por otra parte, Formoso (2004), realizó un estudio similar con distintas forrajeras sembradas en línea, en siembra directa sobre rastrojos de distintos cultivos, incluido moha, y encontró que el rastrojo de sorgo provocó las mayores depresiones productivas en el forraje de especies anuales y gramíneas perennes (22%), y soja (17%) sobre AA, TB y TR Para el caso de LC, no se modificó su capacidad de producción sobre diferentes rastrojos. A pesar de esto, este autor agrega que es posible implantar excelentes pasturas de muy altos potenciales de producción en todos los tipos de rastrojos estudiados en dicho trabajo.

2.4. FERTILIDAD DEL SUELO Y MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN

2.4.1. Contenido de nutrientes del suelo

Previo a implantar una pastura es imprescindible saber el estado nutricional del suelo, ya que esto permitirá definir el manejo adecuado para tener éxito en la producción y persistencia del forraje (Carámbula, 2010).

Por medio de ensayos, Reynaert y Carámbula (1961), encontraron que la deficiencia principal de los suelos uruguayos es el P. De modo que, si se desea instalar una leguminosa es necesario realizar una fertilización fosfatada para alcanzar una instalación exitosa de la pastura.

2.4.2. Manejo de la nutrición nitrogenada

El N cumple como función principal en los seres vivos formar parte de los aminoácidos y las proteínas. Además, constituye otros compuestos tales como vitaminas, coenzimas, clorofila y ácidos nucleicos (ADN y ARN). En la mayoría de los países este nutriente es el más limitante para el crecimiento de las plantas (Morón, 1996).

Rebuffo (1994) afirma que el primer factor para el manejo de la nutrición nitrogenada y su respuesta en una pradera, es considerar la capacidad de respuesta que tiene la pastura, que a su vez está principalmente determinada por la población de gramíneas y su capacidad de crecimiento. La respuesta de las gramíneas puede rápidamente inducir sombreado y reducir el rendimiento de las leguminosas. Además, indica que la respuesta al N por parte de una pastura está determinada por las condiciones que impone el clima antes y después de la fertilización, además de las tasas de crecimiento de la pastura. Los fertilizantes al ser agregados en superficie suelen ser ineficientes cuando se dan situaciones de déficit o exceso hídrico luego de agregarse (Rebuffo, 1994).

Zanoniani et al. (2003), señalan tres momentos en el desarrollo de las plantas que son significativos para la fertilización de un verdeo, siendo estos la siembra, el macollaje y durante la producción primaveral.

En el caso del N, debe entenderse que la respuesta a la fertilización tiene relación tanto con la demanda de nutrientes por parte de la pastura como con la oferta estacional del suelo. Desde el punto de vista de la demanda, las tasas de crecimiento mayores se producen en primavera, entre octubre y diciembre, en el caso de la oferta de nutrientes, las formas más asimilables de N están más disponibles durante los meses de mayor temperatura (desde fin de primavera hasta principios de otoño). La demanda máxima de nutrientes que comienza a ocurrir a principios de primavera coincide con una baja oferta de formas solubles de N. Esto posibilita que fertilizar con N durante esta época presente una mayor respuesta en pasturas con base de gramíneas (Scheneiter y Bertín, 2005a).

Scheneiter (2005b), evaluó las producciones de diferentes pasturas, compuestas por una mezcla de TB y FA, y FA sola con tres niveles de fertilización nitrogenada (0, 75 y 150 kg.ha⁻¹). Este autor reporta que las pasturas de FA sin aportes de N presentan limitaciones productivas, luego del primer año. A su vez, la mezcla supera la producción de la FA pura, esta diferencia puede variar entre 10-20% cuando la FA pura se encuentra bajo pastoreo, pudiendo llegar hasta un 40-60% cuando se utiliza bajo corte. Por último, la FA pura solo supera la mezcla cuando es fertilizada con N.

El agregado de fertilizante nitrogenado, según Carámbula (2010), tiene un efecto beneficioso sobre el proceso de simbiosis entre el rizobio y la leguminosa durante el establecimiento. Primero, debido a que el rizobio demora en infectar y comenzar a ser efectivo en las plántulas. Segundo, porque este proceso genera un gran gasto metabólico en relación al limitado suministro de fotoasimilados disponibles inicialmente en la vida de las plántulas.

2.4.2.1. Fertilización nitrogenada

Herriot (1958) afirma que, una buena práctica sería agregar entre 15 y 30 kg.ha⁻¹ de N que actuaría como “starter” de la fracción leguminosa. Mientras que Rabuffetti (2017), para suelos de baja fertilidad recomienda el agregado de 15 a 20 kg.ha⁻¹ para favorecer el crecimiento inicial del cultivo, en particular si se dan condiciones de frío o excesiva humedad. Pero dosis altas o excesivas probablemente reduzcan o inhiban la FBN por el rhizobium.

Ressia et al. (2018), evaluaron la respuesta a diferentes tratamientos: con incorporación de raigrás anual, diferentes niveles de refertilización fosfatada (70 y 140 kg.ha⁻¹ de MAP) y refertilización con 50 kg.ha⁻¹ de N en la implantación de una pastura de AA y FA.

Cuadro No. 2. Inclusión de raigrás y fertilización con fosfato y nitrógeno en la producción de forraje acumulada invernal y anual (kg.ha⁻¹) de una pastura base alfalfa

Tratamiento	Producción de forraje invernal kg MS.ha ⁻¹	Producción de forraje anual kg MS.ha ⁻¹
Alfalfa + festuca_140MAP	3674 d	7912 b
Alfalfa + festuca_70MAP	4050 cd	7062 b
Alfalfa + festuca + raigrás_70MAP	7384 a	9375 a
Alfalfa + festuca_70MAP+N	5013 bc	9447 a
Alfalfa + festuca_140MAP+N	5176 b	9863 a

*Letras distintas en sentido vertical, indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Fuente: tomado de Ressia et al. (2018).

En cuanto a la respuesta al agregado de N, Ressia et al. (2018) señalan que, la producción de la pastura con N en el primer corte es inferior a la producción de la pastura con raigrás incorporado. En la primavera esta diferencia en producción se pierde y en el verano la tendencia es revertida, donde los tratamientos de mayor producción son las compuestas por AA y FA con agregado

de N, seguido por los tratamientos sin agregado de N y por último la pastura con raigrás, como se observa en el cuadro anterior.

Durante la implantación de pasturas mezclas, la fertilización con N en invierno es una alternativa válida, que mejora la producción de la pastura, sin los efectos adversos en la densidad de plantas al incorporar raigrás (Ressia et al., 2018).

García et al. (2002), mencionan que en numerosos ensayos se registraron importantes respuestas a la fertilización nitrogenada con aplicaciones a fines de invierno y principio de primavera, en general la respuesta al agregado de N es alta si las dosis agregadas son bajas y en situaciones de deficiencia de N disponible, esta eficiencia disminuye al aumentar la dosis aplicada de N. Además, estos autores afirman que la aplicación temprana aumenta la producción y proporción de gramíneas que compiten y reducen el crecimiento de leguminosas. Este efecto competitivo y supresor de las gramíneas sobre las leguminosas, se evidencia con fertilizaciones superiores a $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N en una pastura compuesta por festuca y trébol blanco (Scheneiter y Pagano, 1998).

En pasturas deficientes de N, la respuesta de las mismas al agregado de este nutriente es incrementada; no obstante, las respuestas máximas de materia seca por kg de N agregado están en el rango de los 25 a 60 kg de N. Estos máximos de respuesta ocurren siempre y cuando se den condiciones favorables para el crecimiento de las mismas y existiendo un margen para aumentar ese crecimiento. Es recomendable fraccionar la dosis total en dosis que no superen los $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N, aplicando en los meses más frescos del año cuando se ve limitado el crecimiento de las leguminosas, para no afectar la cantidad de N fijado simbióticamente (Agnusdei y Marino, 2009).

Cuando se fertiliza con N durante la implantación debe tenerse sumo cuidado con la dosis y el tipo de fertilizante a utilizar, ya que se pueden ocasionar daños a las plántulas, que mayormente son de leguminosas (Arin et al., 2018). Oohara et al., citados por Díaz y Moor (1980), afirman que la siembra en línea conjuntamente con el fertilizante puede llegar a provocar la muerte de las plántulas debido a dos razones: la primera es el efecto tóxico por vapores de amonio, que ocurren con fertilizantes como urea y fosfato diamónico; la segunda es por efecto osmótico, por la alta concentración de sales alrededor de la semilla cuando el fertilizante es disuelto en la solución del suelo, agravándose la situación en condiciones de estrés hídrico.

2.4.2.2. Fijación biológica de nitrógeno

La FBN es el proceso por el cual algunos microorganismos utilizan el N contenido en el aire, reduciéndolo a amoníaco a través de una enzima llamada nitrogenasa, para la producción de proteína. Los microorganismos fijadores de N son bacterias y cianobacterias de vida libre en el suelo, eventualmente asociados a una planta (fijación no simbiótica), o viviendo en simbiosis con una planta (Paredes, 2013).

Rabuffetti (2017), afirma que luego de la fotosíntesis, la fijación biológica del N_2 atmosférico es probablemente la relación bioquímica más importante para la vida en el planeta.

La FBN llevada a cabo por rhizobium y bradyrhizobium en asociación con las leguminosas, es la fuente más importante del N fijado para los sistemas de producción cultivo-pastura. Las especies de azotobacter y beijerinckia (aerobios) y clostridium (anaerobios), son fijadoras de N_2 no simbiótica. En regiones tropicales, es llevada a cabo por bacterias del género Azospirillum, que viven asociadas a la superficie de las raíces de gramíneas, particularmente caña de azúcar y especies del género Paspalum (Rabuffetti, 2017).

La reducción del N_2 a NH_3 por las leguminosas es un proceso altamente energético, por cada 1 kg de N fijado, son necesarios 10 a 18 kg de carbohidratos. Por lo tanto, los factores que disminuyen la fotosíntesis reducen también la fijación de N por los Rhizobium. A su vez, este proceso puede reducirse o inhibirse si en el suelo hay cantidades elevadas de N mineral (Rabuffetti, 2017).

Rabuffetti (2017), expresa que los datos existentes indican que la transferencia de N por parte de las leguminosas a las especies asociadas es poca, durante la etapa de implantación en especies perennes o cuando se alcanza la madurez en especies anuales. Cuando la planta llega a la madurez o las condiciones ambientales conducen a la muerte de partes de la planta, es cuando se dan los mayores aportes. La transferencia de N ocurre a través de la mineralización de los nódulos o tejidos radicales de leguminosas, por acción microbiana.

La transferencia de N por parte de especies como TB, TR y LC a las especies asociadas representa en torno al 20 - 30% y 50 - 60%, en el primer y segundo año respectivamente; estos valores relativos son valores medios de transferencia en torno a 18 kg.h^{-1} de N el año de la siembra y 34 kg.h^{-1} de N para el segundo año (Mallarino et al., 1990b). El N transferido de las tres leguminosas evaluadas fue bastante bajo en el año de siembra, pero más tarde se convirtió

en un componente importante del N de la hierba (Mallarino et al., 1990b); esta menor transferencia de N durante las cosechas manuales o pastoreos después de la siembra, en comparación con las cosechas posteriores, puede explicarse por el desarrollo más lento de los sistemas de fijación simbiótica en relación con la capacidad de absorción de N de las leguminosas (Mallarino et al., 1990a).

Ayala y Carámbula (2009), señalan para el género *Lotus* spp, que el N puede ser aplicado a la siembra cuando se considere necesario acelerar el proceso de nodulación durante siembras tardías y/o en suelos pobres. Las dosis deben estar entre 15 - 20 kg.ha⁻¹ de N, ya que por encima de los 30 kg.ha⁻¹ puede afectarse la nodulación de forma importante, aumentando también la competencia por parte de la vegetación existente. En pasturas fertilizadas con 100 kg.ha⁻¹ de N, la fijación de N por el LC fue inhibida en mayor medida, en comparación con TB y TR (Mallarino y Wedin, 1990).

Pankhurst y Wedderburn, citados por Ayala y Carámbula (2009), afirman que, para este mismo género, el N en pequeñas cantidades eleva el número de nódulos aumentando también el tamaño de los mismos; por otro lado, cantidades altas de N inhiben el desarrollo de los nódulos, comportamiento observado por Streeter, citado por Ayala y Carámbula (2009) en otras leguminosas.

Ayala y Carámbula (2009), mencionan que estos efectos nocivos sobre la nodulación y el crecimiento de las plántulas de *lotus*, pueden ser disminuidos cuando el N se aplica unas semanas después que ocurre la germinación. Esto permite que las plántulas aprovechen mejor este nutriente por asimilarlo más rápido, a pesar de una menor eficiencia por ser aplicado en cobertura y al voleo.

En sistemas que incluyen pastoreo, la transferencia de N por medio del proceso de senescencia y mineralización de restos vegetales y nódulos, se ve acelerada por el consumo de los animales en pastoreo y devolución vía heces y orina, pero la distribución desuniforme de estos y en pequeñas áreas, aumenta la probabilidad de pérdidas por volatilización o lixiviación (Rabuffetti, 2017). Jarvis et al., citados por Rabuffetti (2017), estiman que en condiciones de altas temperaturas las pérdidas pueden llegar al 80% del N en la orina, devuelto al suelo.

2.4.2.3. Efecto de la fertilización con N en la composición botánica de la pastura

Formoso (2011), en referencia a la variación de la composición botánica de una mezcla con el agregado de fertilizantes nitrogenados afirma que, cuando se trata de una misma asociación, las dosis de fertilización utilizadas son capaces de provocar grandes cambios en la composición botánica modificando así los niveles productivos del primer año y, en consecuencia, afectando la producción de los años siguientes.

Langer (1981), señala que la eliminación de los tréboles luego de aplicarse N ocurre debido a la competencia que ejercen las gramíneas sobre estos. Dicha competencia puede ser por luz, agua y nutrientes, aunque generalmente involucra más de un factor, ya que el efecto secundario de ésta, ya sea por agua o un nutriente, es un crecimiento diferencial en altura que origina la competencia por luz.

Además, el crecimiento en profundidad de las raíces de gramíneas perennes es favorecido por el incremento de N producto de la fertilización, lo que también contribuye a mejorar la competencia interespecífica de la festuca, en comparación con el sistema radicular superficial que posee el trébol blanco (Frame, 1973).

La proporción de TB en una pradera mezcla con festuca se reduce a medida que aumenta la tasa de fertilización con N, y la mayor disminución de la población ocurre a tasas bajas de fertilización dentro de un rango de 53 a 108 kg.ha⁻¹ de N (Frame, 1973).

En experimentos realizados por Formoso (2011), con una mezcla de *Lolium multiflorum* (raigrás), FA, TB y LC, se encontró que cuando se incrementa la disponibilidad de N durante el primer año la especie que se beneficia es el raigrás, aumentando su contribución. Sin embargo, LC y FA tienen un aporte muy bajo en la mezcla. Esto parece contradictorio para el caso de la FA, ya que la misma es una gramínea al igual que raigrás, esperándose que se comporten de manera similar entre sí y distinta al LC y TB.

En el segundo año de este experimento el raigrás desaparece al ser una especie anual, generando grandes cambios en la composición botánica de la mezcla. Estos cambios son más grandes cuanto mayor hayan sido las dosis de N agregadas, debiendo el TB recolonizar nuevamente los espacios que deja la desaparición del raigrás. Si esto no sucede, ocurrirán mermas productivas (Formoso, 2011).

Formoso (2011), afirma que en mezclas que no incluyen raigrás y están compuestas por gramíneas perennes como FA y DG, más algunas leguminosas, si se producen aumentos en la disponibilidad de N en etapas iniciales se puede provocar una dominancia muy temprana de las gramíneas sobre las leguminosas, acelerando la degradación de las mezclas y generando el dominio de la fracción gramínea.

Generalmente, lo anterior sucede en el tercer, cuarto o quinto año. No obstante, si el N se encuentra en forma abundante, a finales del segundo año y otoño del tercero puede ocurrir la dominancia total de las gramíneas disminuyendo la producción de la mezcla y el producto animal que podría obtenerse (Formoso, 2011).

Según Scheneiter y Bertín (2005a), en pasturas con un porcentaje elevado de gramíneas en la mezcla, fertilizar con dosis altas de N ($150 - 200 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$) provoca que la fracción leguminosa de la mezcla se vea disminuida. No obstante esto, en años húmedos y con veranos frescos, estos autores mencionan que con dosis de $50 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ puede mantenerse una alta contribución de leguminosas y a la vez, aumentar la producción de forraje.

Fertilizaciones tempranas con N a inicios de primavera generan un adelanto en el crecimiento de las gramíneas, y como consecuencia del pastoreo, algo que concede una gran ventaja dada la situación de oferta de forraje en ese momento. Dichas fertilizaciones generalmente aumentan la producción y proporción de gramíneas, quienes compiten y reducen el crecimiento de la fracción leguminosa. Por lo tanto, hay que prestar atención en el manejo del N al desbalance gramínea/leguminosa en la composición de la pastura (García et al., 1999).

Morón (1996), haciendo referencia a la FBN, afirma que esta es gobernada por tres factores primarios. El primero de ellos es el nivel de N mineral del suelo; el segundo es la persistencia y productividad de la leguminosa; y el tercero es la competencia ejercida por las gramíneas asociadas. Estos tres factores interactúan con otros como la acidez, humedad, nutrición, entre otros, provocando que en el largo plazo la FBN genere un aumento del N del suelo, la gramínea asociada comience a dominar la pastura disminuyendo la fracción leguminosa, reduciéndose en consecuencia la FBN.

En este sentido, Morón (1996) menciona que, si se considera necesario mantener cierta proporción de leguminosas pensando en evitar problemas de calidad de la pastura y su consecuencia en el producto animal, es imprescindible idear medidas de manejo para evitar un aumento excesivo de la disponibilidad de N que provoque la pérdida de la capacidad de competir de las leguminosas.

Como mencionan Austenson et al. (1959), es recomendable que la proporción de leguminosas en la mezcla no sea menor a $\frac{1}{3}$ o 30% del peso seco del total de la pradera. Sin embargo, Stricker et al. (1979), afirman que con porcentajes menores se pueden obtener efectos positivos en la producción animal. A pesar de esto, si no se tiene una población adecuada de leguminosas en la pastura, se limitará la cantidad de N disponible y, por lo tanto, se alterará la presencia de la fracción gramínea, afectando además el valor nutritivo del forraje (Carámbula, 2004).

Con el aporte de $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N a pasturas formadas por una mezcla simple de FA+TB, FA+TR y FA+LC, tanto la proporción de leguminosas como el rendimiento de N cosechado por la colecta manual o el pastoreo se redujeron significativamente, estos efectos negativos fueron mayores cuando se realizó la fertilización con dicha cantidad el año de la siembra en comparación a si fuera realizada al segundo año, cuando las especies se encontraban correctamente establecidas. A su vez, estos efectos negativos pueden ser producto de que las plántulas de leguminosas son más sensibles a la competencia por luz y otros factores de crecimiento frente la especie gramínea asociada (Mallarino y Wedin, 1990).

2.4.2.4. Efecto de la fertilización nitrogenada en la producción total de materia seca

El aporte de N a una pradera de primer año compuesta por festuca y trébol blanco, presentó una leve respuesta al aumento de la producción de MS cuando se agregaron $54 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ y, a medida que aumentó la cantidad de N agregado hasta los $322 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, la producción de MS aumentó linealmente. La respuesta máxima reportada fue de $17,9 \text{ kgMS} \cdot \text{kg}^{-1}$ de N para una frecuencia de pastoreo de 6 semanas y una fertilización con $167 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ (Frame, 1973).

La respuesta en la producción de MS anual de festuca a la fertilización fue lineal, con una producción anual de $3,73 \text{ tt} \cdot \text{ha}^{-1}$ y $11,31 \text{ tt} \cdot \text{ha}^{-1}$, para niveles de fertilización de 0 y $322 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ respectivamente. En cambio, trébol blanco disminuyó su producción para los mismos niveles de fertilización, de $3,77 \text{ tt} \cdot \text{ha}^{-1}$ a $1,82 \text{ tt} \cdot \text{ha}^{-1}$, siendo importante destacar que la mayor disminución del rendimiento de trébol blanco fue cuando la fertilización pasó de 0 a $54 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, dicha disminución fue de $1 \text{ tt} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Frame, 1973).

En praderas de festuca pura o mezcla junto a *Paspalum dilatatum*, sembradas en marzo y fertilizadas con 100 kg.ha⁻¹ de N, se encontró un aumento del rendimiento en gMS.pl⁻¹ 2,9 veces mayor en relación a situaciones sin fertilizar. La respuesta en pasturas mixtas o puras no presentó diferencias significativas (Jacobo et al., 2009).

La fertilización con nitrógeno aumentó temporalmente el rendimiento de la pastura, pero implicó una reducción de la proporción de leguminosas, siendo dicho efecto negativo en la población más importante en pasturas recién sembradas, por lo que también se redujo el rendimiento anual de la pastura (Mallarino y Wedin, 1990).

2.4.2.5. Efecto del nitrógeno sobre las variables morfogénicas y estructurales

Los efectos del N sobre las variables morfogénicas y estructurales inciden fuertemente sobre el desarrollo del IAF, tanto es así que, en condiciones naturales de este nutriente, en general hay menor expansión foliar y crecimiento aéreo en comparación con cultivos sin limitaciones (Colabelli et al., 1998).

Según Wilman y Wright (1983), Whitehead (1995), la tasa de expansión foliar (TEF), la tasa de aparición foliar (TAF) y la tasa de aparición de macollos (TAM) de gramíneas forrajeras bajo sistema de corte o pastoreo tienden a incrementarse debido a la fertilización nitrogenada (dependiendo de temperaturas invernales, disponibilidad de otros nutrientes y humedad). Dichos componentes del crecimiento definirán la TEF de la pastura y por lo tanto del IAF, determinando así la cantidad de radiación interceptada y el nivel de fotosíntesis para la síntesis de tejido vegetal.

Estudios realizados muestran que el N tiene incidencia en la TEF, aumentando la misma a través del aumento en el número de células epidérmicas maduras por día y en el porcentaje de células mesófilas en división (MacAdam et al., 1989), manteniéndose constante el largo de las células (Volenc y Nelson 1983, MacAdam et al. 1989). Los valores de TEF pueden ser tres a cuatro veces menores en caso de deficiencia severa de N (Gastal et al., 1992).

La TAF en gramíneas templadas está claramente influenciada por la temperatura, sin embargo, la fertilización nitrogenada tiene poco efecto sobre la misma (Cruz y Boval 2000, Jacobo et al. 2009). Ryle (1964), en un trabajo con siete gramíneas perennes obtuvo un aumento en la TAF tanto por un aumento en la temperatura como por un alto nivel de N. Al aumentar la temperatura también lo hizo el número de hojas vivas por macollo, aunque el N tuvo su efecto

a través de la interacción con la temperatura. A altas tasas de N y bajas temperaturas el efecto fue bajo o nulo.

El efecto del agregado o la falta de N conduce a modificaciones en la vida media foliar (VMF). Davies (1979), encontró que ante el agregado de N en raigrás perenne aumenta la TAF, pero dicho aumento se compensa con una disminución de la VMF como resultado del aumento del sombreado sobre las hojas inferiores, y el balance de estas dos variables determinó un pequeño aumento del número de hojas.macollos⁻¹. En cambio, ante una disminución del agregado de N de 90 a 40 kg.ha⁻¹, el resultado fue una disminución del 26% en la TAF y un aumento del 26% en la senescencia foliar, lo que significó una disminución de la VMF en festuca (Mazzanti y Lemaire, 1994b). En mediciones realizadas durante un período de mayo a octubre, el agregado de 100 kg.ha⁻¹ de N no presentó respuesta en la producción de MS, pero si hubo respuesta en el material senescente, el cual fue mayor en el tratamiento sin N (Assuero, 1998), esto implica que la VMF aumentó con el agregado de N. Estas respuestas ambiguas implican que si la fertilización no es acompañada por un adecuado manejo del pastoreo se acumula material senescente (Lemaire y Chapman, 1996).

La disponibilidad de N tiene un importante efecto sobre el tamaño final de la hoja (Cruz y Boval, 2000). Este efecto se explica por dos procesos distintos, la TEF (la cual es afectada por el N), y la duración de la expansión foliar, que es proporcional al filocrón (Lemaire y Chapman, 1996).

Whitehead (1995), afirma que hay evidencias que muestran un efecto positivo del N en el número de hojas vivas por macollo, aunque este efecto varía según la especie, el estado fenológico y la acumulación de biomasa. Al igual que con la TAF, los incrementos de temperaturas y los altos niveles de N aumentan el número de hojas vivas por macollo, no existiendo efecto a bajas temperaturas (Ryle, 1964).

Sin embargo, para otro autor, el número de hojas vivas por macollo en FA se mantuvo constante, independientemente del nivel de fertilización o el nivel de competencia que tuvo la especie, la cual fue de 3 hojas vivas por planta (Jacobo et al., 2009).

La densidad de macollos es afectada por el N según el IAF de la pastura. Cuando el IAF es bajo el N tiene un efecto positivo aumentando la TAM por maximizar el llenado de sitios de crecimientos. Cuando ocurre lo contrario, hay cambios en la intensidad y calidad de la luz que inhiben el desarrollo de las yemas axilares de los nuevos macollos, incluso bajo períodos largos de sombreado producen la muerte de los macollos más jóvenes y de menor tamaño, reduciendo así la densidad de los macollos (Lemaire, 1997).

A los 56 días posterior a la siembra, en marzo, Jacobo et al. (2009) registraron 5,2 y 6,7 macollos.pl⁻¹, para situaciones sin agregado de N y con 100 kg.ha⁻¹ de N, respectivamente. El rendimiento en MS por planta presentó una fuerte relación con el número de macollos.pl⁻¹ y no así con otras variables como las hojas.macollo⁻¹ (estructurales) o la TEF (morfogénicas). El fertilizante aumentó el rendimiento en MS principalmente por el incremento del número de macollos.pl⁻¹, en siembras otoñales.

Chapman y Lemaire (1993), afirman que la fertilización con N genera cambios en el conjunto de variables que dan forma a la estructura de las pasturas, mediante los efectos sobre la morfogénesis. Las variables que se ven modificadas son el tamaño final de las hojas, largo del pseudotallo o tallo y, por último, la densidad y peso promedio de los macollos (Mazzanti et al. 1994a, Marino 1996).

La población de macollos es afectada positivamente por el aumento de la disponibilidad de N. La población de macollos está determinada por el balance de dos procesos, las tasas de aparición (TAM) y la tasa de muerte de macollos (TMM). La fertilización nitrogenada determinó un incremento en la TAM y una disminución de la TMM, por lo tanto, si otros factores como la calidad de la luz no limitan la aparición de macollos, se esperaría que fuera mayor la población de los mismos por una TAM más alta y una TMM menor (Scheneiter y Améndola, 2012).

2.4.2.6. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la relación parte aérea/raíz

En cuanto al efecto que tiene el N sobre la relación parte aérea/raíz, Carámbula (2010), menciona que en la implantación de gramíneas cuando se agrega N a la siembra, si es bajo el contenido inicial de este nutriente en el suelo, hay un efecto positivo tanto en el crecimiento aéreo como radicular; no obstante, siempre va a ser más beneficiado el crecimiento de la parte aérea, sobre todo si hay buena disponibilidad de N en el suelo.

Es así, que cuando aumenta la dosis de N, el peso de las raíces disminuye (Troughton, 1957) y la parte aérea muestra un gran crecimiento (Evans, 1970). Lo contrario sucede cuando el N se encuentra poco disponible, favoreciendo el desarrollo radicular, pero con raíces más cortas y finas por un menor tamaño celular (Evans, 1970).

Según Brouwer (1962), en repetidas ocasiones se ha demostrado en cultivos artificiales, que al aumentar el suministro de N se produce una mayor partición de C (carbono) a los brotes aéreos en relación con las raíces. Utilizando

un isótopo de C en una pradera de festuca, se demostró que el cambio en la partición del C como respuesta al agregado de N ocurre sistemáticamente en condiciones de campo, cualquiera sea la estación e incluso cuando hay déficit hídrico (Bélanger et al. 1992, Onillon et al. 1995).

En praderas sembradas, es durante la fase de implantación que la profundidad de enraizamiento aumenta. Posteriormente, se estabiliza en cierta profundidad dependiendo de las especies que componen la pradera y de las características del suelo. En cuanto a la absorción de agua, la distribución vertical de las raíces es de suma importancia, ya que influye en la cantidad de agua que estará disponible para las plantas. Pero en cuanto a la absorción de N la relevancia de la profundidad de enraizamiento no es muy clara, ya que hay que considerar que la mineralización del N ocurre mayoritariamente en los horizontes superiores del suelo. En especies perennes, pueden ocurrir cambios grandes en el volumen de suelo que exploran las raíces debido al crecimiento estacional y por competencia entre las especies, sobre todo por luz (Gastal y Durand, 2000).

Existen pruebas que demuestran que el agregado de N o agua tiene una mayor respuesta en el crecimiento de las hojas que en el de las raíces (Robson y Parsons 1978, Gastal y Saugier 1986, Onillon et al. 1995). En cuanto al agregado de N, lo anterior puede observarse en la disminución progresiva pero significativa de la TEF de plantas de festuca, que fueron transferidas desde soluciones nutritivas de alto contenido de N a otras más limitadas, mientras que las raíces solo crecieron levemente (Gastal y Durand, 2000).

Hernández et al. (2017), en un experimento de tesis con *Stipa setigera*, no encontraron diferencias significativas en la relación parte aérea/raíz con el agregado de distintas dosis de N, durante invierno y primavera. Los valores que obtuvieron fueron de 1,8; 1,5 y 1,68 para las dosis N0, N60 y N120 respectivamente.

Como mencionan Durand et al. (1991), la partición de fotoasimilados puede considerarse como parte del programa morfogenético de la planta e interpretarse como la jerarquización en la asignación de carbono entre los diferentes órganos de la planta, sean hojas en desarrollo, tallos, nuevas raíces y ejes, en orden decreciente de prioridad de asignación.

Un ejemplo sería el aumento en la partición en la relación raíz/brote durante un déficit hídrico, el cual no es un cambio de prioridad, sino un resultado de las misma. Cuando falta agua, la expansión de las hojas es más sensible que la de las raíces, utilizando menos fotoasimilados para el crecimiento de las hojas y más para el de las raíces (Gastal y Durand, 2000).

2.4.3. Manejo de la nutrición fosforada

Para Carámbula (2010), el P es considerado un nutriente básico y vital para elevar el nivel de fertilidad de los suelos a la hora de implantar una pastura. Mulder (1952), menciona que dicho nutriente es primordial en el desarrollo de las leguminosas debido al alto porcentaje en proteínas en comparación con las gramíneas. Mientras tanto, Bordoli (1998), añade que *“el P es el nutriente más importante debido a que todos los suelos del país presentan niveles naturales muy bajos de P disponible, lo cual limita el crecimiento de pasturas, especialmente de leguminosas”*.

Carámbula (2010), afirma que las plántulas de leguminosas perennes forrajeras tienen un crecimiento inicial muy lento, provocando que sus raíces se desarrollen poco teniendo poca capacidad de exploración del suelo. Por lo tanto, el P resulta fundamental en la estimulación del crecimiento rápido de las raíces para lograr un establecimiento temprano de las plántulas.

En relación a esto, García Favre et al. (2017) afirman que las diferencias que poseen las gramíneas de las leguminosas en cuanto a sus sistemas radicales, generan diferencias también en la eficiencia en la absorción de agua y nutrientes, en especial P que es un nutriente poco móvil. Las raíces fasciculadas de las gramíneas tienen mayor densidad por unidad de volumen de suelo, generando una mayor superficie de contacto con el suelo en comparación con las raíces pivotantes de las leguminosas. Evans, citado por Harris (1994), considera que esto puede darles a las gramíneas una ventaja competitiva sobre las leguminosas.

Mallarino y Casanova (1984), aconsejan favorecer la presencia de niveles óptimos de P en etapas iniciales de las leguminosas, dado que también, la instalación de pasturas sucede a inicios de otoño cuando las temperaturas son bajas limitando la disponibilidad de dicho nutriente.

Dentro de las leguminosas, el género *Lotus* spp es el que posee la mayor eficiencia de utilización de P, debido parcialmente a tener un sistema radicular de mayor exploración del suelo, además con mayor tolerancia a niveles altos de aluminio y hierro. Las células de *lotus* son mayores en tamaño que otros géneros de leguminosas forrajeras, pudiendo acumular este nutriente en mayor cantidad generando una menor dependencia del nivel de P en suelo (Carámbula, 2010).

2.5. ESTADO HÍDRICO DEL SUELO

Según Carámbula (2010), la germinación rápida y uniforme se alcanza cuando el suelo presenta un contenido óptimo de humedad. Por esta razón, la cantidad y distribución de las lluvias registradas inmediatamente después de las siembras son consideradas como el factor físico ambiental que más afecta la implantación de las pasturas.

De acuerdo a Formoso (2007): *“la humedad (...) es una variable discontinua y por tal, agregado a su alta variabilidad, es generalmente la causa principal en determinar malas implantaciones.”*

2.5.1. Déficit hídrico

Se afirma que las posibilidades de lograr una buena implantación se reducen notablemente debido a la falta de humedad almacenada en el suelo al momento de siembra. Es por eso que debe haber un contenido de agua aceptable para que las plántulas extiendan sus raíces en profundidad alcanzando un suministro de agua suficiente para crecer sin limitaciones (Carámbula, 2010).

Según Formoso (2007), cuando la semilla absorbe agua y comienza el proceso de germinación, en caso de que se corte el suministro de agua, el embrión va a morir bajando los porcentajes de implantación y quedando ralas las pasturas, incluso con pérdida total de la pastura.

Además, el déficit hídrico puede limitar fuertemente la captación y fijación de N por parte de las plantas, según Gastal y Durand (2000). En estos casos se puede observar normalmente que la concentración de N disminuye de forma significativa, incluso con un alto agregado de N (Onillon et al., 1995). Esto puede deberse a que se reduce la disponibilidad de N en los sitios donde se realiza la absorción por las raíces, debido a una limitación de los flujos de agua del suelo (Gastal y Durand, 2000).

2.5.2. Exceso hídrico

Uno de los problemas que genera un exceso hídrico son las enfermedades. En este sentido, el género *Lotus* spp se ve muy afectado por enfermedades de implantación conocidas como: “damping-off”. Patógenos del género *Pythium* spp, *Fusarium* y *Rhizoctonia* son los agentes causantes de la muerte de plántulas de esta especie (Pérez et al., 2001).

García Favre et al. (2017) recomiendan que, ante la posibilidad de un año lluvioso, con precipitaciones que superen las medias, hay que tener en cuenta que se puede afectar la población de plantas del género *Lotus* spp. Sería recomendable en esta situación, la utilización de especies como TB.

Finn et al., citados por Ayala y Carámbula (2009), mencionan que los efectos negativos provocados por excesos hídricos en suelo ocurren con mayor intensidad en las leguminosas, debido a que las mismas son menos tolerantes que las gramíneas y, por lo tanto, su crecimiento disminuye a medida que la disponibilidad de oxígeno en el suelo decrece.

2.6. TEMPERATURA

Herriot (1958), señala que tanto la temperatura del suelo como la del aire tienen efecto en el comportamiento de las semillas de acuerdo a la época de siembra. Los factores ambientales, humedad y temperatura, como lo afirma Moliterno (2000) han demostrado ser de relevancia para estimular la germinación y emergencia rápida de las plántulas.

Es un factor decisivo durante la germinación y primeras etapas del desarrollo, ya que afecta las enzimas que regulan las tasas a las que ocurren reacciones bioquímicas dentro de la semilla posterior a la rehidratación, las cuales tienen temperaturas máxima, mínima y óptima. La óptima está definida a la temperatura en la que se consigue un porcentaje mayor de germinación en el menor tiempo (Pérez García y Martínez-Laborde, 1994).

Las especies forrajeras aceptan rangos de temperaturas variables para germinar sin que su comportamiento se vea alterado en gran forma. Sin embargo, los límites inferiores de temperatura tienen mayor efecto en gramíneas perennes y leguminosas de ciclo estival como AA y LC, mientras que las gramíneas anuales

invernales y los tréboles tienen la capacidad de germinar aún a temperaturas más bajas (Carámbula, 2010).

Como señalan Hill y Luck (1991), con un rango de temperaturas de 15°C en el día y 10°C en la noche, tanto AA como TB germinaban a las 24 horas, el TR a las 36 horas y el LC a las 45 horas. Sin embargo, si el régimen de temperaturas varía de 12°C en el día y 6°C en la noche, las horas necesarias para comenzar a germinar pasan a ser 73 en AA, 110 en TR, 112 en TB y 234 horas en LC. Esto demuestra como la velocidad de germinación es variable con la temperatura.

En relación con lo anterior, el porcentaje de germinación de TB obtenido dentro de un rango de temperaturas de 15 a 25°C osciló entre 64 a 84% (Lonati et al., 2009). En el caso de festuca y para el mismo rango de temperaturas, Sharifi et al. (2016) obtuvieron un 90% de germinación.

Gran parte de las gramíneas de origen templado tienen un rango de temperaturas óptimo de crecimiento foliar que van desde los 20 a 29°C. Se constató experimentalmente bajo condiciones controladas que el TB variedad Huia mostró un óptimo de temperatura para crecimiento de 24°C, y redujo mucho su crecimiento a 7°C (Mitchell, citado por Langer, 1981).

El tiempo necesario para que las plantas completen las fases de su desarrollo, puede estimarse con mayor precisión a partir de la sumatoria de la temperatura media diaria del aire a partir de los días calendario (Wang, 1960). Esta estimación se denomina tiempo térmico (Gallagher, 1979).

El tiempo térmico (TT) tiene la unidad de grados-días (°Cd) y se define como:

$$TT = \sum_{i=1}^n (T - T_b)$$

Donde T es la temperatura media diaria del aire, T_b es la temperatura de base a la que se detiene el desarrollo, y (n) es el número de días donde se realizaron observaciones de temperatura utilizados en la suma (Jame, 1998).

Para TB, tomando como T_b 0°C, se estimó el filocrón en 94°Cd, las hojas de yemas axilares aparecieron a los 439°Cd, una vez que las plantas alcanzaron 3 hojas en el tallo principal y la emisión de estolones comenzó a los 532°Cd (Black et al., 2003). La germinación y la aparición de la primera hoja trifoliada en TB requirió 37 y 310°Cd, respectivamente (Moot et al. 2003, Lonati et al. 2009).

El TT requerido por festuca para obtener el 75% de germinación y el 50% de plantas emergidas fue 150 y 190°Cd, respectivamente Moot et al. (2000), Pereyra et al. (2015a) obtuvieron un valor similar de TT acumulado a emergencia (192°Cd). Los requerimientos térmicos acumulados a macollaje para dos cultivares de FA fueron de 411 y 456°Cd (Pereyra et al., 2015b).

Si se comparan los requerimientos de TT para emitir hojas, tallos o macollos y se los relaciona con la capacidad para cubrir el suelo y competir por luz, las gramíneas tienen una ventaja frente a las leguminosas (Black et al., 2003).

2.7. ÉPOCA DE SIEMBRA

Como mencionan Zanoniani y Noëll (1997), la elección de la época de siembra es el factor con mayor importancia si el objetivo es lograr una producción y utilización de forraje buena, ya que la misma depende de factores climáticos y la variación de estos depende a su vez de la época en que se realice la siembra.

Según Stepler et al. (1965), uno de los objetivos que se persiguen al marcar la época de siembra es lograr que cada plántula pueda desarrollarse de forma rápida, con el fin de sobrevivir a períodos anticipados de estrés, debido a condiciones ambientales desfavorables.

Para definir la época de siembra, la humedad, la temperatura y la interacción entre ambas variables son factores fundamentales. Esto hace que los tiempos óptimos de siembra sean cortos, resultando imprescindible evitar demoras (Carámbula, 2010).

Lo mismo afirma Langer (1981), señalando que la época de siembra se limita a períodos en los que la humedad y temperatura del suelo son lo suficientemente altos como para que pueda permitirse una germinación y establecimiento rápido. No obstante, la siembra puede realizarse con el suelo seco en otoño anticipándose a las precipitaciones.

Otoño es la estación más favorable para la siembra de pasturas debido no solo a las condiciones generales de humedad características, sino también a una mejor posibilidad de preparación de la cementera. Normalmente las siembras tardías presentan peor implantación, generando menor precocidad debido a que promueven una población restringida de plántulas que a su vez son más débiles (Carámbula, 2010).

Dungan y Ross, citados por Carámbula (2010), señalan que en el invierno la temperatura disminuye provocando un crecimiento aéreo menor, aunque tiene un menor efecto en las raíces ya que las mismas poseen temperaturas críticas menores que la parte aérea. En el caso de siembras de primavera, en las condiciones de Uruguay, los resultados pueden ser buenos, aunque existe una competencia mayor de las malezas. Además, existe el riesgo de lograr menor desarrollo radicular a la llegada del verano, lo que, en una situación de sequía podría comprometer la persistencia de la pastura.

Igualmente, el otoño y la primavera parecen ser los períodos de siembra más utilizados, aunque es importante mencionar que en las siembras muy tempranas de primavera (agosto), la posibilidad de daños por heladas está presente, y en las siembras tardías existe un mayor riesgo de déficit hídrico que podría impedir la germinación normal (Langer 1981, Askin 1990, Ball et al. 1991).

Como afirma Romero (2001), la probabilidad de que el perfil del suelo esté en condiciones de déficit hídrico hasta mitad de marzo es alta, siendo a partir de esa fecha que el balance hídrico se hace positivo incrementándose el agua almacenada. Posteriormente, en mayo, el suelo se encuentra saturado de agua pudiendo impedir las labores de siembra.

Zanoniani (2010), afirma que el retraso en la fecha de siembra para luego de abril ya sea por: problemas en la rotación, pastoreos de sorgo en otoño, demoras por falta de lluvias para preparar la cama de siembra y períodos demasiados cortos de barbecho; provocan disminuciones de al menos 3000 kgMS.ha⁻¹ durante el período otoño – invernal. Esto genera menor productividad anual, que disminuya el área efectiva de pastoreo y, además, una sobrecarga de otras pasturas perdiendo productividad y persistencia en las mismas.

2.8. DENSIDAD, DISTRIBUCIÓN Y PROFUNDIDAD DE SIEMBRA

La densidad de siembra según Formoso (2004), depende principalmente del peso de la semilla, del tipo de siembra (al voleo o en hileras) y si se trata de una pradera mezcla o pura.

Se ha visto una tendencia a que las mezclas con mayor número de semillas sembradas por metro cuadrado sean las de menor porcentaje de establecimiento (Moliterno, 2000). Esto podría explicarse debido al menor tamaño de semilla y por lo tanto menor contenido de reservas que lleva a un menor vigor inicial. En general, a menor tamaño mayor cantidad de semillas.

La densidad de siembra recomendada, según Carámbula (2010), para LC es de 12 kg.ha⁻¹ en siembras puras y de 8 - 10 kg.ha⁻¹ en mezclas; para el caso de TB sería de 3 - 5 kg.ha⁻¹ y de 1 - 2 kg.ha⁻¹ para siembras puras y mezclas respectivamente; y finalmente, para FA en siembras puras se recomienda entre 10 - 15 kg.ha⁻¹ y en mezclas entre 9 - 12 kg.ha⁻¹.

En cuanto a la distribución, Formoso (2007) afirma que existen especies que necesitan una distribución más equidistante entre plantas (gramíneas perennes, AA, entre otras), mientras que para TB no es tan importante una distribución homogénea por su capacidad de colonizar por medio de estolones.

El método de siembra en hileras posee la ventaja de colocar la semilla dentro del suelo, con humedad adecuada, a una profundidad uniforme y cercana al fertilizante. A pesar de esto, una distancia entre hileras de entre 15-18 cm puede provocar que haya una cobertura pobre dejando suelo desnudo entre hileras con la posibilidad de que sea colonizado por malezas. Sumado a esto, se puede provocar el sombreado de las especies de menor vigor inicial por parte de las de mayor establecimiento a causa del aglomeramiento de plantas dentro de la hilera (Langer, 1981).

El mismo autor añade que las ventajas de la siembra al voleo sobre la siembra en hileras es la mejor cobertura y la rapidez con la que se la puede realizar. Sin embargo, no se tiene un control en la profundidad de siembra, resultando en una emergencia lenta y desigual en condiciones secas. Debido a esto, es necesario aumentar la cantidad de semillas para obtener la misma población que las sembradas en hileras (Langer, 1981).

Las semillas utilizadas en pasturas son pequeñas, y para obtener buenos resultados es necesario tener un control en la profundidad de siembra. Las gramíneas y leguminosas que tienen semillas de mayor tamaño van a lograr buenos resultados con profundidades de 1,5 - 2,5 cm, mientras que las de menor tamaño deben ser sembradas más en superficie, de 1 a 1,5 cm. La disminución en la profundidad de siembra va de la mano con el tamaño de semilla, a menor tamaño menor profundidad. Posiblemente esta relación esté asociada con la disponibilidad de reserva en los cotiledones y endosperma de la semilla, si bien en las leguminosas puede estar afectada también por las limitaciones en el crecimiento longitudinal del hipocótilo (Langer, 1981).

Formoso, citado por Perrachón (2010), demostró que en TR, TB, AA y DG se alcanzan mejores resultados si se ubica la semilla a 6 milímetros de profundidad, duplicando el porcentaje de implantación. Además, al momento de la siembra el suelo debe estar cubierto por un buen rastrojo (siembra directa de calidad).

2.9. CALIDAD DE LA SEMILLA

Otro aspecto a considerar en la implantación de forrajeras es la calidad de las semillas, dada principalmente por su tamaño y/o peso. En este sentido, a mayor tamaño de las semillas, mayor es su vigor inicial y menor es la muerte de plántulas cuando son sembradas a mayores profundidades. En LC, por ejemplo, en siembras en cobertura con semillas de bajo peso la mortalidad de plántulas es alta, provocando bajos porcentajes de implantación (Formoso, 2007).

Con respecto a lo anterior, en FA se logran poblaciones buenas con siembras en cobertura cuando las semillas son de buena calidad. A pesar de esto, los resultados son mejores cuando se siembra esta especie en línea. Esto se debe entre otras cosas, a que las siembras de cobertura son altamente dependientes del clima, sobre todo de las condiciones de humedad que permitan un flujo continuo de agua a la semilla (Formoso, 2007).

Si se quiere lograr buenos resultados, el uso de semillas de buena calidad es muy importante. De no hacerlo, aunque se realice el resto de las actividades de la mejor manera, los resultados no serán los ideales. Al referirse a “semilla de calidad” está hablando de semillas con niveles de pureza física y genética buenos, aceptable porcentaje de germinación y peso de mil semillas alto (Carámbula, 2010). El factor peso de mil semillas no se tiene en cuenta muchas veces por los productores cuando tienen que elegir la semilla. Formoso, citado por Perrachón (2010) afirma que al aumentar el tamaño de la semilla la mejora que se obtiene en implantación es significativa, con incrementos de 94 y 125% para LC y FA respectivamente, además de mejorar el vigor inicial.

2.10. INOCULACIÓN

Muslera y Ratera (1984), señalan que los inoculantes son aquellos preparados industriales fabricados sobre sustancias soporte y a partir de cultivos puros de *Rhizobium*, que posee un gran número de bacterias seleccionadas por su especificidad para realizar la nodulación con una leguminosa determinada, y así, poder fijar eficientemente N.

En suelos donde se introducen leguminosas nuevas, es probable que falte la especie de rizobio correcta para generar nódulos fijadores de N, y en el caso que se encuentren en suelo, estarán dispersos y no será efectivo para la fijación. Bajo esas condiciones es fundamental la inoculación de semillas de

leguminosas. Los géneros *Trifolium* spp, *Medicago* spp y *Lotus* spp poseen tres grupos de *Rhizobium* distintos para formar nódulos, sin ser posible la nodulación cruzada efectiva entre ellos. La acidez del suelo que es capaz de tolerar cada especie de *Rhizobium* es similar al de sus plantas huéspedes (Langer, 1981).

2.11. MALEZAS, PLAGAS Y ENFERMEDADES

Carámbula (2010), afirma que el grado y tipo de enmalezamiento no debe ser ignorado a la hora de implantar una pastura, distinguiéndose entre malezas anuales y perennes dado que cada una tendrá tiempos y métodos de control diferentes.

Formoso (2007), destaca que las malezas generan grandes disminuciones en el porcentaje de implantación y/o crecimiento inicial de las especies forrajeras. Además, las malezas de tipo arrosetado con hojas planófilas compiten fuertemente con las plántulas sembradas, provocando grandes disminuciones en el número de estas últimas.

Respecto a esta disminución en el número de plántulas, el mismo autor afirma que el área cubierta por la especie sembrada posee una relación inversa con el área que cubre la maleza, ya que el aumento de esta última genera competencia directa con la/s especies sembradas, llegando a provocar la muerte de plantas (Formoso, 2007).

En cuanto al efecto en la producción inicial, Moliterno, citado por Moliterno (2000) luego de analizar varios experimentos que comparan la producción y composición botánica del rendimiento de diversas mezclas forrajeras perennes, pudo encontrar que de 4600 kg.ha⁻¹ MS aproximadamente, un 50% pertenecían a la fracción malezas. Esto muestra la gran competencia que ejerce el enmalezamiento sobre la mezcla afectando fuertemente la producción.

En este mismo trabajo, para la mezcla FA, TB y LC, el enmalezamiento a los 40 días post siembra alcanzó las 325 plantas.m⁻² (± 148 , Moliterno, 2000). Este enmalezamiento es considerado alto, siendo incluso uno de los más altos en las 5 mezclas del trabajo experimental.

En referencia a insectos, las pasturas perennes tienen atributos que favorecen el desarrollo de poblaciones de enemigos naturales de los fitófagos. Estos son: la mayor estabilidad dada por una permanencia en el tiempo siendo perturbados únicamente por el pastoreo, y la mayor diversidad de especies vegetales (Alzugaray y Ribeiro, 2000). Según Alzugaray, citado por Carámbula

(2010), aquellos insectos que pueden considerarse dañinos durante el período de implantación son las hormigas cortadoras de los géneros *Acromyrmex* y *Atta*, que realizan daños tanto en gramíneas como leguminosas; y los pulgones, dentro de los más frecuentes: *Acyrtosiphon pisum*, *Acyrtosiphon kondoi*, *Aphis craccivora* y *Therioaphis trifolii*.

Los insectos pueden generar daños directos y/o indirectos, dentro de los primeros se encuentra el consumo de follaje, raíces o savia. Los indirectos corresponden a la transmisión de patógenos. La estimación del daño se puede observar en la pérdida de calidad afectando la composición botánica, palatabilidad y valor nutritivo de la pastura, o en la producción la cual incluye el rendimiento de forraje, la producción de semillas y FBN. Estas pérdidas afectan la producción animal, fertilidad del suelo y aumentan el riesgo de erosión (Madin, citado por Alzugaray y Ribeiro, 2000).

Carámbula (2010), menciona que se deben controlar los hormigueros previo a la siembra y si esta se realiza sobre campo natural o praderas viejas, hay que tener en cuenta el mayor riesgo de ataques de isocas.

Dentro de las enfermedades de implantación las mismas pueden ser causadas por patógenos que se encuentran en suelo o semillas. Cuando la calidad de semilla no es la indicada y presenta hongos contaminantes, la germinación y el vigor se ven afectados, a su vez aumenta la susceptibilidad a patógenos del suelo. Las infecciones por especies de los géneros *Pythium* y *Phytophthora* se ven facilitadas cuando las condiciones climáticas son de excesos de lluvias, alta humedad del suelo y bajas temperaturas, ocasionando la podredumbre de las semillas y raíces de las plántulas en el proceso de germinación. Consecuentemente se dan fallas en la emergencia, muerte de plántulas, escaso vigor, comprometiendo en mayor medida el establecimiento de las leguminosas (Altier, 2010).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EXPERIMENTO

3.1.1. Localización y descripción del sitio experimental

El trabajo fue llevado a cabo en Facultad de Agronomía, Estación Experimental Dr. Mario. A. Cassinoni (EEMAC). Ubicada en el departamento de Paysandú, ruta nacional No. 3, km. 363.

La parte a campo se realizó en el potrero No. 35, de 4 hectáreas de superficie, de las cuales se utilizaron 3 parcelas descartando la que se encontraba en el bajo, dando un total de 3 hectáreas. El potrero se encuentra sobre la Unidad San Manuel, correspondiente a la formación geológica Fray Bentos, según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay, escala 1:1000000. Esta unidad se caracteriza por presentar como suelos dominantes Brunosoles Éutricos típicos (Háplicos), superficiales a moderadamente profundos de textura limo-arcillosa. En asociación con estos se encuentran Brunosoles Éutricos Lúvicos de textura limosa y Solonetz solodizados melánicos de textura franca (Altamirano et al., 1976).

3.1.2. Antecedentes del área experimental

Durante el otoño - invierno del año 2017 se sembró un verdeo de *Lolium multiflorum*, y una mezcla compuesta por *Lolium multiflorum*, *Trifolium resupinatum* y *Trifolium vesiculosum*, con dos niveles de fertilización. Los mismos fueron de 64 kg de N y sin agregado de N en las mismas parcelas donde correspondía fertilizar la pradera en estudio.

Posteriormente en el verano 2017 - 2018 se realizó un verdeo de *Setaria italica*, la cual no fue fertilizada en ningún momento.

3.1.3. Descripción del experimento

Previo a la siembra se llevó a cabo un análisis de suelo para determinar los niveles de nutrientes, él mismo determinó que la cantidad de N-NO₃ era de 4 ppm, y 11 ppm de P₂O₅ por el método Bray No. 1.

La pradera es una mezcla simple compuesta por *Festuca arundinacea* cv. INIA Fortuna, *Trifolium repens* cv. Zapicán y *Lotus corniculatus* cv. INIA Rigel. La siembra se efectuó el 8 de junio de 2018; previo a la misma ese día se realizó un control químico de malezas con 3 l.ha⁻¹ de glifosato.

El experimento llevó un nivel de fertilización de 48 kg P₂O₅ y de 8,4 kg de N, ambos agregados a siembra, con 120 kg de fertilizante 7-40/40-0. La fertilización con N previo a macollaje (30 días post siembra en el experimento), de 0 y 32 Kg de N, para lo cual se utilizó urea (46-0-0) como fuente de N.

Las mediciones correspondientes se realizaron a los 30, 50, 70 y 90 días post siembra.

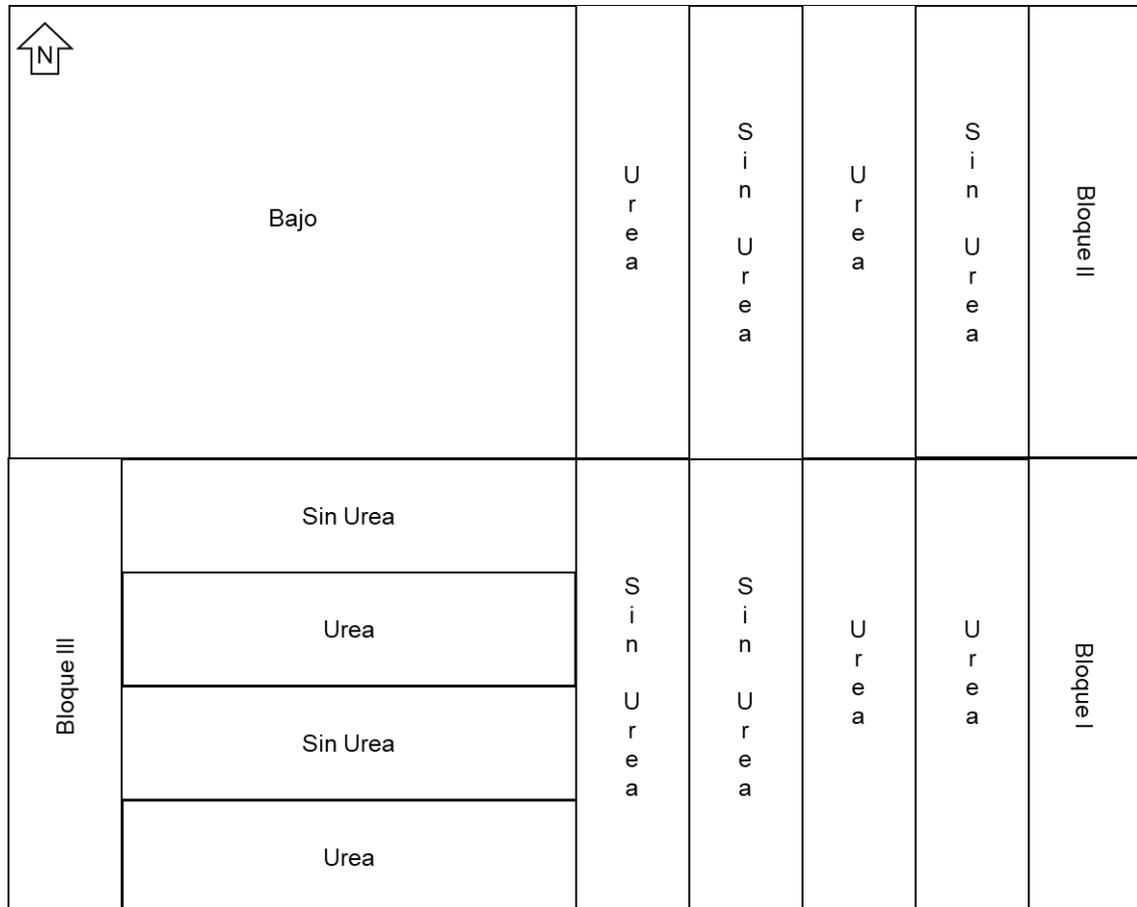
Cuadro No. 3. Densidad de siembra

	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Trifolium repens</i>
DS (kg.ha ⁻¹)	12	9,5	2

3.1.4. Diseño experimental

Se trata de un diseño en bloques completos al azar, que consta de 3 bloques con dos tratamientos por bloque y dos repeticiones por bloque, lo que da un total de 6 tratamientos. Definiendo cada bloque por topografía presente. En la Figura No. 1 se puede observar la disposición de los bloques y los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Figura No. 1. Croquis del potrero número 35



3.2. VARIABLES EVALUADAS

3.2.1. Peso de mil semillas

Para la estimación de esta variable se utilizó una balanza electrónica con una apreciación de 0,05 g.

Se toman 100 semillas de cada especie y se las pesa, para luego calcular el peso de las mil semillas.

Cuadro No. 4. Peso de mil semillas

Especie	Peso de mil semillas (g)
<i>Festuca arundinacea</i>	1,77
<i>Trifolium repens</i>	0,67
<i>Lotus corniculatus</i>	1,07

3.2.2. Porcentaje de germinación

Para determinar la germinación de las semillas se preparan tres placas de Petri por especie, en las que cada una se colocaron 100 semillas sobre un papel absorbente y se humedecieron. Las placas fueron llevadas a una estufa germinativa que se encuentra con temperatura controlada para la germinación de las especies. El conteo de la germinación se hizo a los 7 y 10 días posteriores a la colocación de las placas en la estufa. Con los datos obtenidos se realizaron los cálculos correspondientes para obtener el porcentaje de germinación del lote de semillas.

Cuadro No. 5. Porcentaje de germinación por días

Especie	Día 7	Día 10
<i>Festuca arundinacea</i>	53	59
<i>Trifolium repens</i>	80	84
<i>Lotus corniculatus</i>	69	84

3.2.3. Implantación

El porcentaje de implantación fue medido a los 30, 50, 70, 90 días post siembra, se midieron 5 puntos por tratamiento utilizando un rectángulo de 20x50 cm, se determina dentro del mismo el número de plantas de cada especie, las que luego son llevadas a plantas por metro cuadrado. También se contabilizó el número de macollos o tallos por plantas, las hojas por tallos o macollos.

En laboratorio, se obtienen los datos de peso de mil semillas y porcentaje de germinación. Al conocer además la densidad de siembra, se puede obtener el número de semillas viable por metro cuadrado.

Para conocer el porcentaje de implantación se divide el número de plantas por metro cuadrado registrado a campo, sobre el número de semillas viables por metro cuadrado, y el cociente se multiplica por cien.

3.2.4. Relación parte aérea/raíz

Para obtener la relación parte aérea/raíz se realizó una ida a campo a los 90 días post siembra, extrayéndose panes de tierra de 20 cm de lado por 20 cm de profundidad, próximos a los puntos de muestreo de implantación. Por cada tratamiento se toman 10 muestras, 5 por repetición, en un total de 12 parcelas (tres bloques), dando como resultado 60 muestras.

En el laboratorio, se dejan en reposo las muestras con agua durante 48 horas, para que las raíces se desprendan con facilidad de los agregados del suelo, evitando así la pérdida de raíces. Se separa la gramínea, ambas leguminosas, las malezas (como *Bowlesia incana*, *Cyperus* spp, *Amis* spp, entre otras), las espontáneas (mayoritariamente *Lolium multiflorum* y *Bromus catharticus*), cada una con sus respectivas partes aérea y radicular. Posteriormente son llevadas en bolsas de papel a estufa a 60 °C durante 48 horas para quitar totalmente el contenido de agua. Por último, se pesan las muestras para obtener peso seco de la parte aérea y radicular, y de esa forma calcular la relación entre ellas.

3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se utilizó el programa Infostat, con el mismo se llevó a cabo el análisis de la varianza para las variables estudiadas y sus interacciones. En el caso de haber significancia el programa realiza un test LSD Fisher al 10%.

3.3.1. Modelo estadístico

El modelo a partir del cual se realiza el análisis estadístico corresponde a un diseño en bloques generalizados al azar (DBCA), el cual se presenta a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + F_k + \tau_i * F_k + \varepsilon_{ijk}$$

μ : media general.

τ_i : efecto de tratamiento (fertilización).

β_j : efecto bloque.

F_k : efecto fecha de medición.

$\tau_i * F_k$: interacción fertilización por fecha de medición.

ε_{ijk} : error experimental.

3.4. HIPÓTESIS

3.4.1. Hipótesis biológica

Existen diferencias en el porcentaje de implantación, número de plantas a los 30, 50, 70, 90 días post siembra; peso seco de parte aérea de los componentes de la mezcla, las espontáneas de valor productivo y malezas, peso seco de parte radicular de los componentes de la mezcla, las espontáneas de valor productivo y malezas; y relación PA/PR de los componentes de la mezcla, las espontáneas de valor productivo y malezas.

3.4.2. Hipótesis estadística

$H_0 = T_1 = T_2 = 0$

$H_a =$ al menos un tratamiento es diferente.

Que al menos un tratamiento sea diferente implica que existen diferencias significativas evaluadas a través del test de Tukey ($p < 0,10$)

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

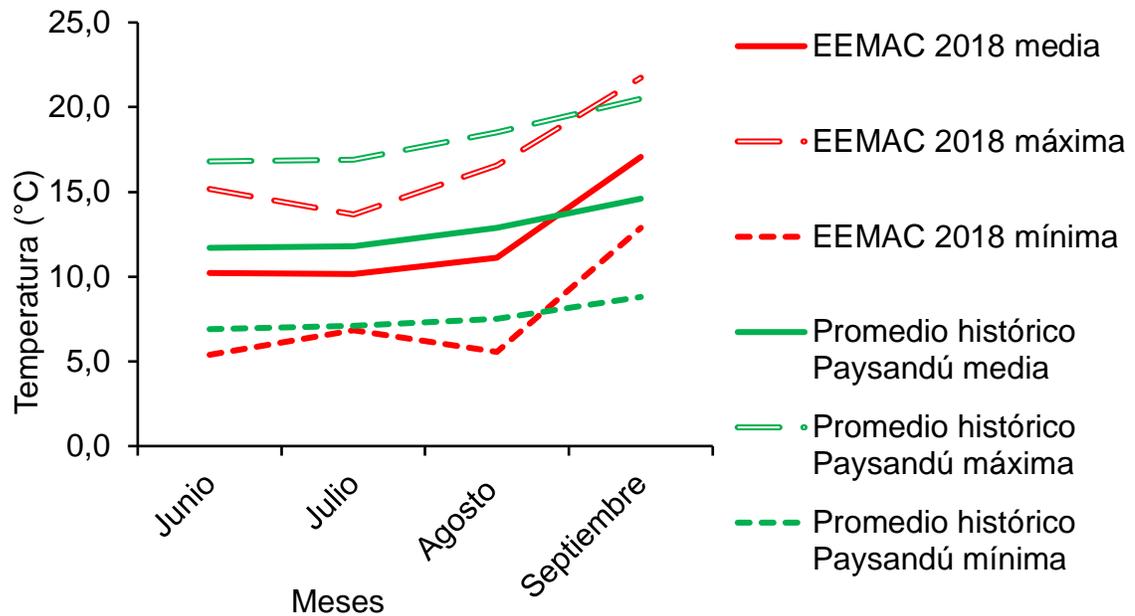
4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL PERÍODO EVALUADO

Para hacer una acertada interpretación de los resultados es necesario contar con el comportamiento climático del año en estudio y el promedio histórico. Los datos climáticos del período evaluado fueron obtenidos de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni para el año en evaluación (2018), y del Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET) de la serie histórica 1961-1990 para el departamento de Paysandú.

4.1.1. Temperatura

Este es un factor clave durante las primeras etapas de desarrollo, dado que afecta a las enzimas que regulan las tasas a las cuales se dan las reacciones bioquímicas dentro de la semilla posterior a la rehidratación, habiendo temperaturas óptimas, mínimas y máximas (Pérez García y Martínez-Laborde, 1994).

Figura No. 2. Temperatura media, máxima y mínima históricas y del período en evaluación



Fuente: elaborado en base a INUMET (2018), UdelaR. FA. EEMAC (2018).

En el mes que se llevó a cabo la siembra (junio) la temperatura fue levemente menor que el promedio histórico. Esta tendencia continúa en los dos meses posteriores, invirtiendo la misma en el mes de septiembre, el cual fue el último mes del período en evaluación.

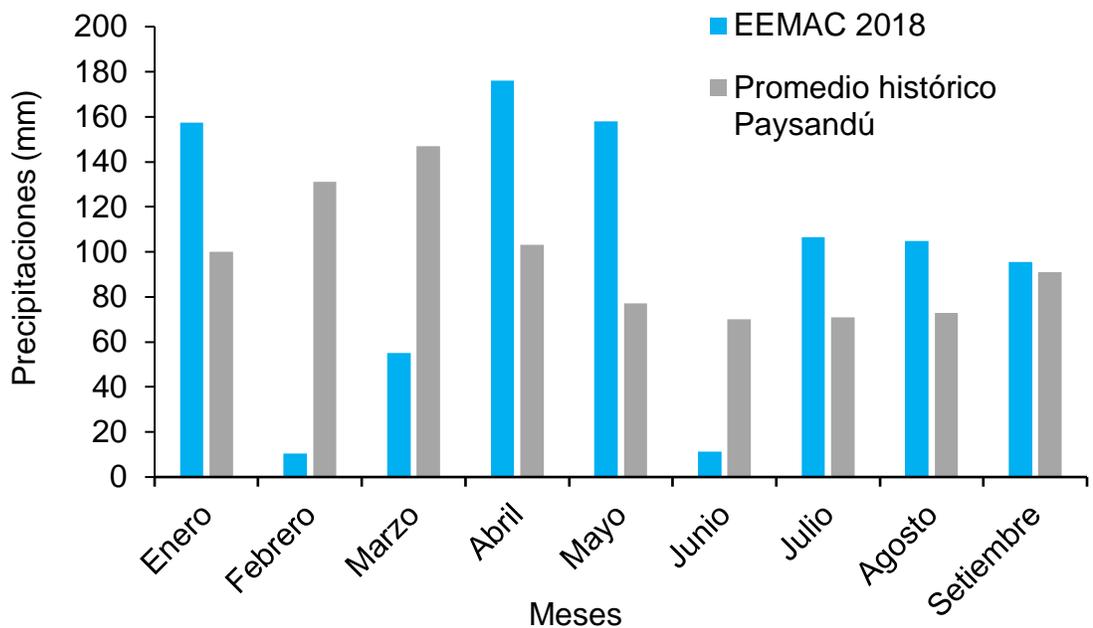
La temperatura media durante el período en evaluación fluctuó entre los 10 y 17°C. Las temperaturas mínimas oscilaron entre los 5,4 y 12,9 °C, en tanto las máximas estuvieron en el rango 13,6 y 21,8 °C. Las mismas no fueron favorables para el desarrollo y crecimiento de la pastura, sobre todo en los primeros meses ya que, aunque las especies templadas pueden germinar en un rango variable de temperaturas, si las mismas son bajas se ven afectadas negativamente (Hill y Luck 1991, Carámbula 2010). Lo mismo ocurre para el crecimiento foliar el cual disminuye con temperaturas por debajo de los 20°C (Mitchell, citado por Langer, 1981).

Lo anterior, fue condicionado por la fecha de siembra, la cual fue tardía respecto a las recomendadas, al ser otoño la estación más favorable para la siembra de pasturas debido a las condiciones generales de temperatura y humedad, y la interacción entre ambas variables (Langer 1981, Carámbula 2010).

4.1.2. Precipitaciones

Las precipitaciones ocurridas durante el período de implantación de una pradera son cruciales. Carámbula (2010) afirma que, para lograr una germinación rápida y uniforme el contenido de humedad en el suelo debe ser el óptimo. De esto se desprende la importancia de las lluvias en cantidad y calidad inmediatas a la siembra.

Figura No. 3. Precipitaciones acumuladas para el período evaluado del año en estudio y promedio histórico



Fuente: elaborado en base a INUMET (2018), Udelar. FA. EEMAC (2018), Mailhos¹

Durante el verano se dieron dos condiciones contrastantes, en el mes de enero las precipitaciones superaron en 60 mm la media histórica del departamento, mientras que en febrero y marzo fueron escasas siendo ampliamente inferiores a los registros históricos. En marzo fue inviable realizar la siembra debido a las condiciones climáticas predominantes en el mes de febrero, al ser muy seco se dificulta el control de malezas en el barbecho ya que las

¹ Mailhos, E. 2019. Com. personal.

mismas no emergen por las condiciones de humedad en el suelo. Esta tendencia continúa en el mes de marzo.

En los meses de abril y mayo las precipitaciones fueron prácticamente el doble que la media histórica de la localidad, por lo cual no se pudo efectuar la siembra dado el exceso hídrico que impidió la entrada a la chacra con la maquinaria. En el año en estudio no hay registros de precipitación en EEMAC para los meses de abril y mayo debido a que la estación meteorológica estuvo inoperante por haber sufrido daños. Los datos de estos meses corresponden a un predio privado ubicado a 25 Km de la estación experimental hacia el Sur.

En el mes de junio las precipitaciones fueron inferiores a la media histórica en 60 mm aproximadamente, lo cual no fue un inconveniente al momento de realizar la siembra ya que el suelo venía con un alto contenido de humedad dadas las condiciones de los meses anteriores, como se puede observar en el balance hídrico (Anexo No. 34).

Durante los tres meses posteriores a la siembra las precipitaciones superaron la media histórica en unos 30 mm en los meses de julio y agosto y por 5 mm en el mes de septiembre. Bajo estas condiciones de exceso hídrico, alta humedad del suelo y bajas temperaturas, se ven favorecidas las infecciones por patógenos de los géneros *Pythium* y *Phytophthora* las cuales ocasionan podredumbre en semillas y raíces de plántulas en el proceso de germinación dando como resultado fallas en emergencia, muerte de plantas y escaso vigor (Altier, 2010).

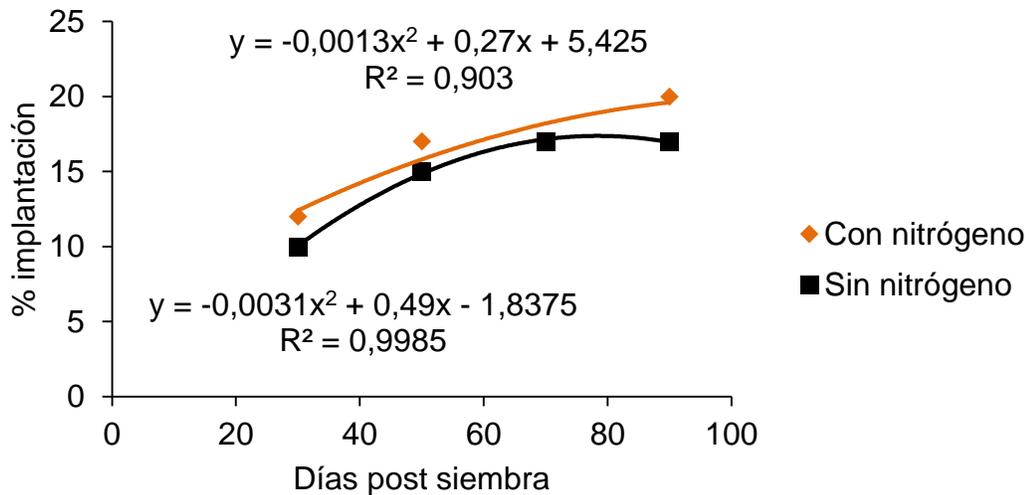
Los efectos negativos provocados por el exceso hídrico en el suelo afectan con mayor intensidad a las leguminosas respecto a gramíneas, debido a que son menos tolerantes a excesos de agua, disminuyendo su crecimiento a medida que la disponibilidad de oxígeno en el suelo decrece (Finn et al., citados por Ayala y Carámbula, 2009).

4.2. IMPLANTACIÓN

En la siguiente figura se puede observar la evolución del porcentaje de implantación de la mezcla a medida que avanzan los días post siembra, el cual es definido por Carámbula (2010) como el número de plantas saludables que se establecen en una pastura, expresándose como porcentaje del número de semillas viables sembradas. El porcentaje de implantación aumenta indiferentemente de haberse agregado N o no a medida que avanzan los días

post siembra. No obstante, hubo diferencias significativas entre la media de los tratamientos.

Figura No. 4. Evolución del % de implantación promedio de la mezcla según días post siembra en los tratamientos



El aumento en la implantación respecto a los días post siembra es de esperar, ya que la implantación depende de la germinación y emergencia de las plántulas además del establecimiento propiamente dicho, proceso que ocurre en las primeras semanas (Formoso, citado por García Favre et al., 2017).

A pesar de aumentar la implantación a medida que transcurren los días post siembra, el valor final que se registra a los 90 días post siembra es bajo, 20 y 17% con N32 y N0 respectivamente, si se compara con los valores obtenidos por Moliterno (2000), Aclé y Clement (2004), Brito del Pino et al. (2008), Fariña y Saravia (2010), Gómez de Freitas y Klassen (2011), Berasain et al. (2015), Palacios (2015), Arin et al. (2018), presentado en el Cuadro No. 1.

Los bajos valores en el porcentaje de implantación pueden deberse a la fecha de siembra, que como se ha mencionado, tiene efecto por medio de la temperatura y la humedad, y por la interacción de éstas, en los procesos de desarrollo y crecimiento de las plántulas (Langer 1981, Carámbula 2010). Un atraso en la fecha de siembra, posterior a abril, puede provocar efectos negativos en la producción y en la organización de los recursos forrajeros (Zanoniani, 2010).

4.2.1. Implantación de *Festuca arundinacea*

En el siguiente cuadro se presenta la implantación promedio de FA a los 90 días post siembra, en los dos tratamientos.

Cuadro No. 6. Implantación promedio de *Festuca arundinacea*

Tratamiento	% Implantación
Con nitrógeno	27 a
Sin nitrógeno	24 b

Valores con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,10$)

Existen diferencias significativas en el porcentaje de implantación de la gramínea con y sin aplicación de nitrógeno. Esto podría estar explicado por el momento que se realizó la fertilización. Zanoniani et al. (2003), señalan tres momentos en el desarrollo de las plantas que son significativos para la fertilización de un verdeo, los cuales son la siembra, el macollaje y durante la producción primaveral. Por lo tanto, al encontrarse el período que abarca siembra a macollaje la gramínea (Figura No. 10), es la posible razón por la cual exista efecto en la implantación, tal como mencionan Ressia et al. (2018), que durante la implantación de pasturas mezclas, la fertilización con N en invierno es una alternativa válida, que mejora la producción de la pastura.

Además, es necesario añadir que la respuesta al N por parte de una pastura está determinada por las condiciones que impone el clima antes y después de la fertilización. Los fertilizantes al ser agregados en superficie suelen ser ineficientes cuando se dan situaciones de déficit o exceso hídrico luego de la fertilización, tal cual lo afirma Rebuffo (1994). Como puede observarse en los gráficos de precipitaciones y temperaturas (Figuras No. 2 y No. 3), en el mes de junio y julio las temperaturas fueron bajas y, durante julio se dieron precipitaciones abundantes, lo cual pueden haber influido en la eficiencia con la que actuó el fertilizante.

Respecto a la temperatura, la implantación se ve reducida en siembras tardías con suelos fríos (INIA, 2017a). Considerando que fue una siembra tardía (junio) y que la temperatura registrada durante este mes fue de 10 °C, y en los dos meses posteriores no superó los 12 °C (Figura No. 2), es posible afirmar que la implantación se vio afectada negativamente por las condiciones térmicas.

A las condiciones climáticas adversas se le suma la condición de la propia especie la cual es de lento establecimiento (Langer, 1981). Esta razón está dada por su baja removilización de reservas de la semilla lo cual provoca un lento crecimiento radicular (Carámbula, 2002).

4.2.2. Implantación de *Lotus corniculatus*

El cuadro siguiente muestra los valores promedio de implantación final de *Lotus corniculatus*, de acuerdo a las dosis de N agregadas.

Cuadro No. 7. Implantación promedio de *Lotus corniculatus*

Tratamiento	% Implantación
Con nitrógeno	8 a
Sin nitrógeno	5 b

Valores con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,10$)

Al igual que para la implantación de *Festuca arundinacea*, hay diferencias significativas entre los tratamientos con y sin N. Esto resulta concordante con los datos de Carámbula (2010), ya que la fertilización nitrogenada afecta positivamente a las leguminosas durante el establecimiento, a través del efecto que tiene el agregado de N sobre el proceso de simbiosis entre el rizobio y la leguminosa. Esto sucede por dos motivos, uno de ellos es la demora del rizobio en infectar y comenzar a ser efectivo en las plántulas, y la otra es porque se trata de un proceso costoso metabólicamente en relación al limitado suministro de fotoasimilados que disponen las plántulas en la etapa inicial de sus vidas.

Herriot (1958), afirma como una buena práctica es aplicar entre 15 y 30 kg.ha^{-1} de N los cuales actuarían como starter de la fracción leguminosa, en particular si se dan condiciones de frío y excesiva humedad. Dosis por encima de 30 kg.ha^{-1} de N podrían afectar la nodulación y afectar la competencia por parte del resto de la vegetación (Ayala y Carámbula, 2009). Estos efectos nocivos en la nodulación y crecimiento de plántulas, pueden ser disminuidos cuando la fertilización se realiza semanas posteriores a la germinación, permitiendo a su vez un mayor aprovechamiento en la asimilación del nutriente, a expensas de una menor eficiencia por ser distribuido al voleo y en superficie. La práctica de fertilización que se llevó a cabo pudo no tener la eficiencia adecuada dado que las condiciones climáticas no fueron las ideales (Figuras No. 2 y No. 3).

4.2.3. Implantación de *Trifolium repens*

A continuación, se presenta un cuadro que ilustra la implantación promedio de *Trifolium repens* en los tratamientos con aplicación de N y sin aplicación del nutriente.

Cuadro No. 8. Implantación promedio de *Trifolium repens*

Tratamiento	% Implantación
Con nitrógeno	30 a
Sin nitrógeno	29 a

Valores con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,10$)

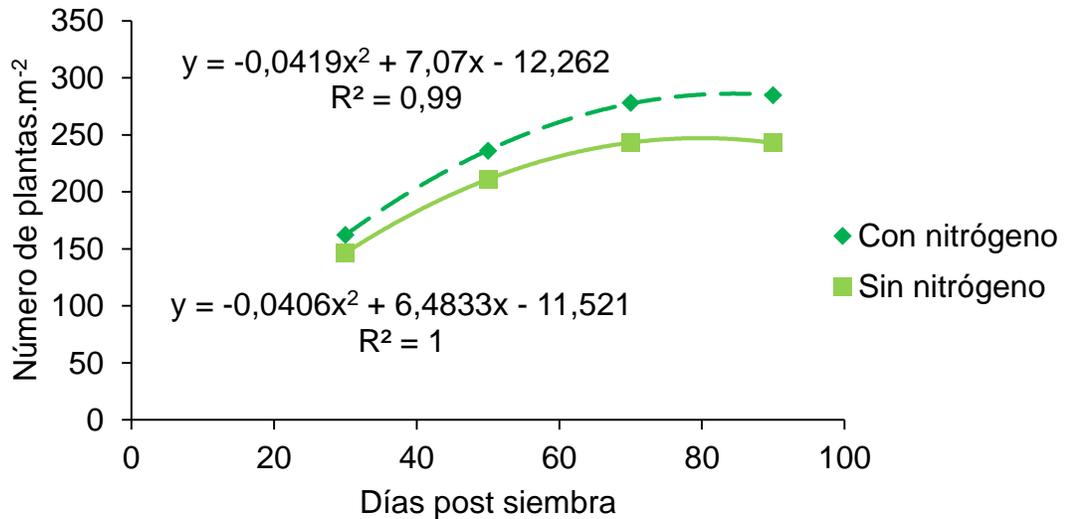
La aplicación de N no tuvo diferencias significativas en la implantación de *Trifolium repens*.

Esta especie fue la que obtuvo mayor porcentaje de implantación de los tres componentes de la mezcla. Esto podría estar explicado por el banco de semillas del suelo. Según Carámbula (2002), esta especie posee dos formas de persistencia, una de ellas es la resiembra natural, mecanismo que se genera mayormente cuando los suelos son menos fértiles y con riesgo de sequía en el verano. En estos potreros que vienen de varios años en rotación con distintas pasturas que incluyen entre otras especies al TB, se estaría generando un banco de semillas en el suelo, que entra en latencia y emerge cuando se dan las condiciones favorables de humedad, temperatura y fertilidad.

4.3. NÚMERO DE PLANTAS

En la siguiente figura se puede observar la evolución del número de plantas promedio de los componentes de la pradera mezcla a medida que avanzan los días post siembra.

Figura No. 5. Número de plantas totales a través de los días post siembra

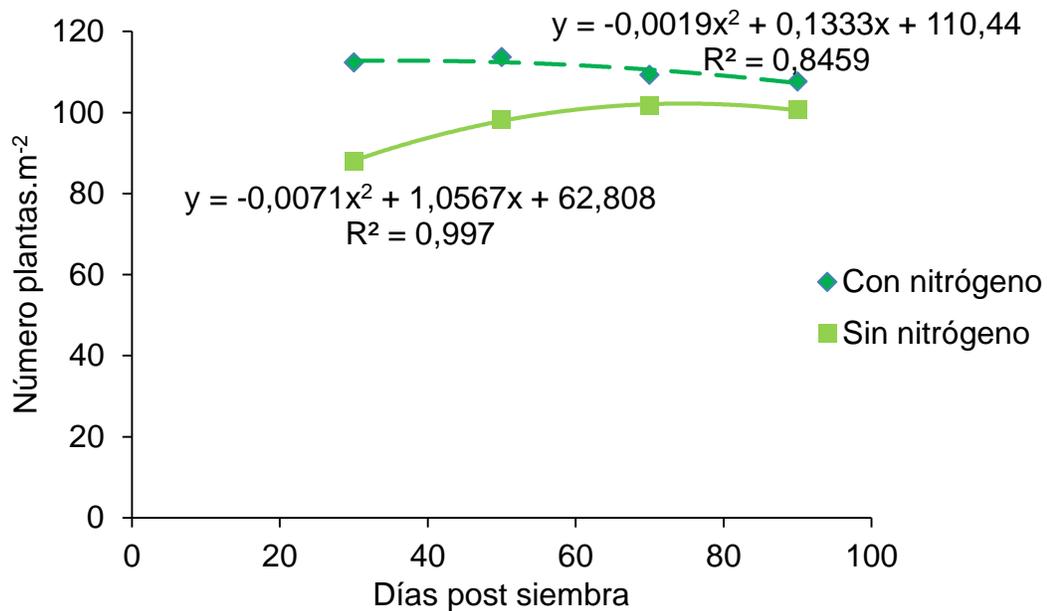


Al igual que con la evolución en el porcentaje de implantación (Figura No. 4) el número de plantas aumenta a medida que avanzan los días post siembra. No hay diferencias significativas en el número de plantas.m⁻² entre ambos tratamientos (Anexo No. 2), lo cual puede estar explicado por las condiciones climáticas que ocurrieron en los días previos y posteriores a la fertilización (Rebuffo, 1994). Además, como se mencionó anteriormente, el hecho de haberse realizado la siembra en una fecha tardía afecta negativamente a la implantación (Carámbula, 2010) sin importar la dosis de N agregada.

4.3.1. Número de plantas de *Festuca arundinacea*

En la Figura No. 6 representa la evolución del número de plantas de *Festuca arundinacea* durante el transcurso de los días post siembra, en los tratamientos con aplicación de N y sin aplicación del nutriente.

Figura No. 6. Número de plantas de *Festuca arundinacea* a través de los días post siembra



La diferencia en el número de plantas del tratamiento con N y sin N, es significativamente diferente (Anexo No. 3). A pesar de que la diferencia inicial en valores de implantación es mayor y con el transcurso de los días post siembra las líneas tienden a juntarse, a los 90 días post siembra la diferencia es significativa, 111 y 97 pl.m⁻², para los tratamientos con y sin N, respectivamente. Además, la población de festuca con N siempre se encuentra por encima de la que corresponde al tratamiento sin N.

El bajo número de pl.m⁻² no debería tener efecto negativo justificado en el método de siembra y la densidad. Según Carámbula (2010), para *Festuca arundinacea* sembrada en mezclas se recomienda entre 9 - 12 kg.ha⁻¹, habiéndose sembrado 12 kg.ha⁻¹ en el experimento realizado. El mismo autor, afirma que hay especies entre las que se encuentran las gramíneas perennes, que necesitan una distribución equidistante entre plantas. El método de siembra en hileras posee la ventaja de colocar la semilla dentro del suelo, bajo la condición de humedad y profundidad adecuada (Langer, 1981), concepto que fue aplicado al momento de realizar la siembra.

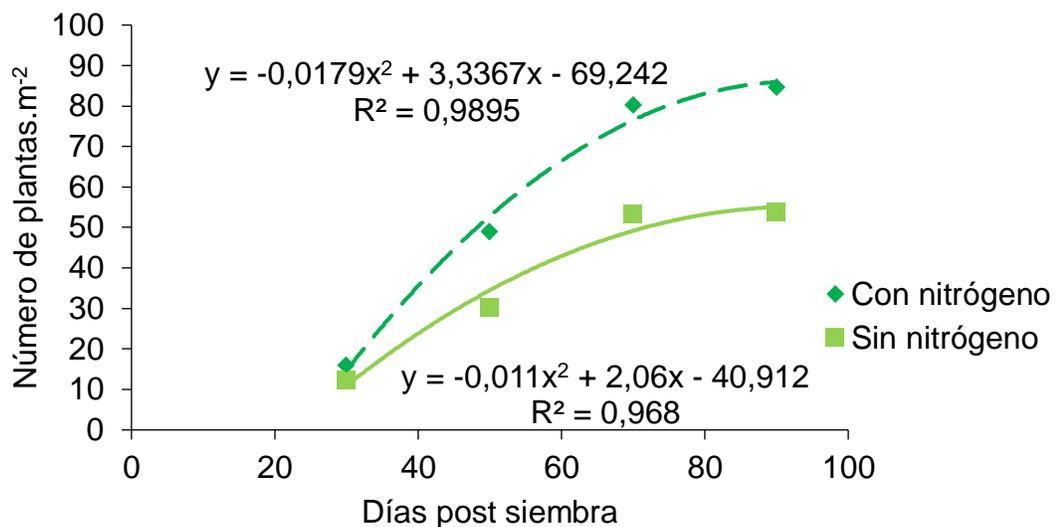
En cambio, podrían así generar un efecto no deseado las condiciones climáticas en el período evaluado, afectando la fertilización por el lavado, volatilización u otro proceso que involucre al fertilizante aplicado en superficie, ya que suelen ser ineficientes cuando se dan situaciones de déficit o exceso hídrico luego de aplicarse (Rebuffo, 1994).

Las condiciones climáticas predominantes durante el período podrían generar la muerte de plántulas por enfermedad. Las infecciones causadas por hongos se ven promovidas con exceso de lluvias, alta humedad del suelo y temperaturas bajas, ocasionando de esta manera podredumbre en semillas y raíces durante el proceso de germinación y emergencia (Altier, 2010).

4.3.2. Número de plantas de *Lotus corniculatus*

En la siguiente figura se representa la evolución del stand de plantas de *Lotus corniculatus* a medida que transcurren los días post siembra en los dos tratamientos.

Figura No. 7. Número de plantas de *Lotus corniculatus* a través de los días post siembra



Se encontraron diferencias significativas para esta variable al final de las mediciones, existiendo un efecto positivo del N (Anexo No. 7).

En *Lotus corniculatus* se registra el número más bajo de plantas al comienzo de las mediciones (30 días post siembra), lo cual se explica por el lento establecimiento debido a su bajo vigor inicial, teniendo emergencia poco agresiva y baja capacidad de competencia en los primeros estados de desarrollo (McLaughlin y Clarke, citados por Ayala y Carámbula, 2009). A pesar de esto, muestra buen comportamiento en mezcla con gramíneas de lento crecimiento

como la *Festuca arundinacea* (Scholl y Brunk, Hill y Hoveland, citados por Ayala y Carámbula, 2009).

Las diferencias en germinación y establecimiento se hacen más notorias si las temperaturas durante este proceso son bajas (McLaughlin y Clarke, citados por Ayala y Carámbula, 2009). De acuerdo a lo anterior, Ayala y Carámbula (2009) recomiendan que el lotus sea sembrado temprano en el otoño para así lograr una adecuada implantación y establecimiento antes de comenzar el invierno. Si el régimen de temperaturas varía entre 12°C en el día y 6°C en la noche, las horas necesarias para germinar son de 234 (Hill y Luck, 1991), temperaturas que se dieron durante el período de implantación (Figura No. 2).

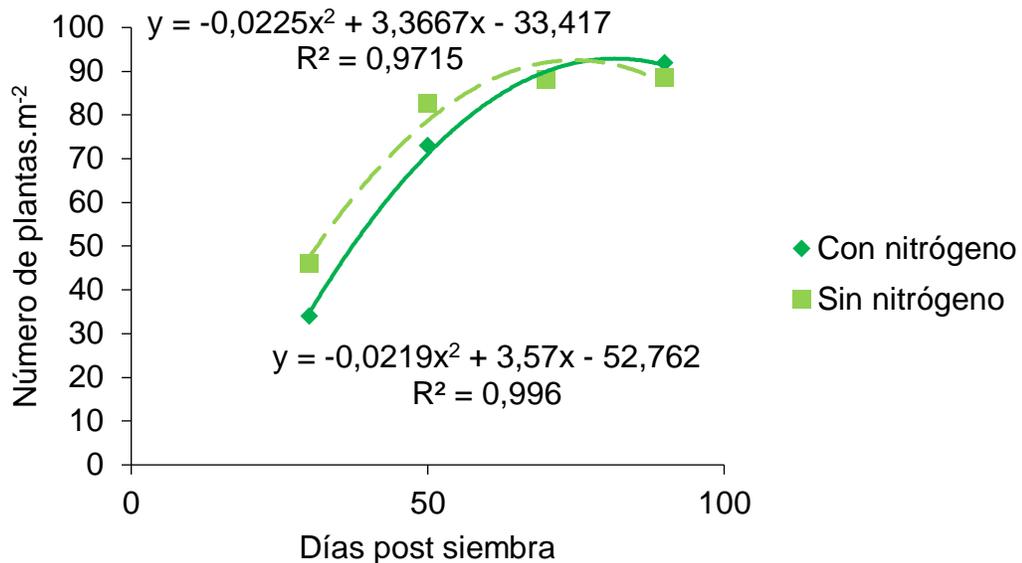
A las bajas temperaturas en el período de implantación se le suma el exceso hídrico provocado por las grandes precipitaciones. Esta combinación afectó negativamente la implantación de la especie en cuanto a número y vigor de plantas establecidas. Ayala y Carámbula (2009) mencionan que en períodos de excesiva humedad se originan situaciones de anaerobiosis que alteran el comportamiento de las plántulas y generan cambios tanto en la parte aérea como radicular de la misma. Los efectos negativos provocados por estos excesos afectan con mayor intensidad al género leguminosa en comparación a gramíneas, por lo tanto, su crecimiento disminuye a medida que la disponibilidad de oxígeno en el suelo también lo hace (Finn et al., citados por Ayala y Carámbula, 2009).

En siembras tardías como la ocurrida, para acelerar el proceso de nodulación es recomendable según Ayala y Carámbula (2009), agregar entre 15 a 20 kg.ha⁻¹ de N, de esta manera, se eleva el número y tamaño de los nódulos. El N puede provocar efectos nocivos sobre la nodulación y el crecimiento de plantas, lo que puede generar una disminución de los mismos si la fertilización se realiza unas semanas después de ocurrida la germinación. A su vez, las plantas aprovechan mejor el nutriente ya que lo pueden asimilar más rápido y así, mejorar la eficiencia de la fertilización.

4.3.3. Número de plantas de *Trifolium repens*

A continuación, se representa el número de plantas y su evolución en función de los días post siembra para los dos tratamientos en estudio, con N0 y N32.

Figura No. 8. Número de plantas de *Trifolium repens* a través de los días post siembra



Se puede apreciar un aumento en la emergencia de plantas desde los 30 a los 90 días post siembra, período en que se llevó a cabo la medición. A pesar de esto, no se encontraron diferencias significativas entre los dos tratamientos a los 90 días post siembra.

El TB tiene la capacidad de germinar a temperaturas más bajas que gramíneas perennes y leguminosas estivales como los son los otros dos componentes de la pradera mezcla (Carámbula, 2010). Con un rango de temperaturas de 15 °C en el día y 10 °C en la noche, TB germinaba a las 24 horas, mientras que, si el rango de temperaturas variaba entre 12°C en el día y 6°C en la noche, las horas necesarias para comenzar a germinar pasaban a ser 112 (Hill y Luck, 1991).

Bajo condiciones controladas se constató una gran reducción en el crecimiento de TB a los 7 °C (Mitchell, citado por Langer, 1981). Durante el período en estudio, la temperatura media estuvo siempre por encima de los 10 °C por lo que no fue un problema en la germinación e implantación de esta leguminosa.

La tendencia creciente en la implantación y buen número de plantas por superficie puede estar relacionado al banco de semillas con el que cuenta el

suelo, como se mencionó anteriormente en el análisis del porcentaje de implantación.

4.4. MACOLLAJE Y POBLACIÓN DE MACOLLOS EN *Festuca arundinacea*

El cuadro siguiente presenta el número de macollos.pl⁻¹ promedio de cada tratamiento, según el momento de medición. Los registros de macollos a los 30 y 50 días post siembra corresponden al macollo principal de la planta.

Cuadro No. 9. Número de macollos.pl⁻¹ de festuca 90 días post siembra

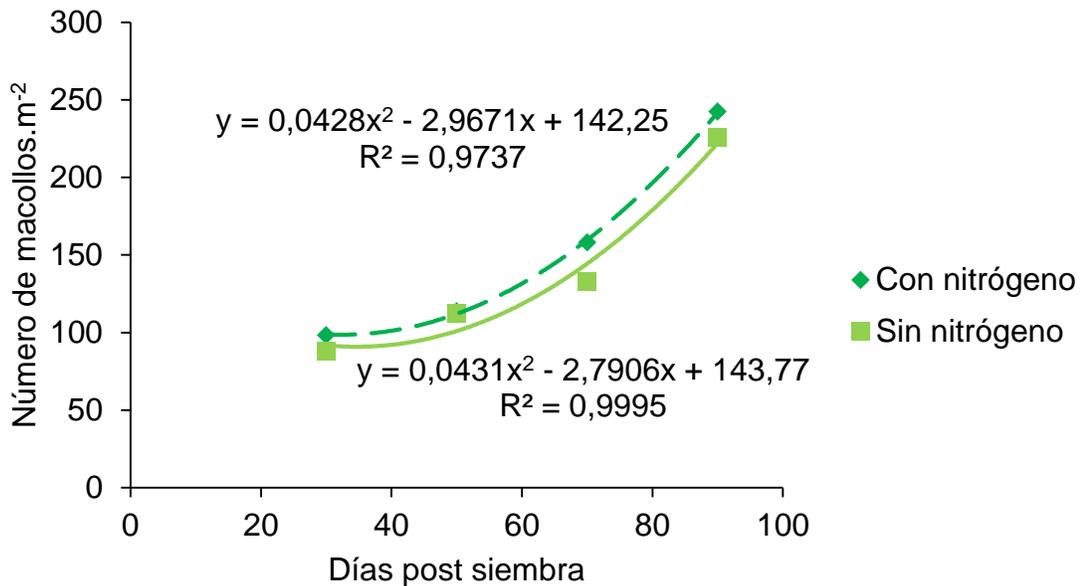
Tratamiento	90 días post siembra
Con nitrógeno	2,23 a
Sin nitrógeno	2,20 a

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

Como se observa en el cuadro anterior, el proceso de macollaje a los 90 días post siembra no presentó diferencias significativas.

A continuación, en la figura se presenta la evolución de la población de macollos (macollo.m⁻²), a lo largo del período de evaluación. Ésta fue estimada a partir de la relación entre los macollos.pl⁻¹ (Cuadro No. 9) y las plantas.m⁻¹ (Figura No. 6).

Figura No. 9. Número de macollos.m⁻² de festuca a lo largo de los días post siembra



No se encontraron diferencias significativas en el número de macollos entre los tratamientos (Anexo No. 4), al fin del período de evaluación, como se observa en el Cuadro No. 9, contrario a lo observado por Mazzanti et al. (1994a), Marino (1996), Scheneiter y Améndola (2012), donde la población de macollos fue afectada positivamente por el aumento de la disponibilidad de N, incrementando la TAM.

En este caso, el número de macollos por plantas fue 3, sin importar cuál fue el tratamiento. Datos discordantes con los obtenidos por Jacobo et al. (2009), quienes a los 56 días post siembra, con siembra otoñal, registró valores de 5,2 y 6,7; para situaciones sin agregado de N y con 100 kg.ha⁻¹ de N, respectivamente.

4.5. NÚMERO DE HOJAS POR MACOLLO

En el cuadro siguiente se puede observar el valor de hojas.macollo⁻¹, a los 90 días post siembra.

Cuadro No. 10. Número de hojas.macollo⁻¹ según tratamiento

Tratamiento	No. de hojas.macollo ⁻¹
Con nitrógeno	3,0 a
Sin nitrógeno	3,0 a

Valores con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,10$)

Esta variable no fue afectada por la aplicación de N, ya que no existen diferencias significativas. A diferencia de lo obtenido por Whitehead (1995), quien afirma que hay evidencias de un efecto positivo del N en el número de hojas vivas por macollo. No obstante, para Jacobo et al. (2009) el número de hojas vivas por macollo en FA se mantuvo constante indiferentemente del nivel de fertilización nitrogenada, valor que se registró en 3 hojas vivas por planta, mismo valor obtenido en el experimento.

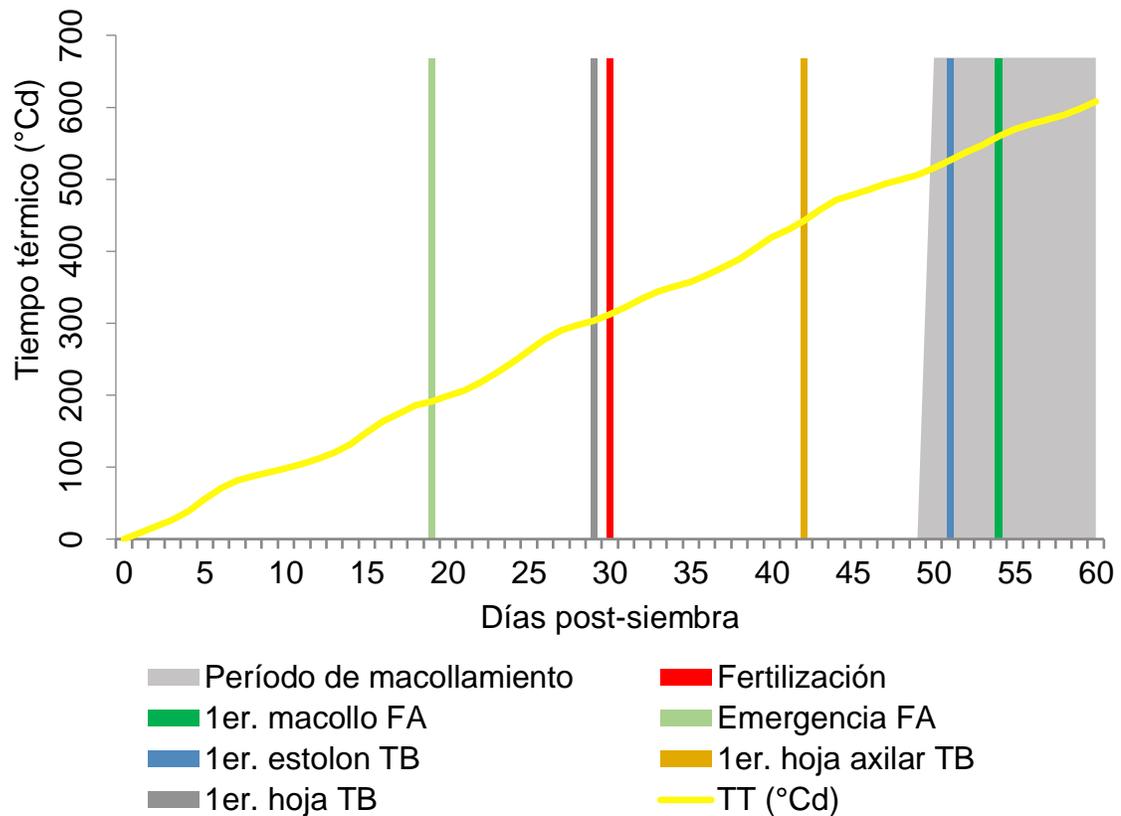
4.6. MOMENTO DE FERTILIZACIÓN EN RELACIÓN A LOS PROCESOS MORFOGENÉTICOS DE *Festuca arundinacea* Y *Trifolium repens*

En la Figura No. 10 se observa la fecha predicha para la ocurrencia de algunos procesos morfofenéticos, estimada a través de la relación entre los valores de acumulación de TT requeridos para que sucedan los diferentes procesos de desarrollo de FA y TB (Moot et al. 2000, Black et al. 2003, Moot et al. 2003, Lonati et al. 2009, Pereyra et al. 2015a, 2015b), y el método de estimación de TT (Wang 1960, Gallagher 1979). A su vez, esta gráfica presenta el día en que se realizó la fertilización con N y el período a partir del cual se observó la aparición de los primeros macollos.

Dado que la estimación de los requerimientos térmicos se realizó con diferentes cultivares a los utilizados en este experimento y los requerimientos de TT presentan variaciones entre cultivares (Pereyra et al., 2015b), la ocurrencia de los procesos de desarrollo puede ser distinto con lo graficado.

A su vez, las mediciones realizadas fueron a los 30, 50, 70 y 90 días post siembra, por lo que en el período entre dos mediciones consecutivas se dieron los procesos de desarrollo que no fueron registrados en la fecha exacta de ocurrencia.

Figura No. 10. Fecha de fertilización, período de aparición de los primeros macollos y predicción de ocurrencia de los procesos morfológicos según el tiempo térmico



Fuente: elaborado en base a Moot et al. (2000), Black et al. (2003), Moot et al. (2003), Lonati et al. (2009), Pereyra et al. (2015a, 2015b).

Se puede observar que la emergencia de FA se da a los 20 días post siembra. El registro a campo que se tiene es a los 30 días post siembra por ser el día en que se comienzan las mediciones. Lo mismo se da con TB.

En la Figura No. 10 la predicción de la aparición del primer macollo o el inicio del proceso de macollamiento, según los datos de requerimiento de TT informados por Pereyra et al. (2015b), para FA ocurriría a los 55 días post siembra. De acuerdo a los datos presentados en el Cuadro No. 9, el macollaje inicia en el período transcurrido entre los días 50 – 70 post siembra, dado que el primer registro de macollos axilares se registra a los 70 días post siembra, lo cual está en concordancia con lo predicho según los requerimientos de TT.

Para el caso de TB, la primera hoja según la suma térmica aparecería 28 días post siembra. A campo el registro obtenido y presentado en la Figura No. 8 es a los 30 días post siembra, por ser este el primer día de medición.

4.7. PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA, AÉREA Y RADICULAR, Y RELACIÓN PA/PR

4.7.1. Producción de MS aérea, radicular y relación PA/PR de las especies componentes de la mezcla, las espontáneas y las malezas

En el siguiente cuadro se presentan los datos de la biomasa aérea y radicular, en base seca, y su relación, considerando aquellas especies de valor productivo como las que componen la mezcla y las espontáneas, además de las malezas.

Cuadro No. 11. Producción de MS aérea, radicular y relación PA/PR de las especies componentes de la mezcla, las espontáneas y las malezas

Tratamiento	Parte aérea (kg.ha ⁻¹)	Parte radicular (kg.ha ⁻¹)	Relación PA/PR
Con nitrógeno	2583,08 a	1704,67 a	1, 55 b
Sin nitrógeno	2201,25 a	1081,83 b	2, 06 a

Valores con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,10$)

Como se observa en el cuadro, no hubo diferencias significativas en la biomasa aérea, pero si existieron diferencias significativas en la parte radicular y la relación PA/PR, en cuanto al efecto de la dosis de N. Estos datos son contradictorios a los presentados por Troughton (1957), Evans (1970), quienes afirman que el agregado de N genera un menor peso de raíces y un mayor crecimiento aéreo.

También, resulta contradictorio que la relación PA/PR sea significativamente mayor en el tratamiento sin N, como los datos que presentan Brouwer (1962), Bélanger et al. (1992), Onillon et al. (1995), quienes mencionan que el agregado de N aumenta la partición de C hacia la parte aérea en relación a la parte radicular.

La diferencia entre los tratamientos es de 382 kg.ha⁻¹ (no significativa) y el incremento de producción de MS de pastura es de 12 kgMS.kgN⁻¹ agregado. La respuesta obtenida en el experimento difiere de la obtenida por Ressa et al. (2018), donde a igual nivel de fertilización fosfatada de 70 o 140 kg.ha⁻¹ de MAP, la respuesta de la producción de MS invernal al agregado de N fue de 20 y 30 kgMS.kgN⁻¹ agregado, respectivamente (Cuadro No. 2). A su vez, en una pradera compuesta por FA y TB se encontró una respuesta lineal al agregado de N, pero la respuesta máxima fue con el agregado de 167 kg.ha⁻¹ de N, cantidad de fertilizante distribuida entre 4, 6 y 8 aplicaciones durante el año de implantación (Frame, 1973).

4.7.2. Producción de MS aérea, radicular y relación PA/PR de *Festuca arundinacea*

En el cuadro siguiente se presentan los datos de materia seca de la parte aérea y radicular, así como la relación entre ambas, según los tratamientos.

Cuadro No. 12. Biomasa aérea y radicular en base seca, en *Festuca arundinacea* y su relación según tratamiento

Tratamiento	Parte aérea (kg.ha ⁻¹)	Parte radicular (kg.ha ⁻¹)	Relación PA/PR
Con nitrógeno	1358,58 a	842,42 a	1,63 b
Sin nitrógeno	901,92 b	447,17 b	2,09 a

Valores con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,10$)

Como se puede apreciar en el cuadro, la parte aérea tuvo mayor peso que la parte radicular indiferentemente del agregado de N. Si se observa únicamente la parte aérea, hay diferencias significativas, siendo superior el tratamiento con agregado de N.

La misma tendencia ocurre al observar únicamente la parte radicular, donde se aprecia la superioridad en peso de la parte radicular que estuvo bajo el agregado de N. Tal como lo afirma Frame (1973), el crecimiento en profundidad de las raíces de gramíneas perennes se ve favorecido por el incremento en N producto de la fertilización.

En la relación PA/PR también hubo diferencias significativas, teniendo menor relación PA/PR el tratamiento en el cual se agregó N, lo cual significa que

hubo mayor crecimiento aéreo que radicular. Lo contrario sucede cuando el N se encuentra poco disponible, según Evans (1970), favoreciendo el desarrollo radicular, pero con raíces más cortas y finas por un menor tamaño celular, generando una relación PA/PR menor tal cual lo confirman los resultados obtenidos.

En base a estos datos, se puede concluir que FA prioriza en el período de implantación el crecimiento aéreo por sobre el radicular, lo cual está relacionado a la producción de fotoasimilados necesarios para el crecimiento de toda la planta incluyendo en ello el sistema radicular. Estos resultados concuerdan con Troughton (1957), Evans (1970), quienes afirman que el agregado de N a la siembra favorece tanto el crecimiento aéreo como radicular, pero en mayor medida la parte aérea. También Robson y Parsons (1978), Gastal y Saugier (1986), Onillon et al. (1995), afirman que existen pruebas que demuestran que el agregado de N o agua tiene una mayor respuesta en el crecimiento de las hojas que en el de las raíces.

La respuesta de FA al agregado de N fue de 14,3 kgMS.kgN⁻¹.ha⁻¹, respuesta inferior a la encontrada por Frame (1973), la cual fue de 23,5 kgMS.kgN⁻¹, para niveles de fertilización de 0 a 322 kg.ha⁻¹ de N.

4.7.3. Producción de MS aérea, radicular y relación PA/PR de las leguminosas

A continuación, se presenta el Cuadro No. 13 con datos obtenidos sobre la producción de MS aérea y radicular de la fracción leguminosa de la pradera mezcla, así como también la relación PA/PR.

Cuadro No. 13. Producción de MS aérea y radicular en leguminosas, y su relación según tratamiento

Tratamiento	Parte aérea (kg.ha ⁻¹)	Parte radicular (kg.ha ⁻¹)	Relación PA/PR
Con nitrógeno	667,17 a	377,17 a	2,35 a
Sin nitrógeno	866,42 a	397,00 a	2,32 a

Valores con una letra común no son significativamente diferentes (p < 0,10)

En relación al peso de la parte aérea no hay diferencias significativas en los tratamientos con y sin N. Lo mismo ocurre en el peso de la parte radicular, no siendo significativo el agregado de N.

Según Carámbula (2010), el agregado de N tiene efecto sobre la simbiosis entre el rizobio y la leguminosa durante el establecimiento, esto debido a que el rizobio demora en infectar y ser efectivo, y porque este proceso genera un gran gasto metabólico en relación al escaso suministro de asimilados que disponen las plántulas en los primeros estadios de desarrollo. A su vez, el N aumenta el número y tamaño de nódulos en las raíces (Pankhurst y Wedderburn, citados por Ayala y Carámbula, 2009).

La producción de MS aérea de las leguminosas disminuye con el agregado de N, pero ésta no fue estadísticamente significativa. La disminución de la producción de MS, de las leguminosas en conjunto (TB + LC), fue de 6 kgMS.kgN⁻¹ agregado. Respuesta similar fue obtenida por Frame (1973), donde la disminución de la producción de MS de TB fue de 1,95 ttMS.ha⁻¹, cuando se agregaron 322 kg.ha⁻¹ de N, lo que es equivalente a una pérdida de 6 kgMS.kgN⁻¹ agregado. Sin embargo, la mayor reducción en la producción de MS de TB ocurrió a un nivel de fertilización con 54 kg.ha⁻¹ de N, que representó una pérdida de producción de TB de 18,5 kgMS.kgN⁻¹.ha⁻¹.

Relacionando el efecto del agregado de N sobre la producción de MS aérea total, de FA y de las leguminosas, se encuentra similar respuesta a lo expresado por Mallarino y Wedin (1990), que el agregado de N aumenta temporalmente el rendimiento de la pastura, pero implica una reducción de la proporción de leguminosas durante el año de implantación.

4.7.4. Producción de MS aérea, radicular y relación PA/PR de las especies espontáneas

En el cuadro siguiente se presenta la producción de materia seca, aérea y radicular, de las especies espontáneas presentes en la pradera, así como la relación entre ambas porciones de MS.

Cuadro No. 14. Producción de MS aérea, radicular y relación PA/PR de las especies espontáneas

Tratamiento	Parte aérea (kg.ha ⁻¹)	Parte radicular (kg.ha ⁻¹)	Relación PA/PR
Con nitrógeno	504,83 a	456,83 a	1,33 a
Sin nitrógeno	356,17 a	216,67 b	1,58 a

Valores con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,10$)

Si se observa el cuadro, se puede ver que la única variable con diferencias significativas es la biomasa radicular, donde en el tratamiento con N resultó ser mayor. Esto es contrario a los datos que presenta Troughton (1957), que afirma que el agregado de N disminuye el peso de las raíces, y considerando que en su mayoría las espontáneas estaban compuestas por *Lolium multiflorum*, *Bromus catharticus* y *Medicago lupulina*.

4.7.5. Producción de MS aérea, radicular y relación PA/PR de las malezas

En el cuadro siguiente se puede observar la producción de biomasa de la parte aérea, radicular y su relación, de las malezas.

Cuadro No. 15. Producción de MS aérea, radicular y relación PA/PR de malezas

Tratamiento	Parte aérea (kg.ha ⁻¹)	Parte radicular (kg.ha ⁻¹)	Relación PA/PR
Con nitrógeno	52,50 a	28,25 a	2,23 b
Sin nitrógeno	76,75 a	21,00 a	4,88 a

Valores con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,10$)

Se observa en el cuadro como la relación PA/PR es la variable que presentó diferencias significativas, siendo mayor en el tratamiento sin N.

5. CONCLUSIONES

Se concluye que, al haberse retrasado la fecha de siembra respecto a lo planificado debido a las precipitaciones ocurridas en los meses anteriores (Figura No. 3), condicionó la implantación y crecimiento inicial de la pastura. La razón de esto son las bajas temperaturas que atravesaron las plántulas para germinar y desarrollarse, además del efecto de las mismas sobre la disponibilidad y absorción del N.

Respecto a la hipótesis planteada en la investigación, la fertilización nitrogenada a los 30 días post siembra no tuvo efecto en el porcentaje de implantación a los 90 días post siembra, se puede concluir que el N y la respuesta de las plantas dependen de las condiciones climáticas dominantes durante el período de investigación. Por otro lado, con la fertilización inicial mejoró el porcentaje de implantación de festuca y lotus, sin efectos en la implantación del trébol blanco.

Además, existieron diferencias significativas en la producción de biomasa aérea en *Festuca arundinacea*, sin efectos negativos en la producción de la fracción leguminosa y la pastura presentó un aumento en la producción, aunque este no fue significativo. Por lo tanto, se recomienda la fertilización inicial durante el período de implantación de una pastura mezcla

Se sugiere la preparación y desarrollo de nuevas líneas de investigación, que evalúen el efecto de la fertilización nitrogenada en distintas dosis y etapas de la pastura, así como fechas de siembras óptimas, tempranas y tardías, para medir la respuesta al agregado de N.

6. RESUMEN

El presente experimento se realizó durante el período comprendido entre junio y setiembre del año 2018 en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (UdelaR. Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay) ubicada sobre Ruta 3, km. 363, en el potrero No. 35, de 4 hectáreas de superficie, de las cuales se utilizaron 3 parcelas, dando un total de 3 hectáreas. El potrero se encuentra sobre la Unidad San Manuel, según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay, escala 1:1000000; esta unidad presenta como suelos dominantes Brunosoles Éutricos Típicos (Háplicos). El diseño experimental utilizado fue en tres bloques completamente al azar con dos tratamientos, que contenían dos repeticiones por bloque, siendo la parcela la unidad experimental. Se utilizó una pradera mezcla compuesta por *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, sembrada el 8 de junio. La fertilización con urea se realizó el 10 de julio, siendo dos los tratamientos evaluados: con agregado de 32 unidades de N a macollaje de la gramínea (30 dps.), y sin agregado de N (N0). El objetivo principal fue evaluar si existía efecto por el agregado de N en la implantación de la pradera. Para alcanzar dicho objetivo, se realizaron mediciones post siembra del número de plantas.m⁻², totales y de cada componente de la mezcla, del número de macollo.m⁻² y hojas.macollo⁻¹, del número de tallos.m⁻² y hojas.tallo⁻¹ (para leguminosas), a los 30, 50, 70 y 90 días. En la última medición, además de las variables mencionadas, se realizó la medición del peso en base seca de la parte aérea y raíz de las plantas, tanto gramíneas y leguminosas, como de las espontáneas de valor productivo y de las malezas encontradas, obteniendo de esa forma las relaciones PA/PR. Las mediciones dieron como resultado un valor de implantación de la mezcla a los 90 días, de 17 y 20%, para N0 y N32 respectivamente, entre los cuales no hubo diferencias significativas. Lo mismo sucedió en el caso del trébol blanco. Sin embargo, festuca y lotus mejoraron el porcentaje de implantación con el agregado de N. Igual comportamiento presentó la variable pl.m⁻² para las especies anteriormente mencionadas. En cuanto al peso seco de la parte aérea total, no hubo diferencias significativas, pero la producción de la parte aérea de festuca aumentó sin perjudicar la producción de las leguminosas significativamente. La relación PA/PR tuvo un efecto significativo, siendo mayor en el tratamiento sin N.

Palabras clave: Implantación; Establecimiento; Fertilización; Nitrógeno (N); Mezcla; Gramíneas; Leguminosas; Relación parte aérea/parte radicular (PA/PR); Festuca; Trébol blanco; Lotus.

7. SUMMARY

The present experiment was carried out during the period between June and September 2018 at the Experimental Station "Dr. Mario A. Cassinoni" (Faculty of Agronomy, Republic University; Paysandú, Uruguay) located on route 3, km 363, in paddock No. 35, of 4 hectares area, of which 3 plots were used, giving a total of 3 hectares. The paddock is on the San Manuel Unit, according to the Soil Survey of Uruguay, scale 1:1,000,000; this unit presents as dominant soils Brunosoles Éútricos Típicos (Háplicos). The experimental design used was in three blocks completely randomly with two treatments, containing two repetitions per block, being the plot the experimental unit. A meadow mixture composed of *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* and *Lotus corniculatus*, planted on June, 8th. 2018. Fertilization with urea was carried out on July, 10th. 2018, with two being treatments evaluated: with the addition of 32 units of N to tillering of the grass (30 dps.), and without addition of N (N0). The main objective was to assess whether there was an effect due to the addition of N in the implantation of the meadow. For to achieve this objective, post-sowing measurements of the number of plants.m⁻², total and of each component of the mixture, of the number of tillers.m⁻² and leaves.tiller⁻¹, of the number of stems.m⁻² and leaves.stem⁻¹ (for legumes), at 30, 50, 70 and 90 days. In the last measurement, in addition to the variables mentioned, the dry weight measurement of the aerial and root part of plants, both grasses and legumes, as well as spontaneous of productive value and of the weeds found, obtaining from that forms the AP/RP relations. Measurements resulted in a value of implantation of the mixture at 90 days, 17 and 20%, for N0 and N32 respectively, between which there were no significant differences. The same happened in the case of white clover. However, fescue and lotus improved the percentage of implantation with the addition of N. The same behavior presented the variable pl.m⁻² for the previously mentioned species. As for the dry weight of the total aerial part, there were no significant differences, but the production of the aerial part of fescue increased without harming the production of legumes significantly. The PA/PR ratio had a significant effect, being higher in the N-free treatment.

Key words: Implantation; Establishment; Fertilization; Nitrogen (N); Mixture; Grass; Legume; Aerial part / root part ratio (PA / PR); Tall fescue; White clover; Birdsfoot trefoil.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Acle, J.; Clement, M. 2004. Características de la implantación y vigor de gramíneas y leguminosas perennes integrantes de mezclas forrajeras y estudio de la población de unidades morfológicas en el otoño del segundo año. Tesis. Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 102 p.
2. Águila Castro, H. 1979. Pastos y empastadas. Santiago, Chile, Universidad de Santiago. 314 p.
3. Agnusdei, M.; Marino, A. 2009. El rol de la nutrición mineral de los recursos forrajeros en sistemas intensificados de producción ganadera. (en línea). In: Jornada Técnica sobre Sanidad Animal y Nutrición Animal en Recursos Forrajeros (2009, Azul, Buenos Aires). Trabajos presentados. Azul, Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. pp. 281-292. Consultado 13 mar. 2020. Disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27660>
4. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echeverría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
5. Altier, N. 2010. Enfermedades en pasturas. In: Altier, N.; Rebuffo, N.; Cabrera, K. eds. Enfermedades y plagas en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 19-35 (Serie Técnica no. 183).
6. Alzugaray, R.; Ribeiro, A. 2000. Insectos en pasturas. In: Zerbino, M. S.; Ribeiro, A. eds. Manejo de plagas en pasturas y cultivos. Montevideo, INIA. pp. 13-14 (Serie Técnica no. 112)
7. Arin, M.; Dabezies, S.; Garese, J.; Mailhos, M. 2018. Efecto de la incorporación de nitrógeno y leguminosas en verdeos anuales invernales en el establecimiento y producción inicial. Tesis. Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 95 p.
8. Askin, D. C. 1990. Pasture establishment. In: Langer, R. H. M. ed. Pastures: their ecology and management. Auckland, Oxford University. pp. 132-157.

9. Assuero, S. G. 1998. Mediterranean and temperate tall fescues: physiological and morphological responses to water deficit, and the effect of nitrogen on winter and early-spring field performance under grazing. (en línea). PhD. Thesis. Palmerston North, New Zealand. Massey University. 219 p. Consultado 5 may. 2020. Disponible en <http://hdl.handle.net/10179/2508>
10. Austenson, H. M.; Murdock, F. R.; Hodgson, A. S.; Russell, T. S. 1959. Regression of Milk Production on Forage Production and Forage Consumption 1. (en línea). Agronomy Journal. 51:648-650. Consultado 15 jun. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.2134/agronj1959.00021962005100110005x>
11. Ayala, W.; Carámbula, M. 2009. El valor agronómico del género Lotus. Montevideo, Hemisferio Sur. 424 p.
12. Ball, D. M.; Hoveland, C. S.; Lacefield, G. D. 1991. Southern forages. Atlanta, Georgia, USA, Williams. 256 p.
13. Bélanger, G.; Gastal, F.; Warembourg, F. R. 1992. The Effects of Nitrogen Fertilization and the Growing Season on Carbon Partitioning in a Sward of Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb). (en línea). Annals of Botany. 70(3):239-244. Consultado 15 abr. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a088465>
14. Berasain, I.; Duret, L.; Sosa, E. 2015. Evolución de la implantación de tres mezclas forrajeras en siembra directa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 71 p.
15. Black, A. D.; Moot, D. J.; Lucas, R. J. 2003. Thermal time requirements for seedling development of Caucasian and white clovers. (en línea). Canterbury, New Zealand, Lincoln University. 3 p. Consultado 4 may. 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/238089495_Thermal_time_requirements_for_seedling_development_of_Caucasian_and_white_clovers
16. Bordoli, M. 1998. Fertilización de pasturas de leguminosas y mezclas de gramíneas y leguminosas. (en línea). In: Jornada de Fertilización de Pasturas (1998, Concepción del Uruguay). Resúmenes de exposiciones. Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina, INTA. pp. 1 - 9. Consultado 23 mar. 2020. Disponible en

<http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/PASTURAS%20CRS/12%20-%20Fertilizacion%20de%20Pasturas.pdf>

17. Brito Del Pino, G.; Colella, A.; Crosta, D.; Morales, C. J. 2008. Relevamiento de implantación de pasturas con gramíneas perennes en Basamento Cristalino. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 124 p.
18. Brouwer, R. 1962. Distribution of dry matter in the plant. (en línea). Netherlands Journal of Agricultural Science. 10:361-376. Consultado 12 mar. 2020. Disponible en <https://library.wur.nl/ojs/index.php/njas/article/view/17578>
19. Carámbula, M. 1962. Deficiencias en suelos. Conocimiento de las deficiencias minerales en suelos del Uruguay a través de métodos biológicos. Anuario de la Sociedad de Mejoramiento de Praderas. 6:91-102.
20. _____.; Ayala, W.; Carriquiry, E.; Bermúdez, R. 1994. Siembra de mejoramientos de cobertura. Montevideo, Uruguay, INIA. 19 p. (Serie Técnica no. 17).
21. _____. 2002. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forrajes. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 1, 357 p.
22. _____. 2004. Pasturas y forrajes: manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 3, 356 p.
23. _____. 2010. Pasturas y forrajes: insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 2, 371 p.
24. Chapman, D. F.; Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: International Grassland Congress (18th., 1993, Palmerston North, New Zealand). Proceedings. Wellington, New Zealand, SIR. pp. 95-104.
25. Colabelli, M.; Agnusdei, M.; Mazzanti, A.; Labreveux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. (en línea). INTA. Boletín Técnico no.148. 12 p. Consultado 22 abr. 2020. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/01-proceso_crecimiento.pdf

26. Collins, M. 1982. Yield and Quality of Birdsfoot Trefoil Stockpiled for Summer Utilization 1. (en línea). *Agronomy Journal*. 74:1036-1041. Consultado 11 mar. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.2134/agronj1982.00021962007400060024x>
27. Cruz, P.; Boval, M. 2000. Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forage grasses. (en línea). In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.; Nabinger, C.; de F. Carvalho, P. C. eds. *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. Curitiba, Universidad Federal de Parana. pp. 151-168. Consultado 15 abr. 2020. Disponible en <https://www.wzw.tum.de/public-html/lattanzi/Lit/Grassland%20Ecophysiology.pdf>
28. Davies, I. 1979. Developmental characteristics of grass varieties in relation to herbage production: 4. Effect of nitrogen on the length and longevity of leaf blades in primary growth of *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata* and *Phleum pratense*. (en línea). *The Journal of Agricultural Science*. 92(02):277-287. Consultado 5 may. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1017/S002185960006278X>
29. De León, F. 2019. Producción animal: caracterización general de la ganadería. *Anuario Estadístico Agropecuario DIEA 2019*:45-50.
30. Deregibus, V.; Casal, J.; Jacobo, E.; Gibson, D.; Kauffman, M.; Rodríguez, A. M. 1994. Evidence that Heavy Grazing May Promote the Germination of *Lolium multiflorum* Seeds via Phytochrome-Mediated Perception of High Red/Far-Red Ratios. (en línea). *Functional Ecology*. 8(4):536-542. Consultado 20 mar. 2019. Disponible en <https://www.jstor.org/stable/2390079>
31. Díaz, J.; Moor, J. 1980. Estudios sobre métodos y densidades de siembra de pradera. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 134 p.
32. Durand, J. L.; Varlet-Grancher, C.; Lemaire, G.; Gastal, F.; Moullia, B. 1991. Carbon partitioning in forage crops. (en línea). *Acta Biotheoretica*. 39:213-224. Consultado 17 abr. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1007/BF00114177>
33. Evans, P. S. 1970. Root growth of *Lolium perenne* L. 1. Effects of plant age, seed weight, and nutrient concentration on root weight, length, and number of apices. (en línea). *New Zealand Journal of*

Botany. 8(3):344-356. Consultado 18 abr. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1080/0028825X.1970.10429134>

34. Fariña, M. F.; Saravia, R. 2010. Evaluación de la productividad de mezclas forrajeras bajo pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 81 p.
35. Formoso, F. 1993. *Lotus corniculatus*. 1. Performance forrajera y características agronómicas asociadas. Montevideo, Uruguay, INIA. 20 p. (Serie Técnica no. 37)
36. _____. 2004. Chacra 28. Comportamiento de 12 especies forrajeras sembradas sobre diferentes rastros de cultivos de verano en siembra directa en líneas y al voleo. (en línea). In: Jornada de Pasturas (2004, Colonia). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 11-12 (Actividades de Difusión no. 380). Consultado 23 mar. 2020. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/408/1/111219220807102258.pdf>
37. _____. 2007. Incidencia de 7 tipos de rastros sobre la producción de forraje de 13 especies forrajeras sembradas en directa. In: Manual para la siembra directa. Montevideo, INIA. pp. 17 - 38 (Serie Técnica no. 161).
38. _____. 2011. Efectos de la frecuencia de defoliación sobre la producción de forraje y raíces en especies forrajeras. In: Manejo de mezclas forrajeras y leguminosas puras. Producción y calidad del forraje. Efectos del estrés animal e interferencia de gramilla (*Cynodon dactylon*, (L) PERS). Montevideo, INIA. pp. 207 - 211 (Serie Técnica no. 188).
39. Frame, J. 1973. The yield response of a tall fescue/white clover sward to nitrogen rate and harvesting frequency. (en línea). Grass and Forage Science. 28(3):139-148. Consultado 21 abr. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1973.tb00735.x>
40. Gallagher, J. N. 1979. Field Studies of Cereal Leaf Growth. (en línea). Journal of Experimental Botany. 30(4):625-636. Consultado 17 abr. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1093/jxb/30.4.625>
41. García, F. O.; Ruffo, M. L.; Daverede, I. C. 1999. Fertilización de pasturas y verdeos. (en línea). Informaciones Agronómicas del Cono Sur. no. 1:1-13. Consultado 23 mar. 2020. Disponible en

http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/62-fertilizacion.pdf

42. _____; Micucci, F.; Rubio, G.; Ruffo, M.; Daverede, I. 2002. Fertilización de forrajes en la región pampeana: una revisión de los avances en el manejo de la fertilización de pasturas, pastizales y verdeos. (en línea). Buenos Aires, Argentina, INPOFOS Cono Sur. 21 p. Consultado 21 feb. 2020. Disponible en [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/7deffe669416f818032580b800647dc6/\\$FILE/Fertilizacion%20de%20forrajes%202005.002.002.pdf/Fertilizacion%20de%20forrajes%202005.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/7deffe669416f818032580b800647dc6/$FILE/Fertilizacion%20de%20forrajes%202005.002.002.pdf/Fertilizacion%20de%20forrajes%202005.pdf)
43. García Favre, J.; Zanoniani, R.; Cadenazzi, M.; Boggiano, P. 2017. Incidencia de variables biológicas y edáficas en el establecimiento de mezclas forrajeras. *AgroSur*. 45(1):3-10.
44. Gastal, F.; Saugier, B. 1986. Alimentation azotée et croissance de la fétuque élevée. I – Assimilation du carbone et répartition entre organes. (en línea). *Agronomie*. 6(2):157-166. Consultado 16 abr. 2020. Disponible en <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00884860/document>
45. _____; Belanger, G.; Lemaire, G. 1992. A model of the leaf extension rate on tall fescue in response to nitrogen and temperature. (en línea). *Annals of Botany*. 70(5):437-442. Consultado 21 abr. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a088500>
46. _____; Durand, J.-L. 2000. Effects of Nitrogen and Water Supply on N and C Fluxes and Partitioning in Defoliated Sward. (en línea). In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.; Nabinger, C.; de F. Carvalho, P. C. eds. *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. Curitiba, Universidad Federal de Paraná. pp. 15-40. Consultado 15 abr. 2020. Disponible en <https://www.wzw.tum.de/public-html/lattanzi/Lit/Grassland%20Ecophysiology.pdf>
47. Gómez 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 de Agronomía. 91 p.

48. Harris, W. 1994. Pasture as an ecosystem. In: Langer, R. H. M. ed. Pastures their ecology and management. Auckland, University of Oxford. pp. 75-131
49. Hernández, C.; Salto, V.; Vulliez, M. 2017. Respuesta de *Stipa setigera* Presl. a la fertilización NP en caracteres morfogenéticos y estructurales en el período otoño-invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 71 p.
50. Herriot, J. B. D. 1958. The establishment of herbage species in Great Britain. *Herbage Abstracts*. 28:73-82.
51. Hill, M. J.; Luck, R. 1991. The effect of temperature on germination and seedling growth of temperate perennial pasture legumes. (en línea). *Australian Journal of Agricultural Research*. 42(1):175-189. Consultado 21 nov. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.1071/AR9910175>
52. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2017a. Catálogo de cultivares INIA de especies forrajeras: festuca. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 15 mar. 2020. Disponible en <https://pasturas.inia.org.uy/catalogo/index.php?id=98>
53. _____. 2017b. Catálogo de cultivares INIA de especies forrajeras: *Lotus corniculatus*. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 15 mar. 2020. Disponible en <https://pasturas.inia.org.uy/catalogo/index.php?id=110>
54. _____. 2017c. Catálogo de cultivares INIA de especies forrajeras: trébol blanco. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 15 mar. 2020. Disponible en <https://pasturas.inia.org.uy/catalogo/index.php?id=117>
55. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología, UY). 2018. Estadísticas meteorológicas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 7 ago. 2019. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas>
56. Jacobo, E.; Rodríguez, A.; Durand, M; Deregibus, V. 2009. Sowing date and nitrogen supply determine the outcome of competition between dallisgrass (*Paspalum dilatatum* Poir.) and tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) in the Pampas region of Argentina. (en línea). *Grass and Forage Science*. 64(1):71-79. Consultado 21

abr. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2008.00669.x>

57. Jame, Y. W.; Cutforth, H. W.; Ritchie, J. T. 1998. Temperature response function for leaf appearance rate in wheat and corn. (en línea). Canadian Journal of Plant Science. 79(1):97-148. Consultado 17 abr. 2020. Disponible en <https://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.4141/P97-148>
58. Langer, R. H. M. 1981. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 524 p.
59. Lemaire, G.; Chapman, D. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. *In*: Hodgson, J.; Illius, A. W. eds. Ecology and management of grazing systems. Guilford, UK, CABI. pp.3-36.
60. _____. 1997. The physiology of grass growth under grazing; tissue turnover. *In*: International Symposium on Animal Production under Grazing (1997, Viçosa, MG, Brasil). Proceedings. Viçosa, MG, Brasil, s.e. pp. 117-144.
61. Lonati, M.; Moot, D. J.; Andrea Cavallero, P. A.; Lucas, R. J. 2009. Thermal time requirements for germination, emergence and seedling development of adventive legume and grass species. (en línea). New Zealand Journal of Agricultural Research. 52(1):17-29. Consultado 4 may. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1080/00288230909510485>
62. Loydi, A.; Eckstein, R. L.; Otte, A.; Donath, T. W. 2012. Effects of litter on seedling establishment in natural and semi-natural grasslands: a meta-analysis. (en línea). Journal of Ecology. 101(2):454-464. Consultado 10 abr. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12033>
63. Mac Adam, J. W.; Volenec, J. J.; Nelson, C. J. 1989. Effects of nitrogen on mesophyll cell division and epidermal cell elongation in tall fescue leaf blades. (en línea). Plant Physiology. 89(2):549-56. Consultado 23 abr. 2020. Disponible en <http://www.plantphysiol.org/content/plantphysiol/89/2/549.full.pdf>
64. McKee, W. H. Jr.; Brown, R. H.; Blaser, R. E. 1967. Effect of Clipping and Nitrogen Fertilization on Yield and Stands of Tall Fescue 1. Crop Science. 7:567-570.

65. Mallarino, A. P.; Casanova, O. 1984. Fertilización fosfatada de leguminosas forrajeras en suelos de texturas medias y finas. *Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos del Uruguay*, 2:196-203.
66. _____; Wedin, W. F.; Goyenola, R. S.; Perdomo, C. H.; West, C. P. 1990a. Legume Species and Proportion Effects on Symbiotic Dinitrogen Fixation in Legume-Grass Mixtures. (en línea). *Agronomy Journal*. 82(4):785-789. Consultado 25 abr. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.2134/agronj1990.00021962008200040026x>
67. _____; _____. 1990b. Nitrogen fertilization effects on dinitrogen fixation as influenced by legume species and proportion in legume-grass mixtures in Uruguay. (en línea). *Plant and Soil*. 124(1):127-135. Consultado 25 abr. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1007/BF00010940>
68. _____; _____. Perdomo, C. H.; Goyenola, R. S.; West, C. P. 1990c. Nitrogen Transfer from White Clover, Red Clover, and Birdsfoot Trefoil to Associated Grass. (en línea). *Agronomy Journal*. 82(4):790-795. Consultado 25 abr. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.2134/agronj1990.00021962008200040027x>
69. Marino, M. A. 1996. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento invierno primaveral, la composición química y la calidad del forraje de *Avena sativa* y *Lolium multiflorum*. Tesis MSc. Buenos Aires, Argentina. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias de Balcarce. 104 p.
70. Mazzanti, A.; Lemaire, G.; Gastal, F. 1994a. The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. (en línea). *Grass and Forage Science*. 49(2):111-120. Consultado 5 may. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1994.tb01983.x>
71. _____; _____. 1994b. Effect of nitrogen fertilization on herbage production of tall fescue swards continuously grazed by sheep. 2. Consumption and efficiency of herbage utilization. (en línea). *Grass and Forage Science*. 49(3):352-359. Consultado 5 may. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1994.tb02010.x>

72. Moliterno, E. 2000. Caracterización de la producción inicial de diversas mezclas forrajeras. *Agrociencia* (Uruguay). 4(1):31-49.
73. Moot, D. J.; Scott, W. R.; Roy, A. M.; Nicholls, A. C. 2000. Base temperature and thermal time requirements for germination and emergence of temperate pasture species. (en línea). *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 43(1):15-25. Consultado 4 may. 2020. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1080/00288233.2000.9513404>
74. _____; Black A. D.; Scott, W. R.; Richardon, J. 2003. Leaf development and dry matter production of subterranean clover cultivars in relation to autumn sward management. (en línea). *In: Legumes for Dryland Pastures: a New Zealand Grassland Association Symposium (2003, Canterbury). Proceedings. Grassland Research and Practice*. no. 11:193-200. Consultado 4 may. 2020. Disponible en <https://www.nzgajournal.org.nz/index.php/rps/article/view/3008>
75. Morón, A. 1996. El ciclo del nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal. *In: Seminario Técnico sobre Producción y Manejo de Pasturas (1995, Tacuarembó). Trabajos presentados*. Montevideo, INIA. pp. 21-32 (Serie Técnica no. 80)
76. Mulder, E. G. 1952. Fertilizer vs. legume nitrogen for grassland. (en línea). *In: International Grassland Congress (6th, 1952, Pennsylvania, USA). Proceedings*. Groningen, Netherlands, s.e. pp. 740-748.
77. Muslera, E.; Ratera, G. 1984. Praderas y forrajes: producción y aprovechamiento. Madrid, Mundi-Prensa. pp. 308-339.
78. Onillon, B.; Durand, J.-L.; Gastal, F.; Tournebize, R. 1995. Drought effects on growth and carbon partitioning in a tall fescue sward grown at different rates of nitrogen fertilization. (en línea). *European Journal of Agronomy*. 4(1):91-99. Consultado 15 abr. 2020. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(14\)80020-8](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(14)80020-8)
79. Palacio, L. M. 2015. Implantación de mezclas forrajeras con gramíneas perennes con riego y sin riego suplementario. Tesis. Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 82 p.

80. Paredes, M. C. 2013. Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. (en línea). Tesis. Ing. en Producción Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina. Universidad Católica Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias. 114 p. Consultado 12 feb. 2020. Disponible en <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/fijacion-biologica-nitrogeno-leguminosas.pdf>.
81. Patrick, Z. 1971. Phytotoxic Substances Associated with the Decomposition in Soil of Plant Residues. *Soil Science* 111(1):13-18.
82. Pereyra, M. E.; Montes, F.; Cansina, G. R.; Fontana, F. R.; Marino, M. A.; Tognetti, J. A.; Assuero, S. G. 2015a. Predicción del inicio del macollaje mediante el empleo del tiempo térmico en festuca de distintos orígenes. (en línea). *In*: Congreso Argentino de Producción Animal (38º., 2015, Santa Rosa, La Pampa). Resúmenes. *Revista Argentina de Producción Animal*. 35(1):160. Consultado 16 abr. 2020. Disponible en <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/view/7176/pdf>
83. _____.; _____.; _____.; _____.; _____.; _____.; _____. 2015b. Temperaturas cardinales y tiempo térmico para la emergencia de tres especies forrajeras. (en línea). *In*: Congreso Argentino de Producción Animal (38º., 2015, Santa Rosa, La Pampa). Resúmenes. *Revista Argentina de Producción Animal*. 35(1):159. Consultado 16 abr. 2020. Disponible en <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/view/7176/pdf>
84. Pérez, C. De; La Fuente, L.; Arias, A.; Altier, N. 2001. Uso de *Pseudomonas* fluorescentes nativas para el control de enfermedades de implantación en *Lotus corniculatus* L. (en línea). *Agrociencia* (Uruguay). 5(1):41-47. Consultado 15 ago. 2019. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/index.php/directorio/article/view/568/476>
85. Pérez García, F.; Martínez-Laborde, J. B. 1994. Introducción a la fisiología vegetal. Madrid, Mundi-Prensa. 170 p.
86. Perrachón, J. 2010. Instalación de praderas. (en línea). Montevideo, s.e. pp. 1-9. Consultado 25 may. 2018. Disponible en <http://www.eleche.com.uy/media/content/audio/source000000011/AUD0000010000000274.pdf>

87. Pozzolo, O. 2006. Recomendaciones para implantación de pasturas. (en línea). INTA. Concepción del Uruguay. Hoja Informativa Electrónica. 6(143):1-4. Consultado 25 mar. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/42-implantacion_praderas.pdf
88. Rabuffetti, A. 2017. La fertilidad del suelo y su manejo. Montevideo, Hemisferio Sur. v. 1, pp. 282-292.
89. Rebuffo, M. 1994. Fertilización nitrogenada en pasturas mezclas. *In*: Seminario de Actualización Técnica (1994, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 27 - 32 (Serie Técnica. no. 51)
90. Ressia, M.; Caldentey, F.; Borrajo, C.; Amundarain, J. M. 2018. Implantación y producción inicial en una pastura base alfalfa y festuca: efecto de la fertilización y la mezcla con raigrás anual. (en línea). Cuenca del Salado, INTA. pp. 1-8. Consultado 21 feb. 2020. Disponible en <https://inta.gov.ar/documentos/implantacion-y-produccion-inicial-en-una-pastura>
91. Reynaert, E. E.; Carámbula, M. 1961. Estudios sobre deficiencias en elementos nutritivos en algunos suelos, por medio de ensayos en macetas. Anuario de la Sociedad Mejoramiento de Praderas. 5:59-75.
92. Ribeiro, A.; Zerbino, M. 2000. Insectos en pasturas. *In*: Seminario Técnico (2000, Montevideo). Manejo de plagas en pasturas y cultivos. Montevideo, INIA. pp. 13-14 (Serie Técnica no. 112).
93. Robson, M. J.; Parsons, A. J. 1978. Nitrogen Deficiency in Small Closed Communities of S24 Ryegrass. I. Photosynthesis, Respiration, Dry Matter Production and Partition. (en línea). Annals of Botany. 42(5):1185-1197. Consultado 16 abr. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a085560>
94. Romero, L. 2001. Para lograr lo que queremos al sembrar. (en línea). Rafaela, INTA. 3 p. Consultado 28 abr. 2020. Disponible en <http://rafaela.inta.gov.ar/revistas/pxx10201.html>
95. Ryle, G. J. A. 1964. A comparison of leaf and tiller growth in seven perennial grasses as influenced by nitrogen and temperature. (en línea). Journal of the British Grassland Society. 19(3):281-290. Consultado 23 abr. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1964.tb01175.x>

96. Scheneiter, J. O.; Pagano, E. 1998. Producción de forraje y composición botánica de pasturas mixtas de festuca y trébol blanco fertilizadas con nitrógeno. *Revista de Tecnología Agropecuaria*. 3(9):10-14.
97. _____; Bertín, O. D. 2005a. Fertilización en pasturas mixtas. (en línea). In: *Jornada a Campo: avances en Producción y Manejo de Pasturas (2005, Pergamino)*. Trabajos presentados. Pergamino, INTA. pp. 42-46. Consultado 21 feb. 2020. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/11-fertilizacion_pasturas_mixtas.pdf
98. _____. 2005b. Mezclas de especies forrajeras perennes templadas. (en línea). In: *Jornada de Actualización Técnica de Pasturas Implantadas (19^a, 2005, Pergamino)*. Generación y evaluación de cultivares de especies forrajeras. s.l., INTA Pergamino. pp. 1-5. Consultado 21 feb. 2020. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/33-mezclas_forrajeras_perennes_templadas.pdf
99. _____.; Améndola, C. 2012. Tiller demography in tall fescue (*Festuca arundinacea*) swards as influenced by nitrogen fertilization, sowing method and grazing management. (en línea). *Grass and Forage Science*. 67(3):426-436. Consultado 21 abr. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00861.x>
100. Sharifi, S.; Moot, D. J.; Bloomberg, M. 2016. Calculating “Hydrothermal time” to quantify seed germination of tall fescue. (en línea). *Journal of New Zealand Grasslands*. 78:163-168. Consultado 4 may. 2020. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/310463788>
101. Silvertown, J. W.; Dickie, J. B. 1981. Seedling survivorship in natural populations of nine perennial chalk grassland plants. (en línea). *New Phytologist*. 88(3):555-558. Consultado 10 mar. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1981.tb04099.x>
102. Steppler, H. A.; Knutti, H. J.; Hargreaves, G. 1965. The establishment of the sward of seeded pastures. In: *International Grassland Congress (9th, 1965, San Pablo)*. Proceedings. s.n.t. pp. 273-278.
103. Stricker, J. A.; Matches, A. G.; Thompson, G. B.; Jacobs, V. E.; Martz, F. A.; Wheaton, H. N.; Currence, H. N.; Krause, G. F. 1979. Cow-Calf Production on Tall Fescue-Ladino Clover Pastures with and without Nitrogen Fertilization or Creep Feeding: spring Calves. (en

línea). Journal of Animal Science. 48(1):13-25. Consultado 15 jun. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.2527/jas1979.48113x>

104. Troughton, A. 1957. Growth of the young plant. In the underground organs of herbage grasses. CAB. Bulletin no. 44:27-29.
105. UdelaR. FA (Universidad de la República. Facultad de Agronomía, UY). 2018. Resumen meteorológico del año anterior. (en línea). Paysandú. 1 p. Consultado 7 ago. 2019. Disponible en <https://ingbio.paap.cup.edu.uy/~estmet/NOAAPRYR.TXT>
106. Volenec, J. J.; Nelson, C. J. 1983. Responses of tall fescue leaf meristems to N fertilization and harvest frequency. (en línea). Crop Science. 23(4):720-724. Consultado 23 abr. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.2135/cropsci1983.0011183X002300040028x>
107. Wang, J. Y. 1960. A Critique of the Heat Unit Approach to Plant Response Studies. (en línea). Ecology. 41(4):785-790. Consultado 17 abr. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.2307/1931815>
108. Whitehead, D. 1995. Grassland nitrogen. Wallingford, UK, CABI. 397 p.
109. Wilman, D.; Wright, P. T. 1983. Some effects of applied nitrogen on the growth and chemical composition of temperate grasses. Herbage Abstracts. 53:387-393.
110. Zanoniani, R.; Noëll, S. 1997. Verdeos de invierno: condicionantes de manejo de un buen verdeo. (en línea). Young, Río Negro, Instituto Plan Agropecuario y Sociedad Rural de Río Negro. 5 p. Consultado abr. 2020. Disponible en <http://www.planagro.com.uy/publicaciones/uedy/Publica/Cart2/Cart2.html>
111. _____; Ducamp, F.; Bruni, M. 2003. Utilización de verdeos de invierno en sistemas de producción animal. UEDY. Cartilla no. 17. pp. 1-9.
112. _____. 2010. Estado actual del conocimiento en producción de pasturas, brecha tecnológica. (en línea). Agrociencia (Uruguay). 14(3):26-30. Consultado 27 abr. 2020. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/index.php/directorio/article/view/395/312>

9. ANEXOS

Anexo No. 1. Condiciones climáticas en el mes de julio

Julio (día)	T media (°C)	Precipitación (mm)	Julio (día)	T media (°C)	Precipitación (mm)
1	15,5	9,8	17	12,6	2,0
2	12,9	14,6	18	16,4	0,4
3	6,4	0,0	19	12,8	46,6
4	6,8	0,4	20	7,4	4,4
5	8,6	1,0	21	7,2	0,0
6	10,4	13,0	22	7,2	0,4
7	11,3	0,8	23	6,2	0,2
8	10,1	0,2	24	6,3	0,2
9	6,9	0,4	25	10,2	7,4
10	6,4	0,4	26	10,8	0,4
11	9,4	0,2	27	10,9	1,0
12	10,7	0,2	28	10,	1,6
13	11,6	0,2	29	11,6	0,2
14	15,2	0,0	30	10,3	0,4
15	15,0	0,0	31	7,3	0,2
16	10,1	0,0			

Anexo No. 2. Análisis de la varianza de plantas totales.m²

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No. plantas totales.m ²	48	0,59	0,56	32,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	328573,50	3	109524,50	20,79	<0,0001
Bloque	318248,17	2	159124,08	30,21	<0,0001
Tratamiento	10325,33	1	10325,33	1,96	0,1685
Error	231794,17	44	5268,05		
Total	560367,67	47			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 54,07108

Error: 5268,0492 gl: 44

Bloque	Medias	n	E.E.	
II	336,38	16	18,15	A
III	197,38	16	18,15	B
I	143,00	16	18,15	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,10$)**Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 35,20489**

Error: 5268,0492 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Con nitrógeno	240,25	24	14,82	A
Sin nitrógeno	210,92	24	14,82	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,10$)Anexo No. 3. Análisis de la varianza de pl.m^{-2} *Festuca arundinacea*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pl.m^{-2} festuca	48	0,75	0,73	20,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	58143,25	3	19381,08	43,41	<0,0001
Bloque	55929,17	2	27964,58	62,63	<0,0001
Tratamiento	2214,08	1	2214,08	4,96	0,0311
Error	19644,67	44	446,47		
Total	77787,92	47			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 15,74114

Error: 446,4697 gl: 44

Bloque	Medias	n	E.E.	
II	148,13	16	5,28	A
III	98,75	16	5,28	B

I 65,00 16 5,28 C
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p < 0,10)

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 10,24883

Error: 446,4697 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Con nitrógeno	110,75	24	4,31	A
Sin nitrógeno	97,17	24	4,31	B

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

Anexo No. 4. Análisis de la varianza de macollos.m² *Festuca arundinacea*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Macollos.m ² festuca	48	0,38	0,33	46,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	123296,45	3	41098,82	8,80	0,0001
Bloque	122569,49	2	61284,74	13,12	<0,0001
Tratamiento	726,96	1	726,96	0,16	0,6951
Error	205459,79	44	4669,54		
Total	328756,24	47			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 50,90697

Error: 4669,5406 gl: 44

Bloque	Medias	n	E.E.	
II	213,70	16	17,08	A
III	133,93	16	17,08	B
I	91,85	16	17,08	B

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 33,14478

Error: 4669,5406 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Con nitrógeno	150,38	24	13,95	A
Sin nitrógeno	142,60	24	13,95	A

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

Anexo No. 5. Análisis de la varianza de h.macollo⁻¹ *Festuca arundinacea*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

H.macollo⁻¹ festuca 48 0,01 0,00 39,63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,22	3	0,07	0,10	0,9624
Bloque	0,22	2	0,11	0,14	0,8680
Tratamiento	8,3E-04	1	8,3E-04	1,1E-03	0,9741
Error	34,34	44	0,78		
Total	34,56	47			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 0,65810

Error: 0,7804 gl: 44

Bloque	Medias	n	E.E.
III	2,30	16	0,22 A
II	2,25	16	0,22 A
I	2,14	16	0,22 A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 0,42848

Error: 0,7804 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin nitrógeno	2,23	24	0,18 A
Con nitrógeno	2,23	24	0,18 A

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

Anexo No. 6. Análisis de la varianza de macollos.pl⁻¹ *Festuca arundinacea*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Macollos.pl ⁻¹ Festuca	48	0,89	0,87	14,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,13	3	0,04	0,14	0,9359
Bloque	0,06	2	0,03	0,10	0,9052
Tratamiento	0,07	1	0,07	0,22	0,6425
Error	13,59	44	0,31		
Total	13,72	47			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 0,41402

Error: 0,03089 gl: 44

Bloque	Medias	n	E.E.
--------	--------	---	------

II	1,45	16	0,14	A
I	1,40	16	0,14	A
III	1,36	16	0,14	A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 0,26956

Error: 0,03089 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin nitrógeno	1,44	24	0,11 A
Con nitrógeno	1,37	24	0,11 A

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

Anexo No. 7. Análisis de la varianza de pl.m^{-2} *Lotus corniculatus*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pl.m ⁻² lotus	48	0,17	0,11	61,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7578,25	3	2526,08	2,92	0,0443
Bloque	2738,17	2	1369,08	1,58	0,2165
Tratamiento	4840,08	1	4840,08	5,60	0,0224
Error	38019,67	44	864,08		
Total	45597,92	47			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 21,89868

Error: 864,0833 gl: 44

Bloque	Medias	n	E.E.
II	56,75	16	7,35 A
III	47,38	16	7,35 A
I	38,25	16	7,35 A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 14,25791

Error: 864,0833 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Con nitrógeno	57,50	24	6,00 A
Sin nitrógeno	37,42	24	6,00 B

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

Anexo No. 8. Análisis de la varianza de h.tallo⁻¹ *Lotus corniculatus*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
H.tallo ⁻¹ lotus	48	0,02	0,00	51,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,82	3	0,27	0,25	0,8595
Bloque	0,58	2	0,29	0,27	0,7671
Tratamiento	0,24	1	0,24	0,22	0,6396
Error	47,66	44	1,08		
Total	48,48	47			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 0,77534

Error: 1,0832 gl: 44

Bloque	Medias	n	E.E.
II	2,14	16	0,26 A
III	2,06	16	0,26 A
I	1,88	16	0,26 A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 0,50481

Error: 1,0832 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Con nitrógeno	2,10	24	0,21 A
Sin nitrógeno	1,96	24	0,21 A

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

Anexo No. 9. Análisis de la varianza de t.pl⁻¹ *Lotus corniculatus*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T.pl ⁻¹ lotus	48	0,01	0,00	49,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,25	3	0,08	0,22	0,8851
Bloque	0,10	2	0,05	0,13	0,8779
Tratamiento	0,15	1	0,15	0,39	0,5379
Error	17,34	44	0,39		
Total	17,59	47			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 0,46767

Error: 0,3941 gl: 44

Bloque	Medias	n	E.E.	
II	1,33	16	0,13	A
III	1,24	16	0,13	A
I	1,22	16	0,13	A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 0,30449

Error: 0,3941 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Con nitrógeno	1,32	24	0,06	A
Sin nitrógeno	1,20	24	0,06	A

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

Anexo No. 10. Análisis de la varianza de pl.m^{-2} *Trifolium repens*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pl.m ⁻² T. blanco	48	0,52	0,49	55,25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	80174,00	3	26724,67	15,92	<0,0001
Bloque	79948,67	2	39974,33	23,81	<0,0001
Tratamiento	225,33	1	225,33	0,13	0,7159
Error	73880,67	44	1679,11		
Total	154054,67	47			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 30,52666

Error: 1679,1061 gl: 44

Bloque	Medias	n	E.E.	
II	131,50	16	10,24	A
III	51,25	16	10,24	B
I	39,75	16	10,24	B

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 19,87546

Error: 1679,1061 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Sin nitrógeno	76,33	24	8,36	A
Con nitrógeno	72,00	24	8,36	A

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

Anexo No. 11. Análisis de la varianza h.tallo⁻¹ *Trifolium repens*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
H.tallo ⁻¹ T. blanco	48	0,02	0,00	44,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,80	3	0,27	0,29	0,8322
Bloque	0,80	2	0,40	0,44	0,6498
Tratamiento	2,1E-04	1	2,1E-04	2,3E-04	0,9880
Error	40,31 44	0,92			
Total	41,11 47				

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 0,71307

Error: 0,9162

gl: 44

Bloque	Medias	n	E.E.
II	2,31	16	0,24 A
I	2,21	16	0,24 A
III	2,00	16	0,24 A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 0,46427

Error: 0,9162

gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Con nitrógeno	2,18	24	0,06 A
Sin nitrógeno	2,17	24	0,06 A

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

Anexo No. 12. Análisis de la varianza t.m⁻² *Trifolium repens*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T.m ⁻² T. blanco	48	0,41	0,37	70,78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	164602,85	3	54867,62	10,22	<0,0001
Bloque	164593,92	2	82296,96	15,33	<0,0001
Tratamiento	8,93	1	8,93	1,7E-03	0,9677
Error	236137,78 44	5366,77			
Total	400740,63 47				

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 54,57535

Error: 5366,7678 gl: 44

Bloque	Medias	n	E.E.
II	186,08	16	18,31 A
III	67,63	16	18,31 B
I	56,79	16	18,31 B

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 35,53322

Error: 5366,7678 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sin nitrógeno	103,93	24	14,95 A
Con nitrógeno	103,07	24	14,95 A

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

Anexo No. 13. Análisis de la varianza % implantación total

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% implantación total	48	0,58	0,56	32,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1684,71	3	561,57	20,62	<0,0001
Bloque	1628,38	2	814,19	29,89	<0,0001
Tratamiento	56,33	1	56,33	2,07	0,1575
Error	1198,54	44	27,24		
Total	2883,25	47			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 3,88813

Error: 27,2396 gl: 44

Bloque	Medias	n	E.E.
II	24,06	16	1,30 A
III	14,06	16	1,30 B
I	10,25	16	1,30 B

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 2,53150

Error: 27,2396 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Con nitrógeno	17,21	24	1,07 A
Sin nitrógeno	15,04	24	1,07 A

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

Anexo No. 14. Análisis de la varianza % implantación *Festuca arundinacea*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% implantación festuca	48	0,75	0,73	20,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3631,54	3	1210,51	44,12	<0,0001
Bloque	3484,54	2	1742,27	63,51	<0,0001
Tratamiento	147,00	1	147,00	5,36	0,0254
Error	1207,13	44	27,43		
Total	4838,67	47			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 3,90202

Error: 27,4347 gl: 44

Bloque	Medias	n	E.E.	
II	36,69	16	1,31	A
III	24,38	16	1,31	B
I	15,94	16	1,31	C

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 2,54055

Error: 27,4347 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Con nitrógeno	27,42	24	1,07	A
Sin nitrógeno	23,92	24	1,07	B

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

Anexo No. 15. Análisis de la varianza % implantación *Lotus corniculatus*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% implantación lotus	48	0,16	0,10	62,36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	128,52	3	42,84	2,76	0,0530
Bloque	40,50	2	20,25	1,31	0,2810
Tratamiento	88,02	1	88,02	5,68	0,0215
Error	681,79	44	15,50		
Total	810,31	47			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 2,93251

Error: 15,4953 gl: 44

Bloque	Medias	n	E.E.	
II	7,44	16	0,98	A
III	6,31	16	0,98	A
I	5,19	16	0,98	A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 1,900932

Error: 15,4953 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Con nitrógeno	7,67	24	0,80	A
Sin nitrógeno	4,96	24	0,80	B

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

Anexo No. 16. Análisis de la varianza % implantación *Trifolium repens*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% implantación T. blanco	48	0,52	0,58	55,36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12635,13	3	4211,71	15,75	<0,0001
Bloque	12601,79	2	6300,90	23,56	<0,0001
Tratamiento	33,33	1	33,33	0,12	0,7258
Error	11768,79	44	267,47		
Total	24403,92	47			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 12,18372

Error: 267,4725 gl: 44

Bloque	Medias	n	E.E.	
II	52,31	16	4,09	A
III	20,38	16	4,09	B
I	15,94	16	4,09	B

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 7,93264

Error: 267,4725 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Sin nitrógeno	30,38	24	3,34	A
Con nitrógeno	28,71	24	3,34	A

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

Anexo No. 17. Análisis de la varianza parte aérea *Festuca arundinacea*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Parte aérea festuca	12	0,34	0,09	36,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	681957,96	3	227319,32	1,37	0,3196
Bloque	56324,63	2	28162,31	0,17	0,8467
Tratamientos	625633,33	1	625633,33	3,77	0,0880
Error	1326391,79	8	165798,97		
Total	2008349,75	1			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 686,91348

Error: 165798,9740 gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.	
I	1211,75	4	203,59	A
III	1134,88	4	203,59	A
II	1044,13	4	203,59	A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 437,15726

Error: 165798,9740 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Con nitrógeno	1358,58	6	166,23	A
Sin nitrógeno	901,92	6	166,23	B

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

Anexo No. 18. Análisis de la varianza raíz *Festuca arundinacea*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Raíz festuca	12	0,57	0,41	34,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	531300,48	3	177100,16	3,53	0,0682
Bloque	62632,79	2	31316,40	0,62	0,5597
Tratamientos	468667,69	1	468667,69	9,35	0,0157
Error	401190,25	8	50148,78		
Total	932490,73	11			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 377,78204

Error: 50148,7813 gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.	
I	744,75	4	111,97	A
II	613,13	4	111,97	A
III	576,50	4	111,97	A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 240,42353

Error: 50148,7813 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Sin nitrógeno	447,17	6	91,42	A
Con nitrógeno	842,42	6	91,42	B

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

Anexo No. 19. Análisis de la varianza relación PA/PR *Festuca arundinacea*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Relación PA/PR festuca	12	0,61	0,47	13,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,78	3	0,26	4,21	0,0463
Bloque	0,16	2	0,08	1,26	0,3339
Tratamientos	0,63	1	0,63	0,09	0,0131
Error	0,50	8	0,06		
Total	1,28	11			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 0,42000

Error: 0,0620 gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.	
III	2,02	4	0,12	A
II	1,81	4	0,12	A
I	1,76	4	0,12	A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 0,26729

Error: 0,0620 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Sin nitrógeno	2,09	6	0,10	A
Con nitrógeno	1,63	6	0,10	B

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

Anexo No. 20. Análisis de la varianza MS total *Festuca arundinacea*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS total festuca	12	0,44	0,23	34,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2380707,81	3	793569,27	2,12	0,1764
Bloque	203421,79	2	101710,90	0,27	0,7692
Tratamientos	2177286,02	1	2177286,02	5,81	0,0425
Error	2999705,42	8	374963,18		
Total	5380413,23	11			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 1033,01215

Error: 374963,1771 gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.	
I	1956,50	4	306,17	A
III	1711,38	4	306,17	A
II	1657,25	4	306,17	A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 657,41723

Error: 374963,1771 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Con nitrógeno	2201,00	6	249,99	A
Sin nitrógeno	1349,08	6	249,99	B

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

Anexo No. 21. Análisis de la varianza parte aérea leguminosas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Parte aérea leguminosas	12	0,28	4,8E-03	48,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	430469,73	3	143489,91	1,02	0,4342
Bloque	311368,04	2	155684,02	1,10	0,3772
Tratamientos	119101,69	1	119101,69	0,84	0,3849
Error	1127916,50	8	140989,56		
Total	1558386,23	11			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 633,43871

Error: 140989,5625 gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.	
II	942,50	4	187,74	A
I	804,50	4	187,74	A
III	553,38	4	187,74	A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 403,12548

Error: 140989,5625 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Sin nitrógeno	866,42	6	153,29	A
Con nitrógeno	667,17	6	153,29	A

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

Anexo No. 22. Análisis de la varianza raíz leguminosas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Raíces leguminosas	12	0,32	0,06	63,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	227060,63	3	75686,88	1,24	0,3590
Bloque	225880,54	2	112940,27	1,84	0,2196
Tratamientos	1180,08	1	1180,08	0,02	0,8931
Error	490229,79	8	61278,72		
Total	717290,42	11			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 417,60527

Error: 61278,7240 gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.	
I	503,00	4	123,77	A
II	463,88	4	123,77	A
III	194,38	4	123,77	A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 265,76735

Error: 61278,7240 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Sin nitrógeno	397,00	6	101,06	A
Con nitrógeno	377,17	6	101,06	A

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

Anexo No. 23. Análisis de la varianza relación PA/PR leguminosas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Relación PA/PR leguminosas	12	0,51	0,32	24,78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,75	3	0,92	2,75	0,1125
Bloque	2,75	2	1,38	4,12	0,0589
Tratamientos	1,6E-03	1	1,6E-03	4,9E-03	0,9460
Error	2,67	8	0,33		
Total	5,43	11			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 0,97523

Error: 0,3342

gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.		
III	2,98	4	0,29	A	
II	2,19	4	0,29	A	B
I	1,83	4	0,29		B

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 0,62064

Error: 0,3342

gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Con nitrógeno	2,35	6	0,24	A
Sin nitrógeno	2,32	6	0,24	A

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

Anexo No. 24. Análisis de la varianza MS total leguminosas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS total leguminosas	12	0,28	0,01	53,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1153170,15	3	384390,05	1,02	0,4334
Bloque	1009177,63	2	504588,81	1,34	0,3151
Tratamientos	143992,52	1	143992,52	0,38	0,5537
Error	3015129,42	8	376891,18		
Total	4168299,56	11			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 1035,66453

Error: 376891,1771 gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.	
II	1406,38	4	306,96	A
I	1307,50	4	306,96	A
III	747,75	4	306,96	A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 659,10523

Error: 376891,1771 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Sin nitrógeno	1263,42	6	250,63	A
Con nitrógeno	1044,33	6	250,63	A

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

Anexo No. 25. Análisis de la varianza parte aérea malezas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Parte aérea malezas	12	0,24	0,00	54,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3173,06	3	1057,69	0,85	0,5035
Bloque	1408,88	2	704,44	0,57	0,5881
Tratamientos	1764,19	1	1764,19	1,42	0,2673
Error	9927,00	8	1240,88		
Total	13100,06	11			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 59,42581

Error: 1240,8750 gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.	
I	75,25	4	17,61	A
II	68,88	4	17,61	A
III	49,75	4	17,61	A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 37,81907

Error: 1240,8750 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Sin nitrógeno	76,75	6	14,38	A

Con nitrógeno 52,50 6 14,38 A

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

Anexo No. 26. Análisis de la varianza raíz malezas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Raíz malezas	12	0,33	0,08	74,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1314,31	3	438,10	1,32	0,3342
Bloque	1156,63	2	578,31	1,74	0,2358
Tratamientos	157,69	1	157,69	0,47	0,5104
Error	2658,25	8	332,28		
Total	3972,56	11			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 30,75134

Error: 332,2813 gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.	
I	32,00	4	9,11	A
II	31,13	4	9,11	A
III	10,75	4	9,11	A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 19,57040

Error: 332,2813 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Con nitrógeno	28,25	6	7,44	A
Sin nitrógeno	21,00	6	7,44	A

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

Anexo No. 27. Análisis de la varianza relación PA/PR malezas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Relación PA/PR malezas	12	0,50	0,31	59,63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	35,49	3	11,83	2,63	0,1215
Bloque	14,47	2	7,24	1,61	0,2581
Tratamientos	21,01	1	21,01	4,68	0,0624

Error	35,92	8	4,49
Total	71,40	11	

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 3,57452

Error: 4,4897

gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
III	5,05	4	1,06 A
II	3,16	4	1,06 A
I	2,45	4	1,06 A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 2,27486

Error: 4,4897

gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Sin nitrógeno	4,88	6	0,87 A
Con nitrógeno	2,23	6	0,87 B

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

Anexo No. 28. Análisis de la varianza MS total malezas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS total malezas	12	0,25	0,00	53,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5931,50	3	1977,17	0,88	0,4896
Bloque	5064,50	2	2532,25	1,13	0,3692
Tratamientos	867,00	1	867,00	0,39	0,5510
Error	17906,25	8	2238,28		
Total	23837,75	11			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 79,81205

Error: 2238,2813

gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
I	107,25	4	23,66 A
II	100,00	4	23,66 A
III	60,50	4	23,66 A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 50,79303

Error: 2238,2813 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Sin nitrógeno	97,75	6	19,31 A
Con nitrógeno	80,75	6	19,31 A

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

Anexo No. 29. Análisis de la varianza parte aérea espontáneas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Parte aérea espontáneas	12	0,46	0,26	43,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	232747,33	3	77582,44	2,26	0,1589
Bloque	166442,00	2	83221,00	2,42	0,1506
Tratamientos	66305,33	1	66305,33	1,93	0,2023
Error	274952,67	8	34369,08		
Total	507700,00	11			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 312,74840

Error: 34369,0833 gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
III	592,50	4	92,69 A
II	383,00	4	92,69 A
I	316,00	4	92,69 A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 199,03559

Error: 34369,0833 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Con nitrógeno	504,83	6	75,68 A
Sin nitrógeno	356,17	6	75,68 A

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

Anexo No. 30. Análisis de la varianza raíz espontáneas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Raíz espontáneas	12	0,65	0,52	54,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
------	----	----	----	---	---------

Modelo	503066,08	3	167688,69	5,03	0,0302
Bloque	330026,00	2	165013,00	4,95	0,0399
Tratamientos	173040,08	1	173040,08	5,19	0,0522
Error	266787,67	8	33348,46		
Total	769853,75	11			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 308,06971

Error: 33348,4583 gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
III	571,25	4	91,31 A
I	222,75	4	91,31 B
II	216,25	4	91,31 B

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 196,05804

Error: 33348,4583 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Con nitrógeno	456,83	6	74,55 A
Sin nitrógeno	216,67	6	74,55 B

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

Anexo No. 31. Análisis de la varianza relación PA/PR espontáneas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Relación PA/PR espontaneas	12	0,20	0,00	31,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,42	3	0,14	0,67	0,5931
Bloque	0,22	2	0,11	0,53	0,6085
Tratamientos	0,20	1	0,20	0,96	0,3566
Error	1,67	8	0,21		
Total	2,10	11			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 0,77164

Error: 0,2092 gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.
II	1,65	4	0,23 A
I	1,38	4	0,23 A
III	1,34	4	0,23 A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 0,49108

Error: 0,2092

gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Sin nitrógeno	1,58	6	0,19	A
Con nitrógeno	1,33	6	0,19	A

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

Anexo No. 32. Análisis de la varianza MS total espontáneas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS total espontaneas	12	0,63	0,50	41,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1404168,08	3	468056,03	4,62	0,0371
Bloque	950594,00	2	475297,00	4,69	0,0449
Tratamientos	453574,08	1	453574,08	4,48	0,0673
Error	810615,17	8	101326,90		
Total	2214783,25	11			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 536,99901

Error: 101326,8958

gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.	
III	1163,75	4	159,16	A
II	599,25	4	159,16	B
I	538,75	4	159,16	B

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 341,75049

Error: 101326,8958

gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Con nitrógeno	961,67	6	129,95	A
Sin nitrógeno	572,83	6	129,95	B

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

Anexo No. 33. Análisis de la varianza parte aérea total (MS)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

Parte aérea total (MS) 12 0,17 0,00 23,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	510641,56	3	170213,85	0,55	0,6639
Bloque	15930,54	2	7965,27	0,03	0,9748
Tratamientos	494711,02	1	494711,02	1,59	0,2429
Error	2489269,17	8	311158,65		
Total	2999910,73	11			

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 941,02694

Error: 311158,6458 gl: 8

Bloque	Medias	n	E.E.	
II	2369,63	4	278,91	A
I	2332,25	4	278,91	A
III	2280,75	4	278,91	A

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

Test: Tukey Alfa= 0,10 DMS= 598,87710

Error: 311158,6458 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Con nitrógeno	2530,58	6	227,73	A
Sin nitrógeno	2124,50	6	227,73	A

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

Anexo No. 34. Balance hídrico

Mes	PP (mm)*	ETP (mm)**	PP-ETP (mm)	BH (mm)***
Abril	176	60	196	80
Mayo	158	30	208	80
Junio	11	20	71	71
Julio	107	20	167	80
Agosto	105	40	145	80
Septiembre	95	80	95	80

*Precipitaciones mensuales **Evapotranspiración potencial *** Balance hídrico CAAD (capacidad de almacenaje de agua disponible) del suelo: 80 mm