

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE NITRÓGENO Y LEGUMINOSAS EN  
VERDEOS ANUALES INVERNALES EN EL ESTABLECIMIENTO Y  
PRODUCCIÓN INICIAL**

por

**María Jesús ARIN SCHEITLER**  
**Sofía DABEZIES ARTAGAVEYTIA**  
**Josefina GARESE PASTORINO**  
**María Elena MAILHOS ALGORTA**

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

**MONTEVIDEO**  
**URUGUAY**  
**2018**

Tesis aprobada por:

Director: -----  
Ing. Agr. (MSc.) Ramiro Zanoniani

-----  
Ing. Agr. (Dr.) Pablo Boggiano

-----  
Ing. Agr. (MSc.) David Silveira

Fecha: 17 de agosto de 2018

Autores: -----  
María Jesús Arin Scheitler

-----  
Sofía Dabezies Artagaveytia

-----  
Josefina Garese Pastorino

-----  
María Elena Mailhos Algorta

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar se agradece a los tutores Ing. Agr. Ramiro Zanoniani, Ing. Agr. Pablo Boggiano, que promovieron esta tesis. A Ing. Agr. Javier García por su colaboración práctica en la realización de esta tesis.

A los funcionarios de Laboratorio Vegetal, Patricia Choca y funcionarios de la biblioteca de E.E.M.A.C, a Sully Toledo y al personal de Biblioteca de la facultad de Montevideo por su gran apoyo con la revisión Bibliográfica.

A nuestras familias y amigos.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1 OBJETIVOS .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1 CONCEPTOS GENERALES DE IMPLANTACIÓN.....	3
2.2 FACTORES QUE AFECTAN LA IMPLANTACIÓN .....	7
2.2.1 <u>Factores de manejo</u> .....	7
2.2.1.1 Época de siembra .....	7
2.2.1.3 Siembra al voleo .....	11
2.2.2 <u>Factores climáticos</u> .....	13
2.2.2.1 Humedad .....	13
2.2.2.2 Temperatura .....	14
2.2.3 <u>Efecto de la mezcla</u> .....	15
2.2.4 <u>Fertilización</u> .....	18
2.2.4.1 Nitrógeno .....	19
2.2.4.2 Fósforo.....	21
2.3 CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES .....	22
2.3.1 <u><i>Lolium multiflorum</i></u> .....	22
2.3.2 <u><i>Trifolium resupinatum</i></u> .....	24
2.3.3 <u><i>Trifolium vesiculosum</i></u> .....	25
2.4 ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS.....	26
2.5 DATOS DE IMPLANTACIÓN EN URUGUAY .....	28
2.6 HIPÓTESIS DEL TRABAJO.....	30
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	31

3.1	CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES.....	31
3.1.1	<u>Localización y período experimental</u> .....	31
3.1.2	<u>Descripción del sitio experimental</u> .....	31
3.1.3	<u>Caracterización climática</u> .....	31
3.1.4	<u>Antecedentes del área experimental</u> .....	32
3.1.5	<u>Tratamientos</u> .....	33
3.1.6	<u>Diseño experimental</u> .....	33
3.2	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	34
3.2.1	<u>Porcentaje de germinación y semillas viables sembradas</u> .....	36
3.2.2	<u>Peso de mil semillas</u> .....	37
3.2.3	<u>Porcentaje de implantación</u> .....	37
3.2.4	<u>Grado de desarrollo de gramíneas y leguminosas</u> .....	38
3.2.5	<u>Relación parte aérea/raíz</u> .....	38
3.3	HIPÓTESIS BIOLÓGICA.....	38
3.4	HIPÓTESIS ESTADÍSTICA.....	39
3.5	MODELO ESTADÍSTICO.....	39
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	41
4.1	CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA.....	41
4.2	IMPLANTACIÓN.....	44
4.2.1	<u>Implantación de <i>Lolium multiflorum</i></u> .....	45
4.2.1.1	Evolución de la implantación.....	45
4.2.1.2	Efecto de la mezcla.....	46
4.2.1.3	Efecto de la fertilización nitrogenada.....	47
4.2.2	<u>Implantación de la leguminosa</u> .....	48
4.3	NÚMERO DE PLANTAS.....	50
4.3.1	<u>Raigrás</u> .....	50
4.3.2	<u>Leguminosas</u> .....	54
4.3.3	<u>Plantas totales</u> .....	56
4.4	NÚMERO MACOLLOS.....	57
4.4.1	<u>Efecto de la fertilización y alternativa forrajera en el macollaje</u> .....	58

4.5 NÚMERO HOJAS .....	61
4.5.1 <u>Número hojas de raigrás</u> .....	61
4.6 RELACIÓN PARTE AÉREA/RAÍZ.....	63
4.6.1 <u>Relación parte aérea/raíz en raigrás</u> .....	63
4.6.2. <u>Relación parte aérea/raíz en leguminosa</u> .....	64
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	65
6. <u>RESUMEN</u> .....	66
7. <u>SUMMARY</u> .....	67
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	68
9. <u>ANEXOS</u> .....	82

## LISTA CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Resultados de análisis de suelo del área experimental	32
2. Cronograma de actividades experimentales	35
3. Porcentaje de germinación, peso de mil semillas, densidad de siembra y semillas viables según alternativa forrajera...	37
4. Efecto de la mezcla en la implantación promedio de raigrás	47
5. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la implantación de raigrás a los 78 dps.....	48
6. Porcentaje de implantación promedio de las especies <i>Trifolium</i> sembradas ( <i>T. resupinatum</i> y <i>T. vesiculosum</i> ) según nivel de fertilización.....	49
7. Porcentaje de implantación de leguminosas según días postsiembra.....	49
8. Número de plantas de raigrás/m <sup>2</sup> según nivel fertilización a través del tiempo.....	52
9. Número de plantas de leguminosas/m <sup>2</sup> a través del tiempo	54
10. Número de plantas promedio de leguminosas según nivel de fertilización.....	55
11. Número de hojas de raigrás según días postsiembra	61
12. Número de hojas por planta según los días postsiembra	62
13. Biomasa aérea y radicular de raigrás y su relación según tratamientos.....	63

## Figura No.

1. Croquis del área experimental	34
2. Precipitaciones acumuladas para serie histórica (S. H.) 1961-1990 y en año en estudio (2017) en Paysandú....	41
3. Temperaturas máxima, mínima y promedio históricas nacionales y para el año del ensayo.....	43
4. Evolución de la implantación total promedio de los cuatro tratamientos según días postsiembra.....	44
5. Evolución de la implantación del raigrás	45
6. Número de plantas de raigrás por m <sup>2</sup> a través del tiempo	51
7. Número de plantas de raigrás/m <sup>2</sup> según alternativa forrajera a través del tiempo.....	53
8. Número de plantas totales a través del tiempo según tratamiento	56
9. Macollos/planta y macollos/m <sup>2</sup> a través del tiempo	57
10. Evolución del número de macollos por planta y por m <sup>2</sup> según nivel de fertilización.....	59

## 1. INTRODUCCIÓN

La ganadería es una de las principales actividades agropecuarias en Uruguay, la misma ocupa el 40 % de la superficie (MGAP. DIEA, 2017) y representa una importante contribución al PBI. La producción de forraje en el país para esta actividad se basa en diferentes alternativas, desde las más extensivas tales como pasturas naturales y pasturas naturales con mejoramientos, hasta las más intensivas como pasturas implantadas o verdeos. En las pasturas implantadas existen tres variantes: mezclas forrajeras, gramíneas con nitrógeno y leguminosas puras (Santiñaque y Carámbula, 1981).

En los últimos años se dio una intensificación de los cultivos de verano en la agricultura, sustituyendo los cultivos de invierno por verdeos o puentes verdes con el objetivo de realizar cultivos de primera.

Las pasturas cultivadas permiten la intensificación de la ganadería gracias a su alta calidad, gran producción, y la posibilidad de equilibrar la oferta forrajera a lo largo del año. Las mismas han aumentado en superficie en los últimos años como complemento del campo natural que presenta restricciones tales como baja calidad y la estacionalidad de su producción.

El lento crecimiento otoñal y las bajas temperaturas invernales determinan una escasez de forraje tanto en campo natural como en las praderas convencionales por lo que los verdeos son una buena opción para apaliar esta deficiencia (Zanoniani y Noëll, 1997).

Además, incluyendo una leguminosa anual en estos verdeos, se agrega proteína a la dieta del rumiante aumentando la digestibilidad de la misma permitiendo aumentar el consumo y finalmente la producción. A su vez, se aporta nitrógeno al suelo mediante fijación biológica el cual podrá ser aprovechado por el cultivo siguiente luego que se dé la mineralización de los nódulos generados.

### 1.1 OBJETIVOS

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de leguminosas anuales (*Trifolium resupinatum* y *Trifolium vesiculosum*) a un verdeo de gramíneas puras (*Lolium multiflorum*) y al mismo tiempo relevar el efecto de la fertilización nitrogenada en los distintos tratamientos. Estos factores estudiados en el período de implantación, son determinantes de la futura producción y persistencia productiva de la pastura.

Como objetivo específico se encuentra el de evaluar la evolución de la composición botánica durante la implantación, así como también la evaluación de la relación parte aérea/raíz en base seca (BS).

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CONCEPTOS GENERALES DE IMPLANTACIÓN

Tal como lo enuncian Bazzigalupi et al. (2007), el éxito del proceso de implantación se logra a partir de una rápida, uniforme y completa germinación de las semillas y del crecimiento de las plántulas.

Durante las primeras etapas de vida de la pradera se encuentra la implantación la cual se limita a los 70-90 días luego de la siembra. Ésta es el resultado entre el porcentaje de germinación y mortandad de plántulas del período. Dicho valor indica la habilidad de cada especie o cultivar para contribuir a la composición de la pastura (Carámbula, 2002a).

Por otro lado, una pastura que ha sido sembrada exitosamente sin dificultades, puede no completar la fase de establecimiento si el manejo inicial es insatisfactorio. Tal como lo publican Silverstone y Dickie, citados por Carámbula (2002b), se pueden perder hasta un 90 % de las plántulas si las condiciones son adversas. Es por eso que no basta únicamente con sembrar de forma correcta la pastura, sino que hay que tener presente distintos aspectos previos y posteriores para que la misma prospere, se implante y persista a través del tiempo.

En este sentido, una correcta implantación, y por lo tanto una rápida cobertura del suelo, tendrá como consecuencia una buena producción de primer año. Es por esto que es importante lograr conseguirlo ya que en los casos de pasturas bianuales ésta representa la mitad de su producción (Frame et al., citados por Barletta et al., 2013). No obstante, los factores de estrés que limitan la implantación necesariamente afecten a la producción futura, ya que existe cierto grado de crecimiento compensatorio, que se da por una mayor disponibilidad de recursos por planta, resultando en un mayor crecimiento individual. Por lo tanto se pueden obtener producciones por hectárea iguales a las situaciones en las que se da una correcta implantación (Formoso, 2005).

Es importante contar con que las plántulas de las especies forrajeras son muy pequeñas y débiles, por lo que requieren varios meses para estar preparadas para soportar las distintas condiciones climáticas así como también la presión de los pastoreos iniciales. Las especies anuales y de mayor tamaño de semilla, presentan porcentajes de implantación más altos que las praderas convencionales ya que éstas tienen lento establecimiento (Carámbula, 2002a).

El porcentaje de establecimiento o implantación hace referencia al número de plantas que se establecen y se expresa como porcentaje de semillas viables sembradas (Carámbula, 2002b). El mismo está relacionado con la

densidad de siembra, determinante para lograr el número de plantas objetivo. Esto significa que a mejor porcentaje de implantación, menor será la cantidad de semillas a sembrar. A su vez, una buena implantación asegura menos suelo descubierto lo que reduce la interferencia de malezas. Esto permite una mayor producción total de la pastura y determina la composición final de la pradera. Como resultado de lo mencionado anteriormente, una buena implantación permite disminuir los costos por hectárea a través de una mayor eficiencia (Brito del Pino et al., 2008).

En relación a esto último, Formoso (2006) define una siembra como buena cuando la diferencia entre la cantidad de plantas objetivo y las emergidas es mínima, siendo la emergencia lo más rápida posible y con una distribución uniforme.

Son tres las etapas en las cuales se enmarcan probablemente los procesos más difíciles en la vida de una forrajera: germinación, emergencia y establecimiento (Carámbula, 2002b).

Según Moliterno (2000), las características propias de cada familia y especie, sumado a la incidencia ambiental a través de estímulos dados por temperatura y humedad principalmente, son los factores de mayor relevancia en los procesos de germinación y emergencia.

La germinación por su parte varía según la especie, donde en gramíneas se produce el crecimiento del germen, la ruptura de la semilla y la aparición de la radícula, mientras que en leguminosas solamente ocurre la aparición de la radícula (Carámbula, 2002b).

Según García Breijo (2011), son tres fases las que se pueden distinguir en el proceso de germinación: hidratación, germinación propiamente dicha y crecimiento. La primera fase se caracteriza por una intensa absorción de agua por parte de los distintos tejidos que forman la semilla. Esto lo realiza tanto en forma líquida como gaseosa, factor que se maneja mediante la profundidad de siembra, siendo importante garantizar el suministro continuo de agua a la semilla el cual será más seguro a partir de la fase líquida (Formoso, 2007). En la etapa siguiente ocurren las transformaciones metabólicas para el correcto desarrollo de la plántula donde se deja de absorber agua. Finalmente, durante el crecimiento se produce la emergencia de la radícula, involucrando movilización de reservas y aumento en la absorción de agua (García Breijo, 2011).

Sumado a lo anterior, se debe contar con una continua disponibilidad de agua ya que una vez desencadenados los procesos de germinación, el embrión muere si los mismos se interrumpen resultando en menores porcentajes de implantación (Formoso, 2007). Complementariamente, Carámbula (2002b) presenta un trabajo en el que establece que la falta de humedad del suelo al

momento de la siembra reduce significativamente las posibilidades de alcanzar una correcta implantación.

Blaser et al., citados por Santiñaque (1979) expresan que las plántulas que germinan primero tendrán ventaja sobre aquellas que demoren más, influyendo entonces el tiempo de germinación, ya que en esta etapa se produce una competencia por la supervivencia.

La emergencia se completa con la aparición de la plántula sobre la superficie del suelo (Carámbula, 2002b). Ya que la plántula está expuesta a infinidad de factores desfavorables, la velocidad de este proceso es importante debido a que en esta etapa no fotosintética el crecimiento de la misma depende exclusivamente de las reservas de la semilla. En gramíneas, la velocidad con que las plántulas logran emerger y crecer en las primeras etapas de desarrollo depende del grado de utilización de sus reservas endoespermáticas. Según el estudio realizado por Brock et al., citados por Carámbula (2002b), luego de 10 días de emergencia el raigrás utilizó 47 % de las reservas seminales, mientras la festuca utilizó 14 % solamente.

Se ha sugerido que el grado de exposición de las semillas a la atmósfera juega un papel importante en determinar si germinarán o no. Si se siembra una semilla en la superficie de un sustrato que suministra agua, solamente germina si la misma absorbe el agua de ese sustrato más rápidamente de lo que la pierde en la atmósfera. La semilla debe hacer un buen contacto con el agua disponible, la tensión en el agua debe ser relativamente baja, o la atmósfera circundante debe estar húmeda (Harper y Benton, 1966). Además se deberá maximizar el contacto semilla-suelo para que en condiciones de humedad se dé una rápida germinación y un inmediato establecimiento de las plántulas (Bayce, citado por Fariña y Saravia, 2010).

Finalmente, el establecimiento, definido por Carámbula (2002b) como el número de plántulas saludables que se establecen en la pastura, es afectado tanto por la especie y cultivar, como por la disponibilidad de nutrientes y profundidad de siembra (Cullen, 1966). Sumado a esto, Bayce et al. (1984) anuncian que el fracaso de la penetración de la radícula en el suelo puede limitar el establecimiento. Este proceso podría mejorarse asegurando que la semilla haga contacto adecuado con un suelo de alto contenido de agua y se minimice la pérdida de agua a la atmósfera circundante (Harper y Benton, 1966). Estos autores plantean que el éxito de la siembra en lograr un alto número de plantas establecidas es reflejo de la probabilidad de que la semilla sea colocada en un "sitio seguro", donde se brinden los resultados necesarios para romper la dormancia, que tengan lugar los procesos de germinación y que cuente con la protección contra algunos predadores. El efecto del entierro es al menos doble: la semilla está protegida contra la pérdida de agua a la atmósfera y gana una mayor área de contacto con el sustrato.

A su vez, así como lo publica Langer (1981), el éxito del establecimiento de una pastura requiere manejar algunos conceptos diferentes de los que refieren a los cultivos agrícolas; sino los errores cometidos durante el primer año afectarán la producción y persistencia de la pastura.

La velocidad con la que ocurre el establecimiento depende entre otros factores del vigor de la semilla cuyas plántulas podrán sobrevivir con menos riesgos si poseen la habilidad para emerger rápidamente (Carámbula, 2002b). Esas semillas que logran entonces germinar antes, son de especies de mayor vigor ya sea por su mayor peso o su capacidad para movilizar más rápido las reservas del endoesperma hacia los puntos de crecimiento (Askin, 1990). Con respecto al tamaño o peso de semilla, Stanton (1984) demostró que el crecimiento de las plántulas es directamente proporcional al peso de las semillas. En ese sentido el raigrás anual presenta mayor habilidad para establecerse que las leguminosas (Moliterno, 2000).

El mayor vigor por las cuales se caracterizan ciertas especies las hace más competitivas en relación a las que tardan más (Blaser et al., citados por Santiñaque, 1979). Mc William et al. (1970) plantean que son las leguminosas las que se caracterizan por presentar más rápida germinación explicado porque embeben agua con mayor velocidad, logrando un contenido inicial mayor de agua para germinar y por lo tanto mayor tamaño de embrión.

Una vez finalizada la germinación la plántula pasa por tres etapas de desarrollo: heterótrofa, transicional y autótrofa (Whalley et al., citados por La Paz et al., 1994). No obstante, Qualls y Cooper, citados por Bologna y Hill (1992) enuncian que la germinación se encuentra en la fase heterótrofa, no dependiendo totalmente de las condiciones ambientales dado que el embrión depende de la transferencia de reservas para su crecimiento.

En la segunda etapa la plántula comienza a fotosintetizar al mismo tiempo que continúa utilizando las reservas aún disponibles. Una vez agotadas las reservas seminales se da por terminada la etapa transicional, siendo ésta la etapa más crítica del establecimiento.

Carámbula (2002b) afirma que durante las primeras etapas el crecimiento de las gramíneas es más lento que el de las leguminosas. Esto se revierte en las etapas posteriores en las que la gramínea tiene mayor tasa de crecimiento explicada por un mayor macollaje y producción de hojas.

Para que las tres fases implantación se cumplan con eficiencia se deben considerar algunos factores tales como: preparación del suelo (humedad, aireación, fertilidad, microorganismos, malezas), semillas (debe ser de la especie o cultivar que se desee, se deben conocer impurezas y su poder germinativo), nutrientes, inoculantes, época, densidad, método y profundidad de siembra (Carámbula, 1977).

## 2.2 FACTORES QUE AFECTAN LA IMPLANTACIÓN

### 2.2.1 Factores de manejo

#### 2.2.1.1 Época de siembra

La época de siembra es el factor de mayor importancia para lograr una buena producción y utilización de forraje en plantas forrajeras debido a su dependencia de los factores climáticos y de la variación de estos según la época (Zanoniani y Noëll, 1997). Tal es así que Colabelli et al. (1995) indican que uno de los principales objetivos de determinar la misma es lograr un correcto suministro de agua a la semilla y una adecuada temperatura para la germinación.

Este período se limita a momentos en los que la humedad y temperatura son suficientemente altas como para permitir una rápida germinación y establecimiento, y así lograr una mejor sobrevivencia (Langer, 1981). Sumado a esto, Pérez et al. (2010) explican que la fecha de siembra impacta en la incidencia de enfermedades de implantación, indicando que con temperaturas mayores a 12 °C y evitando el exceso hídrico (condiciones que se dan en los meses de marzo-abril), se logra escapar a las mismas.

El otoño y primavera son los períodos de siembra más comunes. En las siembras muy tempranas de primavera (agosto) pueden ocurrir daños por heladas, mientras que en las siembras tardías de primavera existe mayor riesgo de déficit hídrico que puede impedir la germinación (Langer 1981, Askin 1990, Ball et al. 1991). Las plántulas germinadas en esta última logran un buen desarrollo de la parte aérea debido a las buenas condiciones de temperatura, mientras que las raíces no logran una buena exploración del suelo. Esto genera alto riesgo de muerte de plantas si se presenta una sequía estival posterior (Romero, 2001). Formoso (2006) indica que las siembras tardías de primavera y las tempranas de otoño serían incorrectas ya que generalmente coinciden con los períodos de temperaturas más elevadas.

En Uruguay el otoño es la mejor época para la siembra. Existen dos momentos para sembrar, una es temprano en seco y la otra es después de la lluvia. Sin embargo, no debe ser muy temprano ya que son los momentos en que se dan mayores temperaturas (Formoso, 2006) y por lo tanto las plántulas pueden correr riesgo por sequías o golpes de sol. Sumado a esto, se reduce el tiempo de control de malezas. Por otro lado, este período se alarga en las siembras tardías y la acumulación de agua en el suelo es mayor. De todas formas, no debe ser muy tardío ya que esto provoca que el periodo de

implantación sea muy corto y las plantas no se arraiguen bien en la estación invernal (Muslera y Ratera, 1984). En este período disminuye la temperatura del suelo y por lo tanto son las especies con menor vigor las que se verán más perjudicadas (Perrachón, 2013).

Las siembras tempranas presentan una mejor implantación y una mayor precocidad debido a que promueven una población elevada de plantas y de mayor vigor (Carámbula, 2002b). Además se logra adelantar la utilización del verdeo y se aumenta el período de aprovechamiento total de la pastura dadas las condiciones favorables durante la implantación como en las siguientes etapas de desarrollo (Muslera y Ratera, 1984). Asimismo, este adelanto de costo cero, mejora la persistencia de la pastura ya que es probable que ésta llegue en mejores condiciones al primer verano (Cámara de Semilleros de la Bolsa de Cereales, 2010). Becker (s.f.) indica que las siembras realizadas en el otoño tienen menor incidencia de malezas y plagas que las de primavera, evitando así el uso de herbicidas e insecticidas lo que redundaría en menores costos. Esto muestra una ventaja comparativa frente a las siembras tardías.

Contrariamente, las siembras tardías presentan una menor implantación y precocidad ya que promueven una inferior población de plántulas y más débiles. Las mismas tras las primeras lluvias, permiten un mayor período para combatir las malezas y acumular agua, teniendo como inconveniente la llegada de las bajas temperaturas (Muslera y Ratera, 1984). A su vez, siembras tardías aumentan la ocurrencia de “damping off” (Pérez et al., 2010).

Según Romero (2001), es altamente probable que hasta mediados de marzo, el perfil esté en condiciones deficitarias de agua. A partir de esa fecha, el balance hídrico se hace positivo es decir, se incrementa el agua almacenada. Por otra parte, en mayo la saturación de agua en el suelo puede causar el impedimento de la realización de labores.

Se puede concluir que las fechas más propicias para tener una exitosa implantación es entre mediados de marzo y mediados de abril permitiendo un rápido desarrollo de las plántulas de leguminosas, tanto de la parte aérea como radicular, lo que lleva a desarrollar una buena nodulación y acumular reservas a nivel de las raíces (Rebuffo 2000, Romero 2009). Muslera y Ratera (1984) también sostienen que sembrando a mediados de marzo se adelanta el aprovechamiento de la pastura. Las mismas entregarán forraje a fin de otoño o invierno, momento de máximo déficit de forraje (Zanoniani et al. 2003, Zanoniani 2010).

Tal como señala Carámbula (2002b), tanto para siembras tempranas como para siembras tardías, se debe tener en cuenta los efectos residuales de los herbicidas para poder sembrar sin inconvenientes. Este lapso es menor cuando se registran altas temperaturas y lluvias intensas.

Las condiciones de siembra ideales se encuentran entonces, en cortos períodos ya que la humedad, temperatura y la interacción entre ambas variables son factores climáticos fundamentales que condicionan la misma (Carámbula, 2002b).

#### 2.2.1.2 Preparación de la sementera

Para obtener una correcta preparación de la sementera se deben eliminar las malezas, ofrecer condiciones óptimas para las tres fases de desarrollo, y brindar un ambiente con adecuada temperatura, humedad y disponibilidad de nutrientes para promover un correcto desarrollo de las plantas junto con un equilibrio en la composición botánica (Carámbula, 1985). Si se logra lo anterior, se promueve un buen contacto entre la semilla y el suelo, de modo que la germinación es más rápida y uniforme (Langer, 1981).

Según Formoso (2000), es fundamental para procurar el éxito del establecimiento y por tanto el futuro desarrollo de la pastura, colocar la semilla en un ambiente adecuado. La definición de este ambiente alberga factores bióticos como plagas, enfermedades, malezas y abióticos como temperatura, humedad, composición química del suelo (acidez, nutrientes), relación C/N del rastrojo presente asociado a la secuencia de cultivos, período de barbecho y el grado de compactación del suelo. La importancia de lo mencionado anteriormente radica en que las semillas forrajeras agotan sus reservas rápidamente, volviéndose dependientes del ambiente.

Para conseguir un suelo con condiciones aptas para una exitosa implantación es fundamental el tiempo de barbecho. El mismo tiene como objetivo la descomposición de raíces favoreciendo la formación de macroporos y disminuyendo la fijación del nitrógeno disponible por parte de los microorganismos. Para esto es necesario que el período de barbecho limpio supere los 40 días (Grahan, 2007).

En este sentido, Ernst y Siri-Prieto (2008) expresan que si el tiempo de barbecho no es respetado debidamente la implantación podría fallar, generando un menor crecimiento inicial y falta de nitrógeno. A su vez el tiempo de barbecho es determinante en la humedad y cantidad de nitrógeno a la siembra.

Durante este tiempo se producirán procesos de expansión y contracción del suelo como consecuencia de la acumulación de agua en el perfil, ayudando significativamente a eliminar situaciones de compactación superficial (Grahan, 2007).

Otra forma de recargar el perfil del suelo es el uso del laboreo el cual incrementa la permeabilidad y porosidad. Es necesario llegar a la siembra con

una estructura de suelo que permita el intercambio gaseoso y una humedad adecuada para de esta manera favorecer el contacto semilla suelo (Sedgley, citado por Carámbula, 2002b).

Las propiedades estructurales del suelo modifican el balance hídrico y alteran el desarrollo radical y por ende influyen en el crecimiento vegetal (Ellies y Ramírez, 1994). La proporción de los componentes del sustrato influyen sobre las propiedades físicas del suelo como textura, estructura, color, densidad, aireación, temperatura, y resistencia. La disponibilidad de agua, oxígeno, temperatura y resistencia mecánica al crecimiento radicular de las plantas, se ven afectadas directamente por las propiedades físicas mencionadas anteriormente (Letey, citado por Durán y García Préchac, 2007).

Según Durán y García Préchac (2007), las propiedades físicas del suelo están a su vez determinadas por factores externos ajenos al manejo tales como lluvia y radiación. Estos se rigen por características propias del suelo, ubicación geográfica y su posición en el paisaje. Sin embargo existen otros factores como cobertura, rugosidad de la superficie y estructura del suelo que son afectadas por el uso y manejo del mismo.

Baethgen (1992) sostiene que la inclusión de leguminosas en rotación cultivo pasturas, además de la fijación de nitrógeno al sistema contribuye a mejorar las propiedades físicas del suelo, permitiendo una mejor exploración radicular y por lo tanto un mejor aprovechamiento del agua y nutrientes.

El laboreo puede provocar pérdida de estructura en el mediano plazo (García Préchac, 1997). No obstante, Formoso (2007) indica que la ausencia de laboreo (siembra directa) aumenta la compactación del primer horizonte.

La compactación del suelo puede afectar la germinación y emergencia. El riesgo de una emergencia incompleta causada por aireación insuficiente es aumentado en un suelo compactado, sembrado húmedo (Boone y Veen, 1994). En este sentido, Carámbula (2002b) expresa que evitando la compactación superficial, se logra una mejor respiración de las raíces ubicadas en los horizontes superiores y por lo tanto se logra un aumento de la actividad de microorganismos. Incrementar la población de microorganismos y la redistribución de nutrientes son dos funciones muy importantes en la preparación del suelo para una correcta implantación (Baethgen, 1992).

En cuanto a las propiedades químicas del suelo, la acidez de suelo posee un efecto negativo sobre los microorganismos responsables de la transformación de elementos esenciales como nitrógeno, fósforo, azufre. Se puede decir entonces que existe un efecto indirecto sobre la disponibilidad de nutrientes. La acidez tiene un efecto indirecto negativo sobre la simbiosis leguminosas rizobium (Scoot, citado por Carámbula, 2002b).

Las propiedades biológicas están constituidas por la microfauna del suelo, integrada por lombrices, hongos, bacterias, insectos y nematodos. Su función es acelerar la descomposición y mineralización de la materia orgánica mejorando las condiciones del suelo. También actúan como enemigos naturales frente a ataques de poblaciones que afectan a las plantas (Brito del Pino et al., 2008). La diversidad de especies disminuye cuando se realiza laboreo (Castiglioni, 2001).

#### 2.2.1.3 Siembra al voleo

El método y la densidad de siembra, entre otros factores de manejo, son de gran importancia ya que afectan directamente el costo de la pastura y son manejables por los productores (Díaz y Moor, 1980).

Uno de los métodos de siembra más utilizados en Uruguay es la siembra al voleo. Puede ser utilizada en los casos que el suelo mantiene la humedad en superficie, tal como sucede en otoño en el país. Se realiza con relativa facilidad y sin mayores necesidades de mecanización, cubre mejor y más rápidamente el suelo que la siembra en hileras. En ocasiones las precipitaciones y el viento en el momento de la siembra pueden provocar distribuciones des uniformes de la siembra.

Sin embargo la profundidad no es precisa y en condiciones de seca genera una emergencia lenta y desigual. Es un sistema poco eficiente y requiere mayores densidades de siembra ya que no se logra fácilmente colocar las semillas a una profundidad uniforme (Rebuffo, 2000). Según Serrao y Dias Filho (1988), existen riesgos de arrastre de semillas por agua de escorrentía, por ataque de hormigas y por desecación de la superficie del suelo cuando se presentan altas temperaturas postsiembra.

En general las siembras de leguminosas forrajeras al voleo presentan mejores resultados que las gramíneas, explicados por el pequeño tamaño de semilla que deben ser sembrados a menos de 1 cm de profundidad (Langer, 1981).

#### 2.2.1.4 Siembra en línea

La siembra en línea hace un uso más eficiente del agua del suelo (Hart, citado por Carámbula, 2002b). Según Serrao y Dias Filho (1988), una de las principales ventajas de la siembra en línea es poder ubicar a distancias cercanas la semilla y el fertilizante, aumentando la eficiencia de ambos

insumos, culminando con menores gastos de implantación y mayor aprovechamiento de nutrientes por parte del vegetal. Este método de siembra permite ubicar la semilla a una profundidad uniforme y mejora el contacto de la semilla con el suelo húmedo (Rebuffo, 2000).

Como desventaja, la distancia entre hileras genera una pobre cobertura inicial facilitando la aparición de malezas en esta primera etapa. A su vez, el amontonamiento de semillas en la línea puede traer un rápido establecimiento de las especies de crecimiento vigoroso sombreando a las de crecimiento más lento (White, citado por Carámbula, 2002b).

La distribución de la siembra también es un factor a tener en cuenta ya que genera diferentes efectos sobre la implantación de las especies. Para el caso de las mezclas de gramíneas y leguminosas existen distintas alternativas. Por un lado se las puede sembrar ambas en la misma línea lo que permite un mejor balance en el bocado de los animales en pastoreo y una disminución en la probabilidad de aparición de espacios libres por pérdida de especies, pero aumenta la competencia entre las mismas.

Otra alternativa es sembrar las especies en surcos alternos lo que disminuye la competencia entre éstas, pero aumenta la probabilidad de aparición de espacios libres. La siembra cruzada permite una mejor distribución espacial de las especie acelerando la cobertura del suelo lo que hace que la competencia por los recursos sea más uniforme debido a una mayor exploración y mejora la distribución del fertilizante. Sin embargo esta alternativa implica una segunda pasada con la sembradora lo que aumenta tanto los costos como los tiempos operativos (INASE, 2009).

Según Pozzolo (2006) se pueden configurar cuatro formas diferentes de realizar la siembra según la ubicación de las especies: gramíneas y leguminosas mezcladas (misma bajada al abresurco teniendo como principal inconveniente la imposibilidad de regular la profundidad ideal para cada especie), gramíneas en el surco y leguminosas al voleo (realizándose el tapado de la leguminosa mediante alguna rastra liviana), leguminosas y gramíneas en surcos diferentes (siendo posible regular en forma independiente los abresurcos), doble siembra de gramíneas y leguminosas (dos pasadas de sembradora donde realiza la siembra de las gramíneas primero para luego sembrar las leguminosas al sesgo lo que permite controlar la densidad de siembra aunque el costo de la misma aumente).

## 2.2.2 Factores climáticos

### 2.2.2.1 Humedad

La humedad de agua en el suelo es uno de los principales factores para lograr una buena implantación y un posterior suministro continuo. La semilla debe lograr embeberse, germinar e introducir la radícula en el suelo (Risso, 1991). Para ello se debe contar con un correcto contacto semilla-suelo y una profundidad de siembra próxima al frente de humedad, además de un adecuada disponibilidad hídrica (Formoso, 2006). Esto determinará además el posterior desarrollo y redimiendo del cultivo (Unger, citado por Damboriarena y Stinger, 2008).

Las precipitaciones son entonces unas de las condiciones ambientales más importantes, principalmente la cantidad y distribución de las mismas luego de la siembra (Carámbula, 2002b). La disponibilidad de agua además condicionará en gran medida la elección de especies a cultivar, lo cual está relacionado con el tipo de suelo (textura y profundidad, Carámbula, 2002a). Es importante que la conductancia del mismo sea alta para que la semilla pueda acceder al agua con mayor facilidad (Collins-George y Sands, Williams y Shaykewic, Hadas y Russo, citados por Benjamín, 1990).

El estrés hídrico es el factor que causa mayores pérdidas tanto por problemas en la germinación como en la posterior supervivencia de las plantas (Campbell y Swain, 1973b). La falta de humedad impide la germinación de la semilla, sin embargo un exceso de agua puede promover la muerte de las semillas debido a la falta de oxígeno (Benjamin 1990, Carámbula 2002b). En casos de limitados niveles de humedad el extremo de la radícula muere lo que provoca que aunque esta siga creciendo no logrará penetrar el suelo (Campbell y Swain, 1973a). Por otro lado, tal como lo expresan Escobar y Restrepo (2007), el exceso de agua o inundación resulta en anoxia de las raíces de plántulas ya germinadas, lo cual afecta el desarrollo del resto de la planta. Los efectos negativos del exceso de agua en el crecimiento de pastos aumentan con la profundidad y duración de la inundación.

Las semillas en el suelo, sólo pueden absorber agua por aquella fracción que está en directo contacto con el mismo, mientras el resto de su superficie pierde humedad hacia el medio, por lo que las semillas grandes tendrían una mayor área de exposición y pérdida de agua estando en desventaja relativa frente a aquellas más chicas (Harper y Benton, 1966). Campbell y Swain (1973b), afirman que en invierno la germinación en suelo desnudo es superior a la de las siembras en verano ya que se da menor

pérdida de agua desde la semilla y el suelo, siendo necesaria una cobertura en verano para lograr reducir las pérdidas de humedad.

En cuanto a las especies, por lo general las gramíneas requieren mayores niveles de humedad que las leguminosas ya que la imbibición por parte de la semilla de las últimas es más rápida (Mc William et al., 1970). Sin embargo, estas altas velocidades de absorción están relacionadas con altas velocidades de deshidratación, con sus respectivas desventajas. El proceso de nodulación en esta especie se ve afectado en casos de limitada humedad debido a la muerte de rizobios (Carámbula, 2002b).

También se presentan diferencias dentro de cada familia. A modo de ejemplo el raigrás requiere menor disponibilidad de humedad en comparación con la festuca ya que logra germinar a niveles de humedad cerca del punto de marchitez permanente no siendo así para el caso de la festuca (Mc William et al., 1970). En cuanto a las leguminosas, los tréboles requieren niveles mayores de humedad que lotus y alfalfa (Carámbula, 1977). Luego de germinadas esta última es capaz de continuar creciendo en condiciones de sequía ya que logra alcanzar agua almacenada a mayor profundidad debido a su sistema radicular, a diferencia de trébol rojo y lotus que extraen agua a menor profundidad (Formoso, 2000).

#### 2.2.2.2 Temperatura

La temperatura es otro de los factores decisivos durante el período de germinación y primeras etapas del desarrollo. Afecta las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren dentro de la semilla luego de la rehidratación, existiendo una temperatura máxima, mínima y óptima para ello. Se define como la óptima a la temperatura a la cual se consigue el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo (Pérez García y Martínez-Laborde, 1994). Se debe tener en cuenta igualmente que tanto la temperatura como la humedad no actúan independientemente. La suma térmica requerida para la emergencia de un 50 % de las plántulas aumenta linealmente por encima de un valor umbral cuando el potencial de agua en el suelo es mayor (Thenhouvri, citado por Benjamín, 1990).

La temperatura va a estar fuertemente asociada a la fecha de siembra, ya que varía según las estaciones. Siembras de abril serían las más recomendadas con valores de temperatura en suelo de unos 15 °C (Carámbula 1977, Castaño y Bagliardi 2013, Perrachón 2013). Un atraso en la época de siembra determina un menor crecimiento de la pastura por las menores temperaturas, por lo que se demora la entrada de animales a pastorear

(Zanoniani y Noëll, 1997). Las siembras otoñales deberían finalizarse antes del comienzo de las heladas invernales de modo de obtener un buen establecimiento y crecimiento (Langer, 1981). Por otro lado, si durante el establecimiento se mantienen temperaturas muy altas durante cuatro días consecutivos se produce un calentamiento foliar excesivo que causa la muerte de un alto porcentaje de plantas (Formoso, 2007).

Cada especie presenta temperaturas óptimas de germinación, no obstante la mayoría aceptan rangos de temperatura variables. Las gramíneas anuales invernales, y los tréboles se encuentran capaces de germinar a temperaturas más bajas que gramíneas perennes y leguminosas de ciclo estival. Con valores de 15 °C de día y 10 °C de noche, la alfalfa, el trébol rojo y el lotus demoran 24, 36 y 45 horas respectivamente en germinar. En cambio, bajo un régimen de temperatura de 12 °C de día y 6 °C de noche, estas cifras pasan a 73 horas en alfalfa, 110 horas en trébol rojo, 112 horas en trébol blanco y 234 horas en lotus (Carámbula, 2002a).

### 2.2.3 Efecto de la mezcla

Las pasturas de una misma especie son más fáciles de manejar que las pasturas mezclas, pudiendo ser utilizadas para hacer reservas o para pastoreo. Asimismo, el control de malezas es más simple ya que existen más herbicidas para pasturas monoespecíficas que para mezclas. En estas últimas, además, puede ser difícil conocer el momento justo de cosecha del forraje debido a que las especies pueden tener distintos estado de madurez (Hall y Vough, 2007).

Según Willemin, citado por Soto (1996), la elección de una mezcla sobre un cultivo puro se justifica si la cantidad de forraje producido es mayor o similar al de los componentes puros y si se obtiene con una fertilización nitrogenada menor que las aplicadas a las gramíneas puras.

Si bien la pastura mixta produce menos forraje que una gramínea en cultivo puro con alta disponibilidad de nitrógeno, se debe recordar que el objetivo final es el producto animal. Siguiendo esta línea se ha demostrado en varias oportunidades que la relación entre materia seca y producto animal no es necesariamente directa. A su vez, la utilización de gramíneas solas con alta dosis de nitrógeno pueden limitar el valor nutritivo de la pastura, ocasionando problemas de apetecibilidad y consumo (Carámbula, 1977). Tal es así, que Minson y Milford (1967) estudiaron que con la incorporación de un 10 % de leguminosas se puede aumentar hasta un 50 % el consumo voluntario, logrando importantes ganancias de peso en los animales en pastoreo.

Las especies incluidas en una mezcla forrajera deben ser compatibles, es decir, responder de forma similar al manejo y tener la misma palatabilidad bajo el sistema de manejo utilizado (Harlan, 1956).

Por otro lado, las mezclas forrajeras poseen características adaptativas las cuales pueden compensar variaciones climáticas, edáficas y de manejo. Sumado a esto, la incorporación de leguminosas contribuye con mayores tenores de proteína y digestibilidad (Carámbula 1985, Hall y Vough 2007). Según Breazu et al. (2006), éstas incrementan la calidad del forraje y pueden reemplazar la fertilización nitrogenada.

Las gramíneas son un componente fundamental de las praderas cultivadas. La importancia de sembrarlas en mezcla con leguminosas se basa en poder complementar los diferentes ciclos de crecimiento. A su vez contribuyen a obtener una pastura de calidad más balanceada, reduciendo los riesgos de meteorismo y permitiendo una mejor utilización del nitrógeno atmosférico incorporado al ecosistema por la leguminosa (Olmos, 2001).

Hall y Vough (2007), sostienen que la incorporación de un 40 % o más de gramíneas reduce el riesgo de meteorismo de las leguminosas y de intoxicación por nitratos o tetania.

Por otra parte las leguminosas tienen una gran importancia en cuanto al aporte de nitrógeno. Las dos vías de mas importantes de transferencia de este nutriente son: sobre la superficie del suelo (nitrógeno excretado por el ganado en forma de orina y heces) o por debajo de la superficie del suelo (desprendimiento y descomposición de los nódulos y tejido radicular), siendo la primera la vía de mayor relevancia (Langer, 1990).

Este atributo es uno de los objetivos al realizar la mezcla. La fijación biológica del nitrógeno está determinada por la capacidad de la planta para nodular así como la capacidad del rhizobio para fijar N atmosférico y el control fisiológico de la actividad de la nitrogenasa (Soussana y Tallec, 2011). En este sentido, Enriquez-Hidalgo et al. (2016), tras realizar un estudio de distintos niveles de fertilización sobre una pradera de raigrás perenne y trébol blanco, encontraron que la FBN (fijación biológica del nitrógeno) se maximizó con aplicaciones de entre 60 a 120 kg N/ha. Se encontró, además, una correlación alta y positiva entre la FBN y el rendimiento del trébol, mientras que con el nitrógeno incorporado mediante la fertilización se encontró una respuesta negativa. Ledgard et al. (1999) encontraron una reducción en la fijación biológica del nitrógeno de 22-45 % y 65-84 % cuando se realizan aplicaciones de 200 y 400 kg N/ha respectivamente si son comparados con una situación sin agregado de nitrógeno.

La transferencia del nitrógeno fijado por las leguminosas a las gramíneas puede ser de cero a un 75 %, altamente variable (Whitehead, 1995).

Giambalvo et al. (2011) indican que colocar las distintas especies en la misma hilera de modo de generar un acercamiento entre las raíces de la leguminosa y la gramínea podría ayudar dicha transferencia.

La implantación de las mezclas forrajeras ya sea en línea o al voleo puede presentar inconvenientes por competencia de luz, agua y nutrientes, perjudicando a las de menor vigor. La competencia sobre el nivel del suelo se ejerce usualmente por la luz, como ocurre con el sombreado de las plantas pequeñas por las altas; la competencia subterránea, en cambio, es por agua y nutrientes, y es probablemente más importante que la primera, aunque más difícil de cuantificar (Baruch y Fisher, 1991).

Para reducir este efecto, Carámbula (2002b) propone la siembra en líneas alternadas, la combinación de gramíneas en línea y leguminosas al voleo, líneas cruzadas, etc.

Una de las principales interacciones biológicas durante la emergencia y el establecimiento de la pastura es la competencia entre plantas vecinas (Fenner, 1985). La competencia intraespecífica suele ser más intensa que la interespecífica (Harlan 1956, Harper 1977, Sletvold 2005). Esto según Harper (1977) se debe a que dentro de la misma especie la similitud de requerimientos es mayor que entre plantas de distintas especies. Por otro lado, Harlan (1956) enuncia que las especies de ciclo invernal dominarán a las de ciclo estival en los inviernos con condiciones favorables y viceversa.

En el caso de la competencia por luz, se puede dar tanto dentro de una misma planta por el sombreado de las hojas, como entre plantas. Esto puede ser modificado por factores de manejo tales como el corte, pastoreo, etc. (Mc Cree, 1966).

Carámbula (2002b), afirma que es fundamental partir desde el comienzo con poblaciones adecuadas de plantas, y un balance equilibrado entre las especies ya que durante el período de implantación influyen e interaccionan entre sí un número elevado de factores. En este sentido Haynes (1980) resalta la necesidad de lograr un buen balance para mantener una alta productividad debido a que por lo general las gramíneas dominan a largo plazo.

Las gramíneas se adaptan a una gran variedad de suelos, presentan una menor sensibilidad al pastoreo, compiten mejor con el enmalezamiento y presentan baja susceptibilidad a enfermedades y plagas. Por otro lado, las leguminosas aportan nitrógeno a las gramíneas permitiendo reducir costos de fertilización, incrementan el valor nutritivo de la pastura, y son promotoras de la fertilidad de suelos que son naturalmente pobres.

La mezcla de dos o más especies forrajeras, constituye una asociación de plantas con exigencias y características diferentes, pero que pueden ser

complementarias y su producción más importante que la del cultivo puro de cada uno de los constituyentes (Soto, 1996).

Las principales fuentes de nitrógeno en una mezcla de gramíneas y leguminosas son la fijación biológica del nitrógeno (como se mencionó anteriormente), el suelo y la fertilización. Las leguminosas demoran en establecer el sistema fijador, y es por eso que durante el establecimiento, la disponibilidad de nitrógeno mineral determina el progreso de la competencia entre las especies (Harris, 1994).

#### 2.2.4 Fertilización

El desarrollo de una nueva pastura depende en alto grado de la fertilidad inicial. Con niveles adecuados de fertilidad, la pastura se establecerá de forma balanceada y será capaz de producir altos rendimientos, o por el contrario de forma desbalanceada y con rendimientos no satisfactorios (Carámbula, 2002b).

Los nutrientes tienen efecto sobre las pasturas, en mayor o menor magnitud, siendo los más importantes el fósforo y el nitrógeno. En gramíneas, el nitrógeno es el que afecta en mayor medida ya que no cuentan con la ventaja competitiva de la fijación biológica del mismo como sí lo hacen las leguminosas. En estas últimas el fósforo pasa a ser el nutriente de mayor importancia debido a una menor capacidad de sus raíces para absorber nutrientes poco móviles.

En este sentido, Carámbula (2002b) enuncia que el laboreo incrementa la tasa de mineralización de materia orgánica, promoviendo mayores niveles de nitrógeno así como una mejor redistribución de los nutrientes inmóviles en el perfil. Sumado a esto, las mayores temperaturas diurnas causadas por el laboreo aumentan la disponibilidad de fósforo en el suelo.

Si bien la fertilización es muy importante para que prospere la pastura, no debe olvidarse que la misma interacciona con las condiciones climáticas, fecha de siembra y manejo del pastoreo.<sup>1</sup>

Tal como lo señala Vernet (2005), es importante tener en cuenta que las producciones de materia seca de las pasturas, así como también las

---

<sup>1</sup> Zanoniani, R. 2016. Consideraciones a tener en cuenta para obtener altas productividades. In: Curso de pasturas: teórico (sin publicar).

concentraciones de nutrientes en la misma y por consiguiente su calidad, están condicionadas por deficiencias nutricionales.

La fertilización es entonces una cuestión fundamental para obtener buenas producciones. Es un factor de manejo de gran impacto si se realiza correctamente teniendo en cuenta dos puntos clave: la gran mayoría de los suelos del Uruguay presentan limitantes en cuanto a nutrientes (nitrógeno y fósforo), y existe gran respuesta a la fertilización por parte de las especies que componen las mezclas.

Luego de la germinación, cuando la semilla haya agotado sus reservas, es necesario que el suelo contenga niveles adecuados de nutrientes para cubrir los requerimientos de las plántulas para su normal desarrollo y lograr así una pastura productiva y persistente (Vernet, 2005).

#### 2.2.4.1 Nitrógeno

El éxito inicial de las gramíneas está condicionado por la disponibilidad de nitrógeno, por el cultivo antecesor, y por las prácticas culturales y de conservación del suelo que hayan realizado (Carámbula, 2002b). El crecimiento en las primeras etapas de esta especie es lento en condiciones de nitrógeno deficiente.

Se da una menor mineralización de la materia orgánica en invierno debido a las bajas temperaturas. Blackman, citado por Carámbula (2002b) lo demostró en su trabajo bajo las condiciones ambientales de Gran Bretaña, concluyendo que cuando las temperaturas medias del suelo (0-10 cm de profundidad) llegan a 5,5-8,0 °C la tasa de descomposición de la materia orgánica no es lo suficientemente alta como para aportar el nitrógeno necesario para el crecimiento del raigrás.

También vinculado a la temperatura, Gibson, citado por Carámbula (2002b), realizó una investigación en la que notó que la temperatura afecta la fijación de nitrógeno atmosférico de las leguminosas, observando que con temperaturas del suelo menores a 13 °C la fijación por leguminosas invernales (trébol subterráneo), disminuye significativamente cuando las mismas eran menores a 7 °C.

Para obtener buenos rendimientos, así como incrementar la calidad de las gramíneas anuales, éstas deben fertilizarse correctamente con nitrógeno. Tal es así que Zanoniani et al. (2003), reconocen tres puntos en el desarrollo de las plantas que son claves para la fertilización de un verdeo, siembra, macollaje y producción invernal.

A su vez, contar con más de 18 ppm de nitratos en el suelo antes de la siembra no justificaría fertilizar, ya que las plantas no estarían en condiciones de aprovechar el nitrógeno, por lo que tener un análisis de suelo pre siembra sería necesario (Carámbula, 2002b).

Fertilización de nitrógeno a siembra en dosis pequeñas estimulan el crecimiento de las gramíneas sin perjudicar a las leguminosas, pero a dosis altas resulta en un estímulo excesivo para gramíneas y a su vez un deterioro para el proceso simbiótico de las leguminosas (Carámbula, 2002b). Tal es así que Frame (1973) explica que cuando la fertilización con N es muy elevada la supresión por la gramínea es extrema. Las leguminosas entonces sufrirán sombreado y sus crecimientos se verán suprimidos.

Millot et al. (1987) establecen como objetivo de la fertilización de un mejoramiento durante la implantación el posibilitar el establecimiento de la leguminosa y a su vez acelerar su crecimiento para obtener una pastura vigorosa que permita una utilización temprana.

En este sentido, Hallsworth, citado por Finozzi y Quintana (2000), observó que cantidades pequeñas de nitrógeno favorecen a las leguminosas, lográndose un aumento del área foliar, promoviendo también un aumento en la disponibilidad de metabolitos a los nódulos. A esto se lo llama “efecto starter” de la fertilización.

Referido a leguminosas, Gates y Wilson (1974), estudiaron que el aumento moderado de nitrógeno disponible en el suelo, ayuda a que el área foliar de las mismas aumente, favoreciendo entonces a la producción de asimilados que potencialmente pueden ser enviados a los nódulos para favorecer el crecimiento y actividad de los mismos.

Por otro lado la aplicación de altas dosis de nitrógeno podría afectar la implantación de las leguminosas al interferir en el proceso de nodulación y promover un mayor efecto competitivo por parte de las gramíneas (Hallsworth, citado por Finozzi y Quintana, 2000).

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

En este sentido, Stern y Donald (1962) realizaron un experimento utilizando *Lolium rigidum* y *Trifolium subterraneum* con distintos niveles de fertilización y obtuvieron que, a menores niveles de nitrógeno el trébol fue dominante pero con mayores niveles de nitrógeno agregado, la gramínea pudo superar el crecimiento de éste. A su vez, Harris (1978) encontró que si los

nutrientes y el agua no son limitantes, la competencia por luz se vuelve más importante, produciendo un continuo sombreado entre las especies de la pastura.

Nyfelner et al. (2009) explican que frente a bajas disponibilidades de nitrógeno, el trébol es menos competitivo por este nutriente. A esto se le suma la menor cantidad de gramíneas proporcionalmente que se encuentran en una mezcla llevando a una mejor disponibilidad para estas últimas.

Se debe ser precavido a la hora de fertilizar en implantación, ya que según dosis y tipo de fertilizante se puede llegar a dañar plántulas, en su mayoría de leguminosas. Oohara et al., citados por Carámbula (2002b) plantean que sembrar directamente sobre la línea del fertilizante puede provocar muerte de plántulas por dos razones. La primera es el efecto tóxico debido a vapores de amonio, ocasionados con el uso de fertilizantes como urea y fosfato diamónico. La segunda es el efecto osmótico, producto de la alta concentración de sales alrededor de la semilla cuando se disuelve el fertilizante en la solución del suelo, efecto que podría agravarse en condiciones de estrés por humedad.

#### 2.2.4.2 Fósforo

Carámbula (2002b) sostiene que la fertilización con fósforo se hace imprescindible para lograr una buena implantación, desarrollo y producción de las pasturas. Si bien es parte vital de estructuras y procesos biológicos en las plantas, son las leguminosas las más sensibles al déficit si se las compara con las gramíneas, es por esto que cuando se fertiliza se debe apuntar a satisfacer las necesidades del componente leguminosa de la mezcla.

Como ya se sabe, la gran mayoría de los suelos del país son deficientes en fósforo, requiriendo entonces de fertilización fosfatada para lograr una adecuada implantación y producción de las especies forrajeras sembradas (Castro, citado por Díaz y Moor, 1980). Es muy importante entonces elevar los niveles de fósforo en el suelo para lograr que las leguminosas tengan la capacidad de establecerse y a su vez alcanzar su potencial de crecimiento.

Sin embargo, la fertilización fosfatada afecta más el crecimiento inicial (peso de planta) que la población alcanzada durante el período de implantación (Santiñaque, citado por Finozzi y Quintana, 2000).

## 2.3 CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES

Los verdes de invierno mejoran el aprovechamiento global de las pasturas cultivadas en un sistema de producción de invernada y tambo de base pastoril a través de un aumento de la carga en el período de menor oferta de pasto. Esto se debe a sus altas tasas de crecimiento (dos a tres veces superiores que pasturas plurienales) durante el período otoño-invernal (De Battista y Costa, 2002).

### 2.3.1 *Lolium multiflorum*

*Lolium multiflorum* es una gramínea anual invernal de la familia *Poaceae* tribu *Poeae*. Su época de floración va desde setiembre a octubre y sazona de noviembre-diciembre a enero (Rosengurtt, 1970). Se adapta a distintos tipos de suelo, aunque expresa mayor productividad en suelos fértiles. Muestra muy buena entrega de forraje en invierno y primavera. Presenta un alto valor nutritivo y una muy buena apetecibilidad (Carámbula, 2002a).

Posee una rápida germinación aún en condiciones de estrés hídrico considerado para otras especies como limitantes (Bologna y Hill, 1992). Además, cuenta con buena capacidad para producir semilla y fácil resiembra. Esto es importante ya que esta especie debe reimplantarse anualmente debido a que no cuenta con reproducción asexual ni perennidad (Carámbula, 2002a).

Dentro de la especie existe una gran variabilidad de cultivares en cuanto a su ciclo de crecimiento, su nivel de ploidía, y sus requerimientos de frío para florecer (Labandera y Stewart, citados por Carámbula, 2002a). Puede poseer dos niveles de ploidía siendo diploide ( $2n = 2x = 14$  cromosomas) o tetraploide ( $2n = 4x = 28$  cromosomas), determinando las características genotípicas y fenotípicas. Esta duplicación de los cromosomas afecta directamente en la producción de forraje (Balocchi y López, citados por Farias et al., 2014). Los cultivares tetraploides presentan una serie de ventajas como: mayor apetecibilidad por poseer un mayor contenido de hidratos de carbono, mayor producción de forraje en primavera, tamaño de semilla mayor permitiendo un mayor vigor inicial. No obstante, la producción de materia seca total es similar para ambos niveles de ploidía. Los cultivares diploides son más resistentes al pastoreo, poseen mayor capacidad de semillazón y resiembra natural, y se adaptan mejor a niveles bajos de fertilidad (Carámbula, 2002a).

En cuanto a los requerimientos de frío para florecer, por un lado, se encuentran los cultivares tipo *westerwoldicum*. Estos se caracterizan por no poseer requerimientos de frío para florecer y florecer con días largos. Ejemplos

son: LE 284 e INIA Cetus. Por el otro lado están los cultivares tipo multiflorum que sí poseen requerimientos de frío para florecer por lo que, de no darse las condiciones, pueden comportarse como bianuales. Un ejemplo de estos últimos es INIA Titán (García 1979, Carámbula 2002a).

Las densidades de siembra recomendadas por Carámbula (2002a) son de 20-30 kg/ha en caso de siembras puras, de 10-15 kg/ha en mezclas con avena o centeno y de 3-5 kg/ha en caso de mezclas mixtas con perennes.

En relación a la época de siembra otoñal, son recomendadas las siembras tempranas pudiendo de esta forma disponer de forraje para pastoreos lo más temprano posible y poder completar los procesos de floración y semillazón exitosamente. Es probable que en estas situaciones se pueda reducir el desarrollo radicular pero que al avanzar la época otoño-invernal las raíces puedan crecer y presentarse de forma más extendida y activa debido a la disminución gradual de la temperatura y las mejoras en la disponibilidad hídrica.

A medida que la fecha de siembra se atrasa las condiciones del suelo comienzan a ser de mayor saturación por agua y por lo tanto menor cantidad de oxígeno, pudiendo inhibir el crecimiento de las raíces de las plantas a fines de invierno y principios de primavera, alterando la relación parte aérea-raíz y provocando una disminución en la producción de forraje para la época. Esto provoca a su vez mayor susceptibilidad a las posibles condiciones de déficit hídrico a comienzos de primavera (Carámbula, 2002b).

En forma general pocos tallos tienen más de tres hojas al mismo tiempo y la aparición de una nueva hoja se encuentra balanceada por la muerte y defoliación (Whitehead, 1995). El crecimiento aéreo de las plantas depende de la aparición y expansión de nuevos órganos y su desaparición por senescencia (Lemaire y Agnusdei, 2000), es decir resulta de la interacción entre mecanismos morfogénéticos. Estos mecanismos son: tasa de elongación foliar (TEF), tasa de aparición foliar (TAF) y la vida media foliar (VMF), y determinan el número de macollos por planta, número de hojas por macollo, y largo de láminas (Chapman y Lemaire 1993, Lemaire y Chapman 1996).

En cuanto a la fertilización Zanoniani y Noëll (1997) clasifican al raigrás como una especie de muy alta respuesta a la fertilización nitrogenada cuando se siembra temprano y se fertiliza en estado reproductivo. Con fecha de siembra intermedia, en estado vegetativo y en mezcla, la respuesta a la fertilización nitrogenada se caracteriza como alta.

El número de hojas por macollo refleja el estado fisiológico de la planta en términos de niveles de energía de reserva para el rebrote y de adecuada calidad para la nutrición de rumiantes (Donaghy y Fulkerson, 2001).

Respecto al macollaje de esta especie, Casal et al. (1985) realizaron un experimento basado en el crecimiento de raigrás anual bajo dos fuentes de luz con relaciones rojo/rojo lejano diferentes, pero con similar radiación fotosintéticamente activa. En ambas situaciones, la capacidad de producir nuevos macollos y la luz disponible por cada uno de ellos disminuyó con el crecimiento del canopeo. El macollaje se redujo aún más por la baja relación rojo/rojo lejano, mientras que la interceptación de la luz y el peso seco de la planta no se vieron afectados por este tratamiento. Tanto en plantas reproductivas como vegetativas bajo la relación rojo/rojo-rojo inferior, el tiempo entre la expansión de la hoja y la aparición de una yema en su axila aumentó y la proporción de brotes maduros que se desarrolló se redujo. Además en esta situación se vio un aumento de la cantidad de tallos fértiles por planta. Por lo tanto estos resultados muestran que a medida que aumenta la densidad del canopeo, la menor interceptación de luz por macollo y el efecto fotomorfogénico de bajas proporciones rojo/rojo lejano pueden reducir la capacidad de producir nuevos macollos.

### 2.3.2 *Trifolium resupinatum*

El *Trifolium resupinatum* conocido vulgarmente como trébol persa, es una leguminosa invernal anual o bianual por resiembra natural con hábito de crecimiento erecto. Es originario de Europa central y sur, el Mediterráneo y suroeste de Asia (INIA, 2012). Está adaptada a climas mediterráneos, húmedos y tolera heladas. Crece en distintos tipos de suelos siendo mejor su crecimiento en zonas bajas (Hoveland y Evers, 1995) de suelos arcillosos-arenosos con buen drenaje y aireación (Ates y Servet, 2004).

Sus hojas son grandes y trifoliadas con folíolos obovados siendo las inferiores pecioladas y las superiores subsésiles. Las flores son de color rosado, pubescente y con brácteas en la base. Presenta las inflorescencias en cabezuelas siendo blanquecinas en la fructificación, con numerosas flores y pedúnculo igual o mayor a la hoja adyacente. Las raíces son robustas y ramificadas, los tallos gruesos y huecos y puede alcanzar 90 cm de altura. Presenta nula o muy bajos niveles de semillas duras (UPNA s.f., INIA 2012).

Es posible su siembra desde marzo hasta agosto, sin embargo si la finalidad del cultivo es producir forraje se recomiendan las siembras tempranas en otoño (marzo-inicios abril) para potenciar el crecimiento invernal y a inicios de primavera. Siembras más tardías deprimen su producción forrajera. La densidad de siembra recomendada es de 6-8 kg/ha en siembras puras, y de 4-6 kg/ha en mezclas con gramíneas (INIA, 2012).

Presenta un lento crecimiento invernal haciéndose muy productiva hacia la primavera. Las variedades de la ssp. *Majus* son más productivas. Son plantas con una elevada digestibilidad con altos contenidos de proteína bruta de entre 16 y 28 % siendo muy palatables aunque pueden causar meteorismo (UPNA, s.f.).

El *Trifolium resupinatum* es considerado una buena opción tanto como cobertura entre cultivos (en forma pura o en mezclas) permitiendo incorporar nitrógeno al sistema mediante fijación biológica, como verdeo anual en mezcla con gramíneas como avena y raigrás permitiendo alargar el ciclo y aumentar la calidad nutricional del mismo para los animales en pastoreo. Se recomiendan pastoreos con descansos que permitan a las plantas semillar permitiendo una buena resiembra (INIA, 2012).

### 2.3.3 *Trifolium vesiculosum*

Esta especie también conocida como “trébol flecha” es una leguminosa anual originaria de la región mediterránea y se adapta por tanto a climas similares a los de esta región: inviernos templados, veranos secos y calurosos, además de climas húmedos y templados (Carámbula, 2002a). Se adapta a un amplio rango de suelos, sin embargo se obtienen los mejores resultados en los suelos bien drenados con pH entre 6 y 7 (Evans, citado por Ovalle, 2010).

Presenta un hábito de crecimiento semi erecto con tallos huecos de hasta 1,5 cm de diámetro. Sus hojas trifoliadas con forma de flecha presentan una marca blanca en forma de V. Sus flores son de blanco a violeta y su período de floración dura de 1 a 2 meses. Posee un sistema radicular que cuenta con una raíz principal de 1,5 metros que le permite extraer nutrientes y agua de las capas de suelo más profundas permitiéndole permanecer verde por un tiempo más prolongado que cualquier otra leguminosa anual (Oram, Thompson, Loi et al., Evans, citados por Ovalle, 2010). Sin embargo, Gastal y Durand (2000) explican que si bien la distribución vertical es importante para la extracción de agua en profundidad, no lo es para el nitrógeno ya que el mismo se encuentra concentrado en el estrato superior del suelo debido a la mayor cantidad de materia orgánica presente. En caso de ser sembrado junto con una gramínea anual es recomendable usar bajas densidades de siembra de este último para evitar una competencia excesiva durante el invierno (Evans, citado por Ovalle, 2010).

El crecimiento de la pastura en invierno es baja en comparación con otras especies del género *Trifolium* aunque su producción primaveral es mayor (Evers, 1999). Su aparición es tardía (Bustos 2002, Ovalle et al. 2010),

presentando gran tolerancia a las heladas. Es muy palatable y posee un alto valor nutritivo (Carámbula, 2002a).

## 2.4 ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS

La morfogénesis es la dinámica con la cual se generan y expanden las plantas en el espacio. Incluye la tasa de aparición de hojas (TAF), tasa de elongación de hojas (TEF) y vida media foliar (VMF). Estas características se encuentran determinadas genéticamente y son influenciadas por variables ambientales como la temperatura, la radiación solar, el agua, los nutrientes disponibles y las defoliaciones (Lemaire y Chapman, 1996).

El índice de área foliar (IAF) es definido por características estructurales de las plantas tales como tamaño de hoja, densidad de tallos y estolones, los cuales a su vez son definidas por las características morfogenéticas (Chapman y Lemaire, 1993).

Nabinger y de Faccio Carvalho (2009) afirman que las plantas crecen en la pastura como miembros de una comunidad afectando con su morfología la estructura y el funcionamiento de la misma.

Según Colabelli et al. (1998), el crecimiento y desarrollo de las plantas son significativamente afectados por factores abióticos tales como luz, temperatura, disponibilidad de agua y nutrientes. Los efectos pueden ser positivos o negativos, dependiendo de las características de los mismos.

Dentro de los factores recién mencionados, la temperatura es el que causa una respuesta instantánea y es el principal regulador del programa morfogenético (Colabelli et al., 1998).

Sin embargo, según Agnusdei (1999), la tasa de senescencia promedio no presenta una respuesta inmediata a los cambios de temperatura, sino que depende de la cantidad de hojas producidas con una vida media foliar dada con anterioridad.

Otro punto a tener en cuenta es que la temperatura al igual que la radiación, son factores del ambiente que el hombre no puede controlar en situaciones de campo y que ambos definen la base de las condiciones para el crecimiento de una pastura, siendo la temperatura el principal factor determinante de la producción de biomasa aérea (Anslow y Green, 1967).

Thomas y Norris (1981) afirman que tanto el desarrollo como el crecimiento de los órganos foliares tienen una marcada respuesta positiva al incremento de la temperatura.

En momentos del año en que la temperatura desciende (otoño), la cantidad de tejido foliar que muere es mayor al que se produce. En invierno, la baja eficiencia se acentúa ya que las hojas producidas en otoño senescen y son reemplazadas por hojas producidas a menores temperaturas por lo que son de menor tamaño. En primavera cuando la temperatura comienza a aumentar, el balance se torna positivo y se obtiene una alta eficiencia de utilización (Agnusdei, 1999).

El aumento de la temperatura es directamente proporcional tanto a la tasa de elongación foliar (TEF) como a la tasa de aparición foliar (TAF) (García y Mazzanti 1993, Durand et al. 1999, Berone et al. 2007).

En este sentido, Ben-Haj-Salah y Tardieu, citados por Lemaire y Agnudei (2000) plantean que el uso de asimilados por los meristemas foliares está directamente determinado por la temperatura, la cual gobierna la tasa de división y expansión celular, generando una demanda de C y N para proporcionar energía y material para la expansión del tejido foliar. Cuando el suministro de asimilados es lo suficientemente grande como para cumplir con las demandas de los meristemas, el crecimiento de la hoja puede alcanzar el potencial determinado por la temperatura y el exceso de asimilados se puede almacenar como reservas de carbohidratos. A medida que la planta crece, mientras aumenta el suministro asimilados, como consecuencia de la expansión del área foliar (se capta más luz), también aumenta el tamaño y el número de meristemas y, por lo tanto, un equilibrio aproximado entre la oferta y la demanda de asimilados (con cierta fluctuación a las variaciones en los niveles de radiación y temperatura) se mantiene. En ausencia de estrés hídrico, la expansión del tejido foliar puede considerarse directamente determinada por la temperatura y la nutrición con nitrógeno (Gastal et al., citados por Lemaire y Agnudei, 2000). Si la tasa de asimilados es menor que la demanda de crecimiento de la hoja, entonces la planta limita el número de meristemas activas (reduce la densidad de macollos) para mantener el potencial crecimiento de las hojas en el macollo principal.

Entonces, la temperatura afecta de distintas maneras a las características morfogénicas. La TAF frente al incremento de la temperatura presenta respuesta lineal, mientras que la TEF presenta respuesta exponencial (Lemaire y Agnudei, 2000), y la VMF se reduce, como consecuencia del aumento de la senescencia (Robson et al., 1988). A su vez, el aumento de la temperatura promueve el macollaje por un aumento en la TAF, y consiguiente producción de sitios.

Por otra parte, la radiación incidente también tiene efecto sobre la morfogénesis mediante la calidad (R/RL), ya que la reducción de la misma genera que se priorice la asignación de recursos a la parte aérea en desmedro de los órganos subterráneos. Asimismo, un aumento en la intensidad de luz,

promueve el macollaje, no por producción de sitios (TAF permanece constante), sino por un aumento de la disponibilidad de asimilados para el llenado de sitios.

Otro factor abiótico que afecta es el agua, donde el déficit hídrico tiene efecto sobre la TEF, afectando negativamente el tamaño de la hoja, así como también la VMF, ya que aumenta la tasa de senescencia foliar (TSF). A su vez, el estrés hídrico produce una reducción en el macollaje.<sup>2</sup>

En cuanto a la TAF y el efecto de la fertilización nitrogenada sobre ésta, no existe una única postura. Lemaire y Whitehead, citados por Mangado y Saint-Girons (2018) afirman que está influenciada directamente por la temperatura y depende poco del nivel de nutrición nitrogenada para las pasturas templadas. Wilman et al. (1977) expresan de igual forma que no tiene un efecto sobre este parámetro. Por otra parte, autores como Davies (1979), Wilman y Mohamed (1980), Pearse y Wilman (1984), Marino (1996) indican que el nitrógeno aumenta la TAF. Contrariamente Duru y Ducrocq (2000), Hirata (2000) afirman que la reduce. Van Loo (1993), observó una disminución en la TAF por la menor suplementación nitrogenada.

Según Colabelli et al., citados por Mangado y Saint-Girons (2018) la fertilización nitrogenada tiene influencia directa en los componentes estructurales de la pastura. Kavanová et al. (2008) afirman que la fertilización nitrogenada tiene un efecto positivo sobre la elongación de lámina, y Zhang et al. (2008) sobre la aparición de macollos.

Por último, el nitrógeno tiene efecto positivo sobre la TAF, aumentando la misma cuando se fertiliza. También promueve el macollaje, ya que la disponibilidad de este recurso genera que se activen las yemas axilares para que se transformen en macollos.<sup>3</sup>

## 2.5 DATOS DE IMPLANTACIÓN EN URUGUAY

El área sembrada con praderas perennes en Uruguay disminuyó de 1445 miles de hectáreas en 2006, a 1014 miles de hectáreas en 2014 debido a la escasa persistencia de las mismas. Como consecuencia, el área de verdeos

---

<sup>2</sup> Pezzani, F. 2015. Control ambiental de la formación de hojas y macollas (agua). In: Curso de fisiología de los cultivos: teórico (sin publicar).

<sup>3</sup> Pezzani, F. 2015. Control ambiental de la formación de hojas y macollas (nitrógeno). In: Curso de fisiología de los cultivos: teórico (sin publicar).

ha aumentado de 326 a 520 miles de hectáreas desde el año 2006 hasta el 2014 (MGAP. DIEA, 2015). Este marcado aumento llevó en los últimos años a seguir investigando y obteniendo datos de implantación de los mismos.

El proceso de implantación de las leguminosas forrajeras tradicionalmente utilizadas en Uruguay como alfalfa (*Medicago sativa L.*), trébol rojo (*Trifolium pratense L.*) y en particular lotus (*Lotus corniculatus L.*), muestran bajos niveles de implantación. Los factores que explican esto pueden ser diversos, entre ellos González (2013) menciona las enfermedades en este período (“damping off”) y el daño causado por insectos plaga. Según Gross (1984) el tamaño de la semilla más pequeño y el crecimiento más tardío de las plántulas de las leguminosas hacen que éstas sean más débiles pudiendo ser más afectadas por factores externos ya que existe una correlación positiva entre tamaño de semilla, plántula inicial y plántula final.

Se han realizado diversos estudios acerca de la implantación de pasturas en diferentes condiciones. Aclé y Clement (2004), en su estudio de implantación y vigor de gramíneas y leguminosas perennes obtuvieron que el promedio de implantación de las mezclas fue de 46 % a los 50 días postsiembra. Brito del Pino et al. (2008) realizaron un relevamiento de implantación de pasturas mezcla con gramíneas perennes en basamento cristalino. El promedio general de implantación de las mismas a los 90 días fue de 29,5 %.

En 2010, Fariña y Saravia evaluaron la productividad de mezclas forrajeras bajo pastoreo y obtuvieron 45 % de implantación a los 60 días postsiembra; valores similares a los obtenidos por Aclé y Clement (2004).

Gomes de Freitas y Klaassen (2011) en su estudio del efecto de fecha de siembra y barbecho en la implantación de praderas mezcla, obtuvieron valores de 38 % a los 90 días postsiembra. Este valor es superior al obtenido por Brito del Pino et al. (2008).

Palacio (2015) estudió la implantación de mezclas forrajeras con gramíneas perennes con y sin riego. El promedio de implantación de las mezclas a los 56 días postsiembra fue 35 %. La implantación en este trabajo fue menor a las obtenidas por Aclé y Clement (2004), Fariña y Saravia (2010).

Mangado y Saint-Girons (2018) evaluaron la implantación de verdeos puros y en mezcla con leguminosas. A los 36 días postsiembra obtuvieron 94 % de implantación, el cual fue disminuyendo a 80 %, 77 % y 66 % a los 52, 66 y 79 días postsiembra respectivamente. La implantación final a los 90 días fue de 66 %, muy por encima de los resultados obtenidos por Brito del Pino et al. (2008), Gomes de Freitas y Klaassen (2011).

## 2.6 HIPÓTESIS DEL TRABAJO

El agregado de nitrógeno promueve el desarrollo inicial de raigrás determinando que un mayor número de plantas se establezcan. A su vez, el nitrógeno funciona como starter en la implantación de las leguminosas.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

##### 3.1.1 Localización y período experimental

El trabajo fue realizado en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC) (Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Paysandú, Uruguay), ubicada sobre Ruta 3, km 363. El período experimental estuvo comprendido entre abril y junio del 2017.

##### 3.1.2 Descripción del sitio experimental

El experimento se realizó en el potrero No. 35 (32°23'27.71" de latitud Sur y 58°03'41.76" de longitud Oeste).

Está ubicado sobre la Unidad de Suelos San Manuel, la cual está situada sobre la formación Fray Bentos según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay, escala 1:1.000.000 (MAP. DSF, 1979). Se caracteriza por presentar Brunsoles Étricos Típicos (Háplicos) como suelos dominantes, siendo éstos de superficiales a moderadamente profundos y de textura limo-arcillosa. Como suelos asociados están presentes Brunsoles Étricos Lúvicos de textura limosa y Solonetz Solodizados Melánicos de textura franca. La clasificación de suelos del Soils Taxonomy, caracteriza a estos suelos como Argiduales típicos, con Natruoles como suelos asociados.

##### 3.1.3 Caracterización climática

Uruguay se encuentra en la región geográfica de clima subtropical húmedo, con un régimen de precipitaciones isohigro, con variabilidad estacional e interanual, siendo 1200 mm el promedio anual registrado para todo el país (Durán, 1985). Teniendo en cuenta los valores acumulados de las lluvias en el correr del año, se puede afirmar que no existe una estación marcada como seca o lluviosa, teniendo registros de acumulados medios mensuales de 60-140 mm/mes en el litoral oeste en invierno y noroeste en abril y octubre respectivamente (INIA, 2011).

La temperatura media anual es de 17,5 °C, con una variación de 16,6-19,8 °C en costa sur y zona noroeste respectivamente. En referencia a temperaturas extremas, las más altas ocurren en los meses de enero y febrero, mientras las más bajas en junio y julio de acuerdo a la región (Castaño et al., 2011).

#### 3.1.4 Antecedentes del área experimental

El experimento fue sembrado luego de un cultivo de moha (*Setaria itálica*) cuyo destino fue la confección de fardos.

La fecha de siembra fue el 05/04/17 para las dos mezclas utilizadas. La primera consistió en una mezcla de cultivares de *Lolium multiflorum* (37 % cv. E284 (2n), 15 % cv. Bragelim (2n), 33 % cv. Sabroso (4n) y 15 % cv. Moro (2n)) y la otra mezcla forrajera fue "Speedmix Gold". La misma está compuesta en un 71 % de *Lolium multiflorum* (26 % cv. E284; 11 % cv. Bragelim; 23 % cv. Sabroso; 11 % cv. Moro) mientras que el 29 % es componente leguminosa, donde el 21 % pertenece a *Trifolium resupinatum* (5 % cv. Maral; 16 % cv. Lightning) y el 8 % restante *Trifolium vesiculosum* (cv. Fertiseta).

La siembra de ambas mezclas se realizó con una sembradora marca Semeato en línea, a una distancia entre hileras de 0,19 m. La profundidad de siembra fue de 1 cm para todos los tratamientos. Para la siembra de raigrás puro se utilizaron 19,8 kg/ha de semilla con un peso de 2,8 g las mil semillas, mientras que para la mezcla forrajera fue de 18,8 kg/ha (2,4 g el peso de mil semillas).

Luego de la siembra se realizó un muestreo de suelo (06/04/17) y posterior análisis de laboratorio con el objetivo de determinar el contenido de fósforo y nitratos para ajustar el nivel de fertilización, eliminando el posible efecto de fertilidad de suelo sobre los tratamientos. En todas las parcelas se aplicó 100 kg/ha de 7-40/40-0 a la siembra.

Cuadro No. 1. Resultado de análisis de suelo del área experimental.

FÓSFORO BRAY I (ppm P)	NITRATO (ppm N-NO3)	pH (agua)	M.O. ( % )
11	5	5,7	3,5

Fuente: UdelaR. FA. EEMAC (2018).

### 3.1.5 Tratamientos

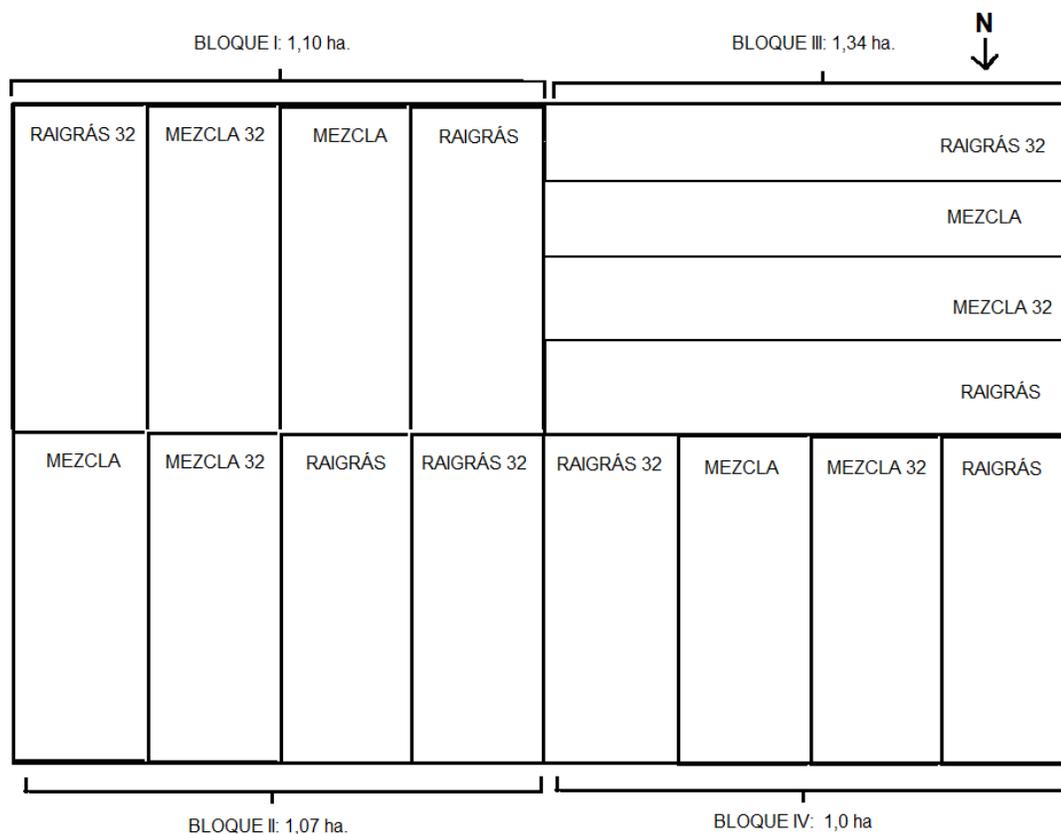
Se evaluaron cuatro tratamientos correspondiendo a dos alternativas forrajeras; raigrás puro y en mezcla con leguminosas con dos niveles de fertilización nitrogenada; 0 y 32 unidades de nitrógeno (UN/ha).

Existen entonces cuatro tratamientos: raigrás sin fertilizar (Rg-0), raigrás fertilizado (Rg-32), mezcla sin fertilizar (Mezcla-0) y mezcla fertilizada (Mezcla-32).

### 3.1.6 Diseño experimental

El diseño experimental fue de Bloques Completos al Azar con los tratamientos en un arreglo factorial 2x2 (dos factores a dos niveles). El área total donde se realizó el experimento fue de 4,51 hectáreas. Se dividió el área en 4 bloques de 1,13 ha, correspondientes a las repeticiones, donde cada bloque fue dividido en 4 parcelas, correspondientes a los 4 tratamientos.

Figura No. 1. Croquis del área experimental



### 3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Se midió el número de plantas y desarrollo de las mismas a los 36, 54, 68 y 78 días postsiembra (dps). En esta última fecha, además, se midió la relación parte aérea/raíz de cada especie. El seguimiento se realizó en cuadros de 0,2\*0,5 m fijos, colocados en las parcelas al comienzo del trabajo de manera de obtener la dinámica de implantación. La posición de los mismos en cada parcela se marcó con estacas fijas, siendo seis estacas en cada parcela.

Cuadro No. 2. Cronograma de actividades experimentales

FECHA	DÍAS POSTSIEMBRA	ACTIVIDAD	OBSERVACIONES
05/04/2017	0	Siembra. Peso 1000 semillas. Germinación de semilla	Semillas germinadas se contabilizaron a los 6 y 9 días luego de realizados los germinadores.
06/04/2017	1	Muestreo de suelo	
07/04/2017	2		
		Fertilización	100 kg de 7-40 a la totalidad de parcelas.
11/05/2017	36	1a. medición	Debido a condiciones de clima no se pudo contar a campo el número de plantas y macollos, por lo que se extrajeron muestras (6 por parcela, de 0,2*0,2m) y se contó el número de plantas y de macollos en el laboratorio.
12/05/2017	37		
17/05/2017	42	Fertilización	32 kg/ha de N como urea a las parcelas con tratamiento fertilización.
29/05/2017	54	2a. medición	Se contabilizó a campo el número de macollos para gramíneas y plantas (leguminosa) dentro del rectángulo (0,2*0,5m), luego se tomaron muestras representativas (6 por parcela de 0,2*0,2m), y en el laboratorio se volvió a contar el número de macollos y hojas. El objetivo de esto fue tener un

			dato más preciso del promedio de los macollos por planta que se encontraban al momento de realizar la visita a campo, ya que, la gran cantidad de biomasa no permitió recabar estos datos a campo.
12/06/2017	68	3a. medición	Se realizó de la misma manera que la segunda medición.
22/06/2017	78	4a. medición	En la cuarta medición se midieron únicamente dos bloques debido al ingreso de los animales a pastorear. Se procedió de la misma manera que las anteriores.
28/06/2017	84	Medición peso seco	

Cabe aclarar que en cada medición se contabilizaban el número de macollos totales (gramíneas) y el número de plantas totales (leguminosa) en los sitios marcados en las parcelas en el campo. Luego se procedía a extraer 6 muestras de cada parcela de 0,2\*0,2m para en el laboratorio contabilizar el número de macollos por planta (gramínea) y número de hojas por planta (ambas especies), y de esa manera obtener la evolución del desarrollo de las mismas.

### 3.2.1 Porcentaje de germinación y semillas viables sembradas

Para la determinación de la germinación se prepararon tres germinadores para cada muestra (dos muestras por alternativa forrajera) donde en el caso de la que estaba compuesta por leguminosas se separaron las mismas de la gramínea, haciendo germinadores por separado. En cada placa de Petri se colocaron 100 semillas sobre papel absorbente y se humedeció el

recipiente conservándose por nueve días a una temperatura de 24 °C. El conteo se realizó a los seis y nueve días de colocadas las placas en la estufa de germinación para determinar el porcentaje de germinación de cada lote. Esta última se realizó con el fin determinar la existencia de semillas duras. Utilizándose dichos resultados para los cálculos.

Cuadro No. 3. Porcentaje de germinación, peso de mil semillas, densidad de siembra y semillas viables según alternativa forrajera

ALTERNATIVA FORRAJERA	% DE GERMINACIÓN	PESO DE MIL (g)	DENSIDAD DE SIEMBRA (g/m <sup>2</sup> )	SEMILLAS VIABLES/m <sup>2</sup>
Raigrás puro	94	2,82	1,98	660
Raigrás mezcla	91	2,80	1,35	433
Leguminosas	96	1,30	0,55	402

### 3.2.2 Peso de mil semillas

Esta variable se estimó a partir del peso de cada muestra de 100 semillas que se sometió luego a la germinación, calculando el peso de 1000 semillas. Para la pesada se utilizó una balanza electrónica con 0,05 g de apreciación.

Habiendo obtenido el porcentaje de germinación, el peso de 1000 semillas y los kg de semilla sembrados por unidad de superficie, se pudo cuantificar el número de semillas viables por unidad de superficie.

### 3.2.3 Porcentaje de implantación

El porcentaje de implantación se considera como el porcentaje de plantas que se establecieron en relación a la cantidad de semillas viables sembradas cuando logran 3 hojas completamente desarrolladas. En este experimento se cuantificó la evolución a los 36, 54, 68 y 78 días postsiembra para determinar el momento en que se lograron las mismas.

Con el número de plantas corregido por m<sup>2</sup> y el número de semillas viables por m<sup>2</sup> se obtuvo el porcentaje de implantación de cada especie.

#### 3.2.4 Grado de desarrollo de gramíneas y leguminosas

Para evaluar el grado de desarrollo de las especies sembradas se contabilizó la cantidad de hojas por macollo para el caso de las gramíneas y por planta para el caso de las leguminosas. Se registró según las siguientes escalas:

Gramíneas,

1- 1 hoja por macollo

2- 2 hojas por macollo

3- 3 hojas por macollo

\* Se tomaron en cuenta valores intermedios

Leguminosas,

0- cotiledón

1- 1 hoja trifoliada

2- 2 hojas trifoliadas

3- 3 hojas trifoliadas

5- 4 o + hojas trifoliadas

#### 3.2.5 Relación parte aérea/raíz

En la última medición a campo se tomaron muestras de cada cuadro dos bloques. Debido a que en los otros ya habían ingresado los animales, quedaron excluidos de la última medición. Los 6 panes extraídos por cada parcela fueron de 0,2\*0,2\*0,2 m. A los mismos se los dejó en agua durante 24 h de forma que se separen las raíces del suelo y sea más fácil de obtener las plantas enteras. Habiendo separado las plantas se las colocó en bandejas separando gramíneas de leguminosas y a su vez parte aérea de raíz. No fueron contabilizadas las malezas.

Una vez colocadas las muestras en bandejas, se procedió a secarlas en estufa de aire forzado a 60 °C por 48 h para luego pesarlas y obtener la relación entre las partes de cada componente de las alternativas forrajeras.

### 3.3 HIPÓTESIS BIOLÓGICA

El nitrógeno determina mayor tasa de crecimiento y por lo tanto una mejor implantación.

La inclusión de una leguminosa puede mejorar la producción del verdeo debido a su capacidad de fijar nitrógeno de la atmósfera.

### 3.4 HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

$$H_0 = T_1 = T_2 = T_3 = T_4$$

$H_a =$  al menos un efecto del tratamiento es diferente a cero

Se utilizó el programa Infostat para analizar los datos. Las variables medidas se las analizó por medio del análisis de varianza y en el caso de encontrarse diferencias significativas se realizó la prueba de Tukey al 10 %.

Cabe aclarar que a las variables no continuas (todas menos “relación parte aérea/raíz”) se las normalizó a través del logaritmo neperiano.

### 3.5 MODELO ESTADÍSTICO

De manera tal de poder hacer el estudio analítico se procedió a usar el siguiente modelo estadístico,

$$Y = \mu + \beta_j + m_i + n_k + f_l + (m*n)_{ik} + (m*f)_{il} + (n*f)_{kl} + (m*n*f)_{ikl} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde,

- $Y$  - es el valor del  $i$ -ésimo tratamiento, en la  $j$ -ésima repetición
- $\mu$  - media poblacional
- $\beta_j$  - efecto bloque
- $m_i$  - efecto mezcla
- $n_k$  - efecto nitrógeno
- $f_l$  - efecto fecha de muestreo
- $(m*n)_{ik}$  - interacción mezcla - nitrógeno
- $(m*f)_{il}$  - interacción mezcla - fecha de muestreo
- $(n*f)_{kl}$  - interacción nitrógeno - fecha de muestreo
- $(m*n*f)_{ikl}$  - interacción mezcla - nitrógeno - fecha de muestreo
- $\epsilon_{ijkl}$  - error experimental entre U.E.

El modelo presenta los siguientes supuestos:

- el modelo es correcto y aditivo.
- a los errores experimentales: que los mismos son variables aleatorias, que  $\varepsilon$  tiene una distribución normal con media cero y tiene una varianza constante poblacional y que son independientes.

Para el caso en donde se realizaron regresiones lineales como método estadístico el modelo utilizado fue el siguiente,

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i$$

Donde,

- $Y_i$  – valor de la variable por la  $i$ -ésima observación
- $X_i$  – valor de la variable explicativa para la  $i$ -ésima observación

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

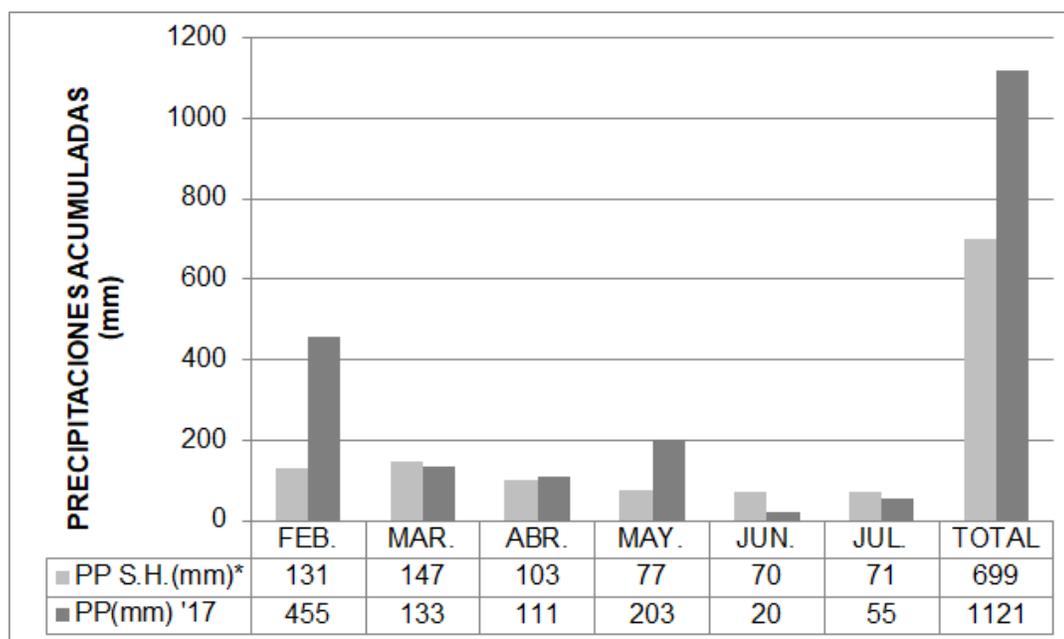
### 4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

Para mejor interpretación de los resultados obtenidos es necesario tener conocimiento del comportamiento climático del año en estudio, así como también del promedio general de la zona para una serie importante de años.

Según Moliterno (2000), los estímulos dados por temperatura y humedad, sumado a las características propias de cada familia y especie son los factores de mayor relevancia en los procesos de germinación y emergencia. Además, Colabelli et al. (1995) indican que uno de los principales objetivos de determinar la época de siembra es lograr un correcto suministro de agua a la semilla y una adecuada temperatura para la germinación.

Es por eso que en las figuras siguientes se presenta información sobre el comportamiento climático para la serie histórica 1961-1990 (INIA, 2011), y a su vez para el año en estudio (UdelaR. FA. EEMAC, 2018).

Figura No. 2. Precipitaciones acumuladas para serie histórica (S. H.) 1961-1990 y en año en estudio (2017) en Paysandú



\* Precipitaciones (mm)

Fuente: elaborado con base en INUMET (2017), UdelaR. FA. EEMAC (2018).

De la figura se desprende que las precipitaciones del período fueron mayores a las del promedio histórico, siendo los meses de febrero y mayo los de mayor diferencia.

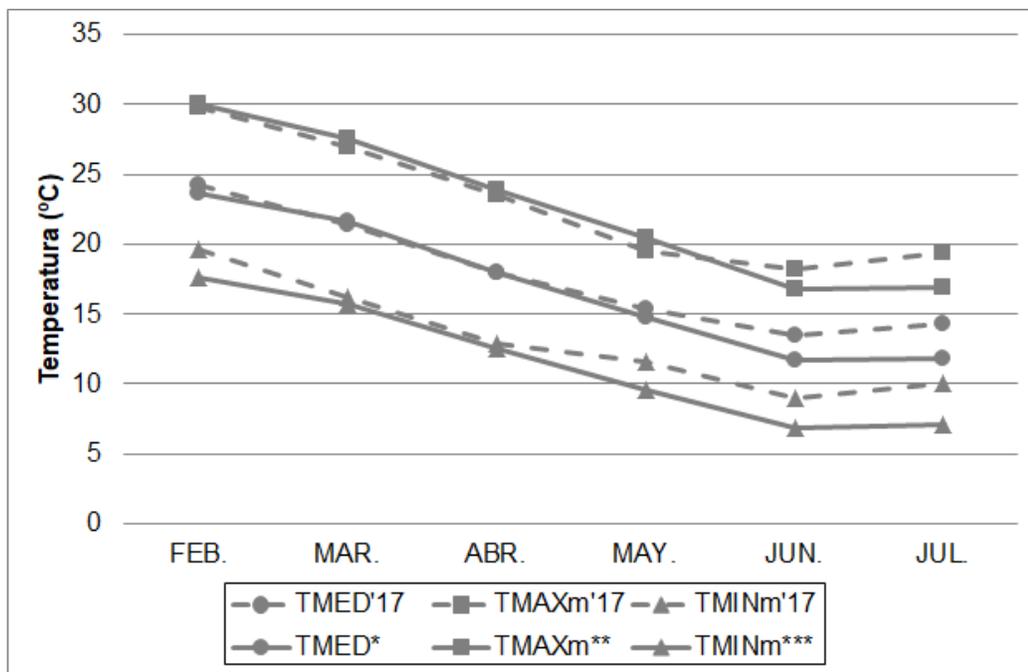
Específicamente, durante el período en estudio (abril-junio), la diferencia de precipitaciones acumuladas fue de 84 mm a favor del año 2017. En base al balance hídrico mensual (ver Anexo 1), el cual se tiene en cuenta las precipitaciones, evapotranspiración y capacidad de almacenaje de agua disponible, se obtiene que en este período el suelo estuvo con el perfil lleno exceptuando el mes de junio (70 mm).

Esto puede significar una pérdida de plántulas, ya que como lo publican Benjamin (1990), Carámbula (2002b), Escobar y Restrepo (2007), el exceso de humedad en el proceso de implantación, puede provocar la muerte de plántulas por falta de oxígeno (anoxia) y por lo tanto un menor porcentaje de implantación. También, esta disminución se puede explicar por el exceso de precipitaciones que producen arrastre de semillas provocando la pérdida de las mismas.

En esta misma línea Campbell y Swain (1973b) enuncian que el estrés hídrico es el factor que causa mayores pérdidas tanto por problemas en la germinación como en la posterior supervivencia de las plantas.

Por otra parte, se presentan los valores de temperatura del año en estudio en comparación con la serie histórica.

Figura No. 3. Temperatura máxima, mínima y promedio histórica nacional y para el año del ensayo



\* Temperatura media \*\* Temperatura máxima media \*\*\* Temperatura mínima media

Fuente: INUMET (2017), UdelaR. FA. EEMAC (2018).

Como se observa, la temperatura se mantuvo similar a la serie histórica para los meses de otoño, siendo para los meses de invierno un año más cálido que el promedio.

La máxima temperatura en el período de estudio fue de 23,5 °C y la mínima de 9 °C, mientras que el promedio histórico fue de 23,9 °C y 6,9 °C respectivamente.

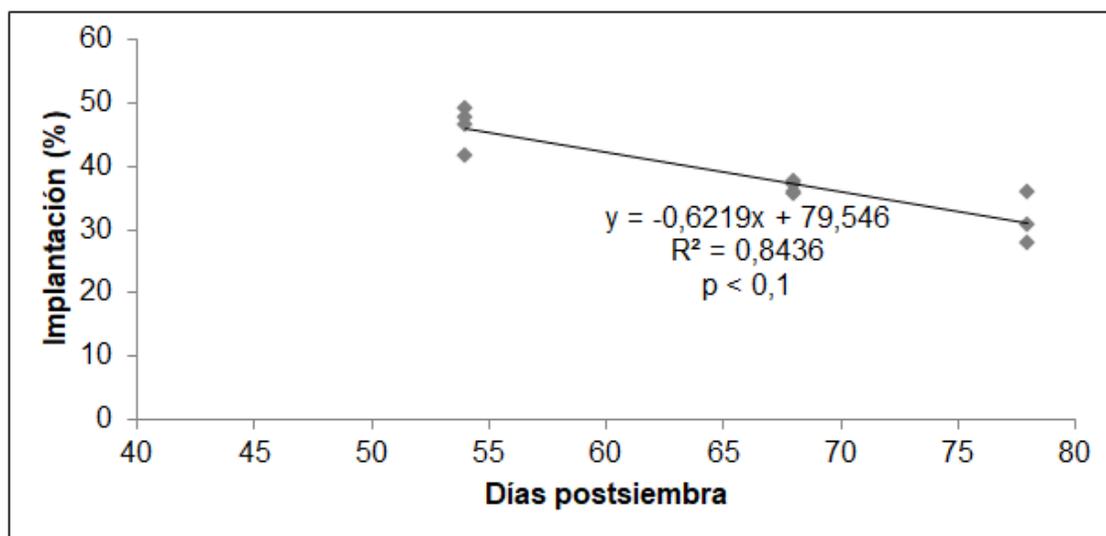
Las siembras de abril son las más recomendadas (Carámbula 1977, Castaño y Bagiliardi 2013, Perrachón 2013) siendo la temperatura y humedad lo suficientemente altas para permitir una rápida germinación y establecimiento y así lograr una mayor sobrevivencia (Langer, 1981).

Cabe destacar que las especies con metabolismo C3 tienen buen desarrollo con temperaturas entre 15 y 20 °C (Carámbula, 2002b).

## 4.2 IMPLANTACIÓN

A continuación, se muestra la evolución de la implantación promedio de la totalidad de las plantas según los días postsiembra.

Figura No. 4. Evolución de la implantación total promedio de los cuatro tratamientos según días postsiembra



La figura muestra que a medida que avanzaron los días postsiembra el porcentaje de implantación total disminuyó, existiendo diferencias significativas.

Este resultado puede estar explicado por las condiciones climáticas como se mencionó anteriormente, ya que durante el período de implantación llovieron 84 mm más del promedio histórico, pudiendo haber arrastre de semillas, o provocando anoxia de plántulas. Tal como publican Silverstone y Dickie, citados por Carámbula (2002b), se pueden perder hasta un 90 % de las plántulas si existen condiciones adversas.

Otra explicación puede ser por la competencia existente entre plantas vecinas durante la emergencia y el establecimiento de la pastura (Fenner, 1985). Esta competencia se da por luz, agua, nutrientes y espacio entre plantas de la misma especie y entre especies, teniendo más efecto la primera (Harlan 1956, Harper 1977, Sletvold 2005).

En este sentido Formoso (2006) enuncia que una siembra es correcta cuando la diferencia entre la cantidad de plantas objetivo y las emergidas es

mínima, siendo la emergencia lo más rápida posible y con una distribución uniforme.

En la última medición, a los 78 días postsiembra, el porcentaje de implantación alcanzado promedió en 32 %, lo que se considera bajo si se lo compara con el 77 % obtenido por Mangado y Saint-Girons (2018) a los 79 días postsiembra.

Sin embargo, fue similar al 29 % reportado por Brito del Pino et al. (2008), quienes no encontraron diferencias significativas entre 45 y 90 días postsiembra. Tomando en cuenta la regresión, a los 60 días postsiembra el porcentaje de implantación fue 42 %, valor que se asemeja al 45 % obtenido por Fariña y Saravia (2010) a los 60 días postsiembra para el promedio de las mezclas.

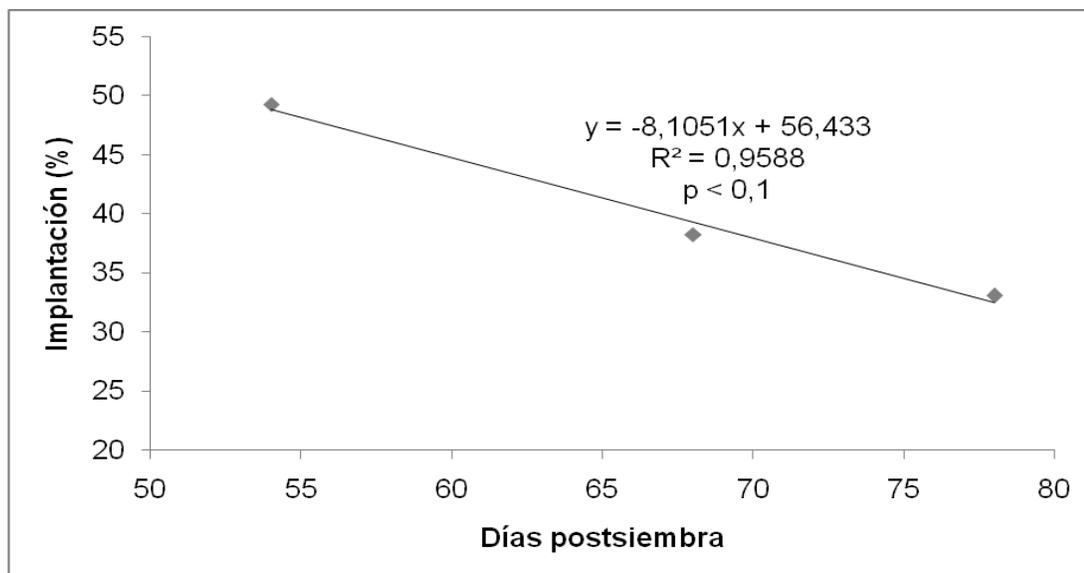
Si bien los valores obtenidos fueron similares al trabajo de Brito del Pino et al. (2008), Fariña y Saravia (2010), es importante mencionar que los mismos utilizaron praderas convencionales de larga duración. Carámbula (2002a) sostiene que las praderas convencionales presentan lento establecimiento debido al menor tamaño de semilla, lo que conduce a un menor porcentaje de implantación que las especies anuales. Es por esto que los valores deberían asemejarse a los obtenidos por Mangado y Saint-Girons (2018), quienes utilizaron la misma mezcla anual.

#### 4.2.1 Implantación de *Lolium multiflorum*

##### 4.2.1.1 Evolución de la implantación

En la siguiente figura se puede observar el comportamiento de la implantación del raigrás a través de las distintas fechas de medición.

Figura No. 5. Evolución de la implantación del raigrás



Al igual que para el promedio de los tratamientos, el porcentaje de implantación descendió significativamente a medida que transcurrieron los días postsiembra. El mismo fue de aproximadamente 8 puntos porcentuales por día.

El valor de la implantación de este componente a los 78 días postsiembra fue de 32% lo que coincide con el obtenido para el promedio de los tratamientos a la misma fecha.

Es por esto y por lo observado sobre el comportamiento de la implantación de la leguminosa a través del tiempo en el cuadro No.8, que se puede asumir que el raigrás es el componente que explica en mayor medida los datos presentados anteriormente.

#### 4.2.1.2 Efecto de la mezcla

En el siguiente cuadro se muestra el efecto de la incorporación de leguminosas en la mezcla sobre la implantación del raigrás. Para ello se tomó el promedio de los valores de la última medición del raigrás puro y del raigrás al estar en mezcla.

Cuadro No. 4. Efecto de la mezcla en la implantación promedio de raigrás

ALTERNATIVA FORRAJERA	% IMPLANTACIÓN
Raigrás puro	32 b
Raigrás mezcla	40 a

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

A diferencia Mangado y Saint-Girons (2018) que no obtuvieron diferencias significativas en este mismo estudio, el raigrás en mezcla presentó una mayor implantación que en monocultivo.

Esto se puede explicar por una mayor competencia debido a que se sembró una mayor densidad de semillas de raigrás en los tratamientos puros en comparación con los tratamientos mezcla (660 vs. 434 semillas viables/m<sup>2</sup>). Además, Stanton (1984) demostró que el crecimiento de las plántulas es directamente proporcional al peso de las semillas. En este sentido, el raigrás anual presenta mayor habilidad para establecerse que las leguminosas (Moliterno, 2000) por lo que, además de competir con menos plantas de su misma especie compite con leguminosas que tienen menor peso de semilla.

Según Harper (1977), la similitud de requerimientos dentro de la misma especie, es mayor que entre plantas de distintas especies. Las gramíneas, por lo tanto, aparte de competir por luz, agua y espacio, compiten también por los mismos nutrientes al ser plantas de la misma especie, principalmente por nitrógeno. Sin embargo, no lo hace de igual forma con las leguminosas ya que como enuncian Nyfeler et al. (2009), las leguminosas son menos competitivas por este nutriente. De esta forma se explica por qué la competencia intraespecífica suele tener un mayor efecto negativo en comparación con la interespecífica como se mencionó en el punto 4.2.

Así, la intensidad de la competencia intraespecífica depende de la densidad de población, actuando este último como un importante factor regulador de las poblaciones.

#### 4.2.1.3 Efecto de la fertilización nitrogenada

Por otro lado se evaluó el impacto de la fertilización sobre el porcentaje de implantación del promedio de los tratamientos a los 78 días postsiembra.

Cuadro No. 5. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la implantación de raigrás a los 78 dps

FERTILIZACIÓN	% IMPLANTACIÓN
0	28 b
32	31 a

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

La incorporación con 32 unidades de nitrógeno aumentó el porcentaje de implantación, ya que como establecen Zanoniani y Noëll (1997), el raigrás es una especie de alta respuesta al agregado de este nutriente. Pequeñas dosis del mismo a la siembra favorecen el crecimiento de las gramíneas (Carámbula, 2002b). De todas formas Mangado y Saint-Girons (2018) no obtuvieron diferencias significativas en esta evaluación.

Vernet (2005) afirma la necesidad de que el suelo tenga la capacidad de proveer los nutrientes necesarios para cubrir los requerimientos de las plántulas una vez que la semilla haya agotado sus reservas. Es en este momento que el agregado de nitrógeno tiene gran efecto.

Las lluvias del período pre fertilización probablemente provocaron que parte del nitrógeno en el suelo haya sido lavado hacia horizontes subsuperficiales por ser un nutriente móvil, causando bajos niveles del mismo en el suelo. De esta forma al aplicar nitrógeno, la respuesta es aún más alta generando así diferencias significativas entre los tratamientos fertilizados y los que no.

Sumado a esto, a partir de abril las temperaturas descendieron y comenzó a haber una menor luminosidad lo que provocó una menor mineralización de la materia orgánica del suelo y por lo tanto menor aporte de nutrientes mediante esta vía al mismo (Blackman, citado por Carámbula, 2002b).

#### 4.2.2 Implantación de la leguminosa

El siguiente cuadro presenta el porcentaje de implantación de las especies de leguminosas sembradas (*T. resupinatum* y *T. vesiculosum*) cuando fue fertilizado con 32 kg/ha de nitrógeno y cuando no se fertilizó.

Cuadro No. 6. Porcentaje de implantación promedio de las especies *Trifolium* sembradas (*T. resupinatum* y *T. vesiculosum*) según nivel de fertilización

FERTILIZACIÓN	% IMPLANTACIÓN
0 UN	26 b
32 UN	46 a

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

El trébol fertilizado con 32 UN presentó diferencias significativas en el porcentaje de implantación frente al no fertilizado. Esto pudo deberse a que la leguminosa fertilizada tuvo una mayor capacidad de competencia frente al raigrás (efecto starter) debido al aumento del área foliar (Hallsworth, citado por Finozzi y Quintana, 2000). De esta forma se cumple con uno de los objetivos de la fertilización en la implantación de un mejoramiento el cual es posibilitar el establecimiento de la leguminosa y muchas veces acelerar su crecimiento para obtener una pastura vigorosa que permita una utilización temprana de la pastura (Millot et al., 1987). Cabe destacar que dosis altas resultan en un estímulo excesivo para las gramíneas y un deterioro para el proceso simbiótico de las leguminosas (Frame 1973, Carámbula 2002b). Ledgard et al. (1999) estudiaron que con aplicaciones de 200 y 400 kg/N por hectárea hubo una reducción en la FBN de 22-45 % y 65-84 % respectivamente si se compara con una situación sin nitrógeno.

En el cuadro siguiente se detalla la evolución de la implantación de la leguminosa. El valor utilizado para el porcentaje de implantación fue el promedio de la implantación de las leguminosas fertilizadas y no fertilizadas, según fecha de muestreo.

Cuadro No. 7. Porcentaje de implantación de leguminosas según días postsiembra

DÍAS POSTSIEMBRA	% IMPLANTACIÓN
54	39 a
68	32 b
78	36 a

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

No se observan diferencias significativas en los valores de implantación entre la primer y última medición (39-36 %), sin embargo hubo un aumento de estos valores a los 68 días postsiembra.

Según Carámbula (1977), el mayor porcentaje de implantación observado a los 78 días postsiembra en comparación a los 68 días postsiembra se puede explicar por la existencia de semillas duras lo que tiene como consecuencia una germinación escalonada en el tiempo.

Además, el *Trifolium vesiculosum* es de aparición tardía que presenta en comparación al resto de las especies sembradas provocando que en el tercer muestreo la implantación haya aumentado (Bustos 2002, Ovalle et al. 2010).

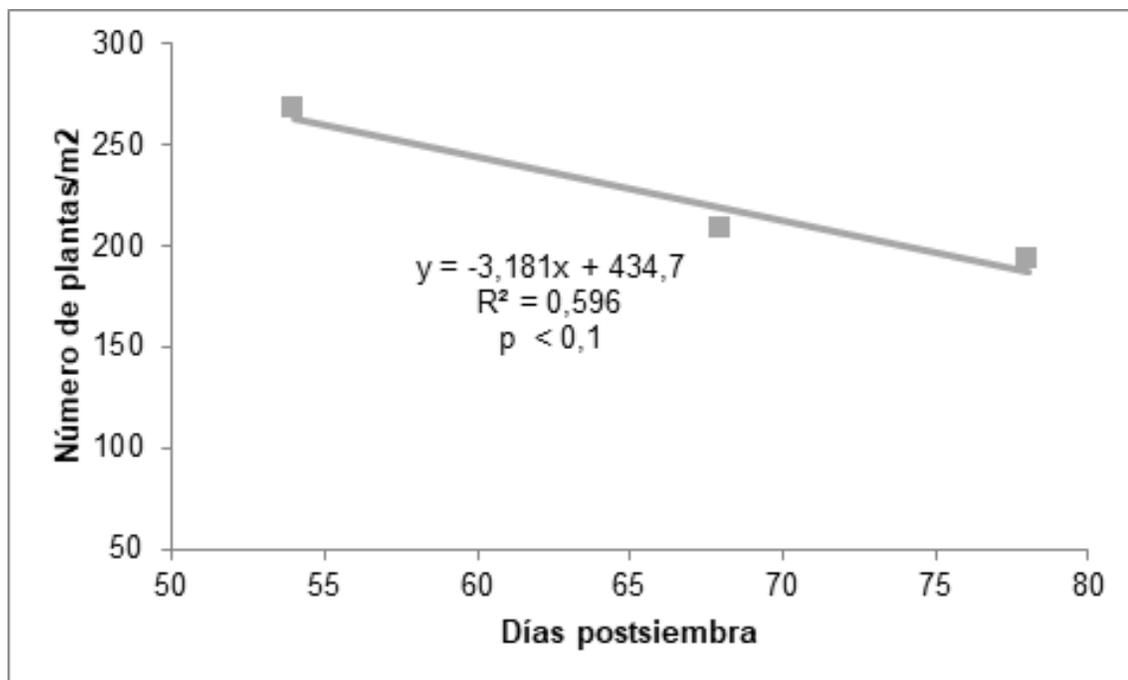
Teniendo en cuenta que fue el segundo año consecutivo del experimento, se debe considerar el aporte por parte de leguminosas espontáneas debido a la posible resiembra natural de las mismas.

### 4.3 NÚMERO DE PLANTAS

#### 4.3.1 Raigrás

En la siguiente figura se presenta el stand de plantas de *Lolium multiflorum* medidas a campo a los 54, 68 y 78 días postsiembra y su tendencia en el tiempo.

Figura No. 6. Número de plantas de raigrás por m<sup>2</sup> a través del tiempo



Al igual que para el análisis de implantación medida como porcentaje de plantas establecidas en relación al número de semillas viables sembradas, se puede ver que se produjo una disminución en el número de plantas de raigrás a medida que aumentan los días postsiembra. En el primer caso la disminución observada fue de aproximadamente 8 puntos porcentuales por día, lo que se podría decir que corresponde a un descenso aproximado de 3,181 plantas/día.

Este descenso puede estar explicado, como se mencionó anteriormente, por las altas precipitaciones (200 mm) en el mes de mayo que provocaron la muerte de plántulas por anoxia y por la fuerte competencia entre las mismas en las primeras semanas postsiembra que dificulta aún más su supervivencia.

Tomando el número de plantas a los 54 días postsiembra como el 100 %, se obtuvo un 78 % de plantas a los 68 días y 72 % a los 78 días postsiembra. Esta disminución de 28 puntos porcentuales hasta los 78 días puede compararse con los datos de Mangado y Saint-Girons (2018) que obtuvieron un descenso de aproximadamente 30 % en el período comprendido entre los 52 a 79 días postsiembra.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el número de plantas de raigrás por metro cuadrado.

Cuadro No. 8. Número de plantas de raigrás/m<sup>2</sup> según nivel de fertilización a través del tiempo

DÍAS POSTSIEMBRA	0 UN	32 UN
54	264 a	271 a
68	207 a	210 ab
78	169 b	216 b

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

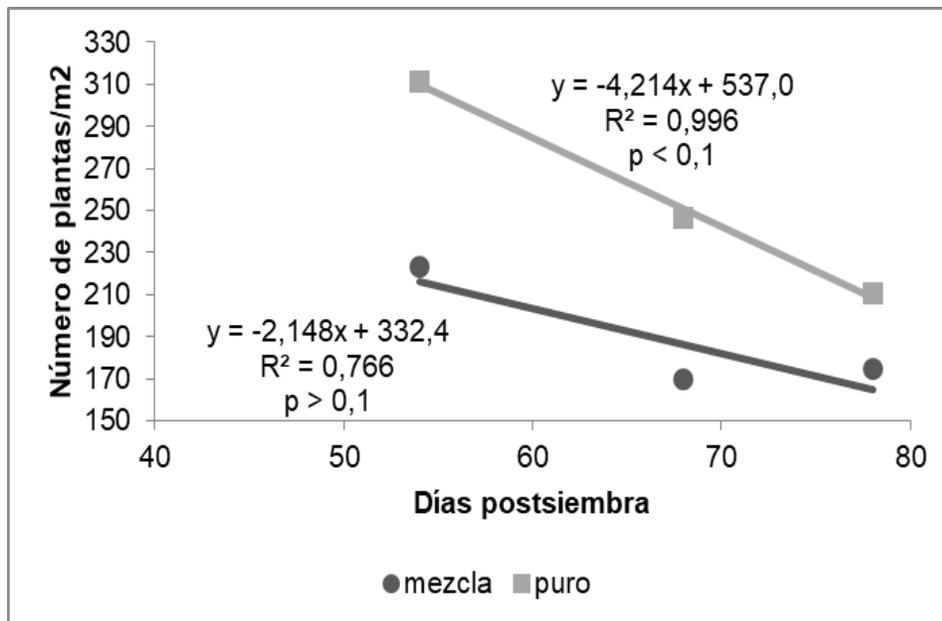
El número de plantas/m<sup>2</sup> descendió significativamente de la primer a la última medición para ambos tratamientos, lo que concuerda con los resultados presentados anteriormente para número de plantas/m<sup>2</sup> promedio de raigrás.

Las diferencia entre tratamientos se encuentra en la magnitud del descenso del número de plantas/m<sup>2</sup> entre la primer y última medición, siendo de 36 % y 20 % para 0 UN y 32 UN respectivamente. Estas diferencias entre tratamientos puede ser explicada por la menor competencia entre plantas por este recurso cuando es fertilizado con 32 UN, permitiendo de esta forma una mayor sobrevivencia de las mismas y por ende un número de plantas/m<sup>2</sup> final mayor, no observandose diferencias significativas entre las dos ultimas mediciones para este tratamiento. Esto afirma lo expresado por Carámbula (2002b) de que el éxito inicial de las gramíneas puede estar influenciado por la disponibilidad de nitrógeno en el suelo.

La respuesta positiva observada al agregado de nitrógeno, expresada por una menor mortandad de plantas, manifiesta una limitante en los niveles de este nutriente en el suelo (como se vió en el capítulo de implantación) debido principalmente a las lluvias, pérdidas de nitrógeno por lavado, del período. Se puede pensar que con un mayor agregado de nitrógeno tal vez la respuesta hubiese sido mayor.

Por otro lado, se evaluó el efecto que tuvo la incorporación de una leguminosa sobre el número de plantas de raigrás.

Figura No. 7. Número de plantas de raigrás/m<sup>2</sup> según alternativa forrajera a través del tiempo



En el tratamiento en que el raigrás se sembró en mezcla con leguminosas, el número de plantas fue menor que el tratamiento puro desde la primera medición. Esto podría ser explicado por un menor número de semillas viables sembradas en estos tratamientos (433 semillas viables/m<sup>2</sup> vs. 660 semillas viables/m<sup>2</sup>). Esto comprueba lo enunciado por Carámbula (1977) que establece que las pasturas de una sola especie presentan mayor producción que las mezcla.

Por otro lado, se observa que la regresión para el caso del raigrás puro fue significativa, no siendo así para la situación mezcla la cual presenta cierta estabilidad relativa a través del tiempo.

La mayor pendiente observada en la curva correspondiente al raigrás puro está dada por una mayor mortandad de plantas por unidad de tiempo. Esto confirma lo que se explicó en el capítulo anterior, que, a igual cantidad de recursos, la competencia entre plantas de la misma especie es mayor que la que se da entre gramíneas y leguminosas tal como lo expresó Harper (1977).

#### 4.3.2 Leguminosas

A continuación, se presentará el número de plantas de leguminosas a los 54, 68 y 78 días postsiembra promediando los tratamientos en los que se fertilizó con nitrógeno y los que no.

Cuadro No. 9. Número de plantas de leguminosas/m<sup>2</sup> a través del tiempo

DÍAS POSTSIEMBRA	NÚMERO DE PLANTAS/m <sup>2</sup>
54	156 a
68	129 c
78	144 b

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

En primer lugar se observa una similitud en la tendencia con el porcentaje de implantación de leguminosas/m<sup>2</sup> (cuadro No. 7) en donde se dio un descenso entre la primer y segunda medición, volviendo a aumentar hacia la tercer medición. De igual forma, en este caso, se observaron diferencias significativas entre la primer y última medición para número de plantas/m<sup>2</sup>, no siendo así en el caso de porcentaje de implantación.

El número de plantas a los 78 días postsiembra fue significativamente menor que a los 54 días postsiembra. Esta disminución, dada por la muerte de plantas, reflejó la competencia que existe entre las mismas por recursos limitados, al igual que para el caso de las gramíneas. Si bien el agregado de nitrógeno en las primeras etapas del desarrollo de las leguminosas tiene un efecto beneficioso sobre éstas como se verá en el cuadro No. 10, la competencia ejercida por la fracción gramínea y la competencia entre plantas de leguminosas en las sucesivas mediciones superó dicho efecto generando así que el número de plantas de leguminosas/m<sup>2</sup> caiga de todas formas.

Es importante mencionar que no se obtuvieron los mismos resultados en trabajo realizado por Mangado y Saint-Girons (2018) en donde las diferencias en el número de plantas/m<sup>2</sup> no fueron significativas entre las distintas mediciones. Esto se puede deber a las diferencias en el número de semillas viables de leguminosas sembradas en ambos experimentos, siendo de 305 en el caso de Mangado y Saint-Girons (2018) y de 403 para el presente trabajo. Estas densidades corresponden al 44 y 48 % del total de la mezcla

respectivamente. Se puede pensar entonces, que en este caso hubo una mayor competencia y por ende disminución del número de plantas, explicando así las diferencias significativas observadas.

Por otra parte, se observó un aumento en el número de plantas desde los 68 a los 78 días postsiembra para esta especie lo cual se explica por la probable existencia de semillas duras y el aporte de leguminosas espontáneas como se explicó en el punto 4.2.2.

Para evaluar el efecto de la fertilización se midió el número de plantas de leguminosas con y sin agregado de nitrógeno.

Cuadro No. 10. Número de plantas promedio de leguminosas según nivel de fertilización

NIVEL DE FERTILIZACIÓN (UN)	NÚMERO DE PLANTAS/m <sup>2</sup>
0	104 b
32	183 a

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

Existen diferencias significativas entre el número de plantas de trébol cuando el mismo es fertilizado. Esto coincide con lo que explica Hallsworth, citado por Finozzi y Quintana (2000), quien sostiene que pequeñas cantidades de nitrógeno favorecen a las leguminosas (efecto starter) mediante un aumento del área foliar, beneficiando además la nodulación. Esto evidencia aún más los bajos niveles de nitrógeno presentes en el suelo mencionados anteriormente.

Harris (1994) explica que las leguminosas demoran en establecer el sistema fijador, y es por eso que durante el establecimiento la disponibilidad de nitrógeno mineral determina el progreso de la competencia entre las especies.

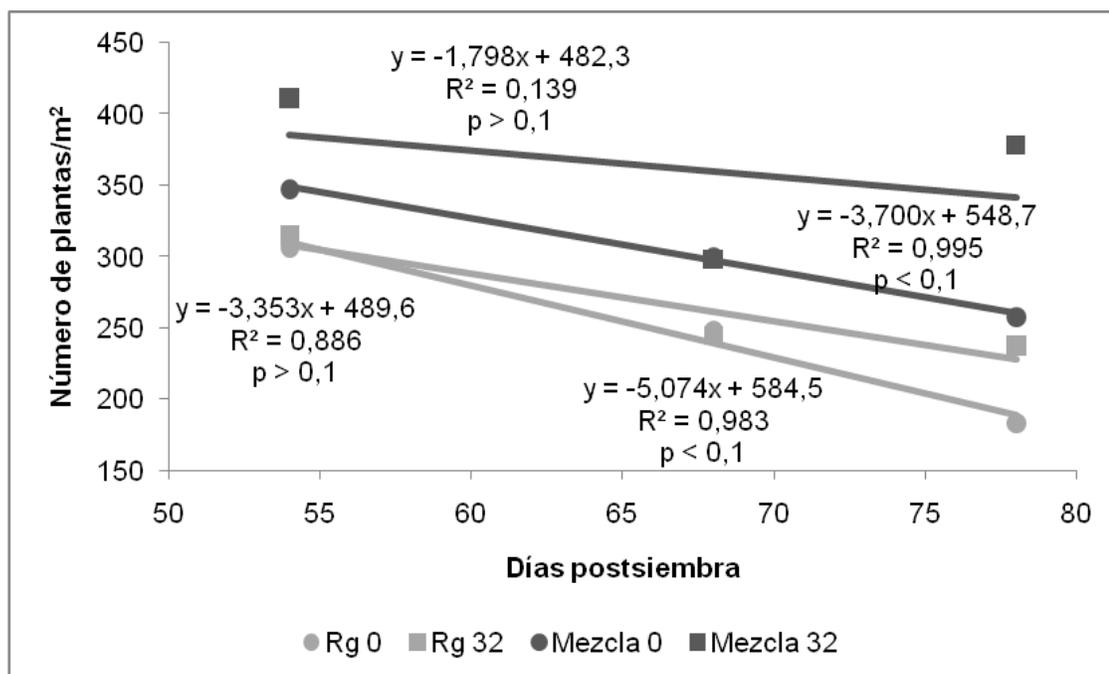
Cabe destacar que, como se mencionó anteriormente, solo se analizó la aplicación de 32 UN y es de esperar que aplicaciones de dosis más elevadas afecten negativamente la implantación de las leguminosas favoreciendo la fracción gramínea de la mezcla.

Mangado y Saint-Girons (2018) no obtuvieron diferencias significativas en el número de plantas de leguminosas con y sin agregado de nitrógeno.

### 4.3.3 Plantas totales

Se analizaron estadísticamente las regresiones del número de plantas totales a través del tiempo para los cuatro tratamientos: Rg-0, Rg-32, Mezcla-0 y Mezcla-32.

Figura No. 8. Número de plantas totales a través del tiempo según tratamiento



A grandes rasgos, al comparar las dos alternativas forrajeras se observa como en los tratamientos mezcla el número de plantas siempre es mayor, lo que confirmaría el efecto positivo de la inclusión de leguminosas en la implantación de verdeos anuales tal como lo afirma Soto (1996). A su vez, el efecto positivo de esto podría verse a largo plazo tal como sostiene Baethgen (1992) que la inclusión de esta especie en una rotación cultivo pastura, además de la fijación del nitrógeno al sistema, mejora las condiciones físicas del suelo permitiendo una mejor exploración radicular y por ende un mejor aprovechamiento del agua y nutrientes.

Otra diferencia entre las alternativas es que en el caso del raigrás puro se comienza de un valor similar en ambas situaciones (con y sin agregado de nitrógeno como fertilizante), no siendo así para el caso de las mezclas en donde ya en la primera medición se observan diferencias a favor del tratamiento

fertilizado. Esto probablemente esté explicado por el efecto starter de la fertilización nitrogenada sobre las leguminosas que se explicó anteriormente.

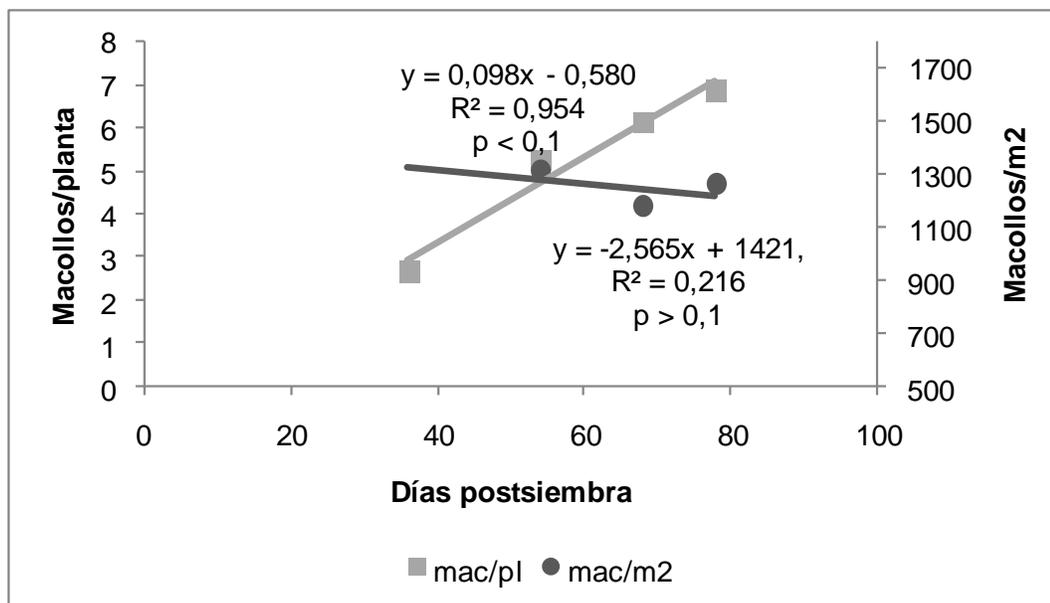
Por otro lado, las pendientes de las curvas de regresión de los tratamientos no fertilizados de cada alternativa forrajera difieren, siendo mayor para el caso del raigrás puro (-5,07 vs. -3,70) por lo explicado en el punto 4.3.1.

Al ser las regresiones de los tratamientos fertilizados no significativas, no se puede afirmar que el número de plantas/m<sup>2</sup> disminuye a través del tiempo como sí lo hacen en los tratamientos sin fertilizar. Para el caso del raigrás cuando se analizaron las tres mediciones por separado (cuadro No. 8) sí se obtuvieron diferencias significativas entre fechas cuando fue fertilizado.

#### 4.4 NÚMERO MACOLLOS

En la siguiente figura se resumen los datos del número promedio de macollos por planta y por m<sup>2</sup> a través del tiempo.

Figura No. 9. Macollos/planta y macollos/m<sup>2</sup> a través del tiempo



El número de macollos por planta se ajusta a un modelo lineal aumentando a medida que avanzan los días postsiembra. A partir de esto, y teniendo en cuenta la mortandad de plantas por metro cuadrado analizada en el

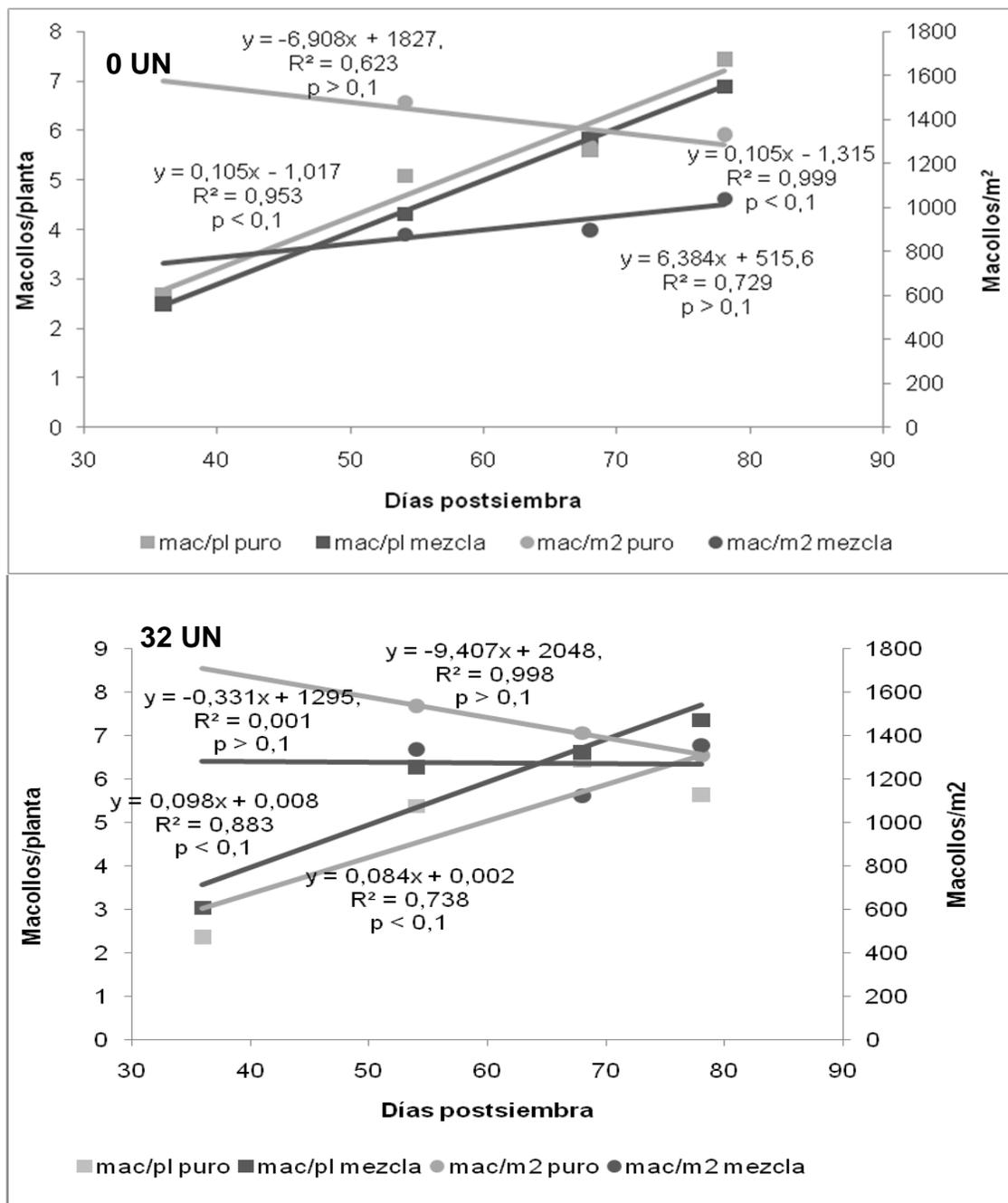
capítulo anterior, se obtiene que el número de macollos por metro cuadrado se mantuvo constante a través del tiempo como se puede ver en la figura. El número de macollos por metro cuadrado no está explicado entonces por el tiempo ( $p > 0,10$ ). Se puede deducir entonces, que el aumento en el número de macollos por planta pudo compensar en cierta forma la mortandad de las mismas y así lograr que el número de macollos/m<sup>2</sup> no se deprima.

Tal como afirma Formoso (2005), se puede observar un crecimiento compensatorio dado por una mayor disponibilidad de recursos por planta. Esto resulta en un mayor crecimiento individual obteniendo así producciones por hectárea iguales a las situaciones con una correcta implantación, no afectando necesariamente la producción futura.

#### 4.4.1 Efecto de la fertilización y alternativa forrajera en el macollaje

Se analizó la evolución del número de macollos por planta y número de macollos/m<sup>2</sup> para las dos alternativas forrajeras en función de los distintos niveles de fertilización utilizados.

Figura No. 10. Evolución del número de macollos por planta y por m<sup>2</sup> según nivel de fertilización



Se puede observar una primera diferencia entre las dos gráficas en cuanto al número de macollos por planta, a pesar de que la tendencia sea a aumentar para ambos casos. En los tratamientos en los que no hubo agregado

de nitrógeno, el comportamiento fue similar. Cuando se fertilizó con 32 UN, el número de macollos por planta fue numéricamente mayor para las situaciones en las que se incluyó la leguminosa.

En los tratamientos sin fertilizar, el menor número de macollos por planta del raigrás en mezcla podría ser explicado por una mayor competencia de la leguminosa por agua, espacio y eventualmente luz, ya que se espera que ésta tenga un mejor desarrollo debido a su capacidad de fijar nitrógeno.

El raigrás es una especie de alta respuesta al agregado de nitrógeno con fecha de siembra intermedia en estado vegetativo y mezcla (Zanoniani y Noëll, 1997). El nitrógeno permite que un mayor número de yemas se activen para macollaje. Tal es así que cuando se fertilizó se volvió más competitivo y tuvo mayor capacidad de macollaje (Zhang et al., 2008), resultando en un mayor tamaño individual de las plantas.

De todas formas, para el caso del raigrás puro, no se observaron grandes diferencias en el tamaño individual. Esto puede deberse al mayor número de plantas/m<sup>2</sup> para el tratamiento fertilizado observado en el cuadro No. 9 generando un mayor sombreado lo que deprimió el macollaje por una menor relación rojo/rojo lejano.

Por otro lado, las gramíneas de la mezcla se vieron beneficiadas por el agregado de nitrógeno siendo más competitivas frente a las leguminosas, coincidentemente con lo expresado por Nyfeler et al. (2009) quienes explican que frente a bajas disponibilidades de nitrógeno, el trébol es menos competitivo. Además la menor densidad de gramíneas en la mezcla, generó una menor competencia intraespecífica frente al monocultivo.

Resultados similares se encontraron en el experimento realizado por Stern y Donald (1962) en el que en una pradera mezcla y en ausencia de nitrógeno se vio una dominancia del trébol, y con el agregado de nitrógeno el tamaño de la gramínea superó a la leguminosa.

En este sentido fue que Harris (1978) estudió que cuando los nutrientes y agua son de libre disposición, la competencia por luz en una mezcla forrajera se vuelve más importante.

## 4.5 NÚMERO HOJAS

### 4.5.1 Número hojas de raigrás

Es importante analizar el número de hojas por macollo ya que tal como lo expresan Donaghy y Fulkerson (2001), el mismo refleja el estado fisiológico de la planta en términos de niveles de energía de reserva para el rebrote y de adecuada calidad para la nutrición de rumiantes. El grado de desarrollo se cuantificó mediante la evaluación del número de hojas siendo 2,3 hojas por macollo el valor promedio.

Al igual que Mangado y Saint-Girons (2018), no existieron diferencias significativas entre los valores promedio de los tratamientos al variar la alternativa forrajera (2,34 en tratamientos puros vs. 2,29 en la mezcla).

Considerando la variable fertilización tampoco se encontraron diferencias significativas (2,32 y 2,30 para 0 y 32 UN respectivamente). La tasa de aparición y muerte de hojas se incrementan al aumentar la dosis de nitrógeno sin afectar al número de hojas por tallo. En forma general pocos tallos tienen más de tres hojas al mismo tiempo y la aparición de una nueva hoja se encuentra balanceada por la muerte de la primera formada (Whitehead, 1995).

Al igual que Mangado y Saint-Girons (2018) se encontraron diferencias significativas en cuanto a la variable días postsiembra.

A continuación se presenta el número de hojas de raigrás según días postsiembra.

Cuadro No. 11. Número de hojas de raigrás según días postsiembra

DÍAS POSTSIEMBRA	NÚMERO DE HOJAS
36	2.11 b
54	2,45 a
68	2,38 a

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

Se puede ver un aumento en el número de hojas por macollo entre los 36 y 54 días postsiembra, manteniéndose dicho valor en las mediciones

siguientes. Esta diferencia puede deberse a que la producción del raigrás muestra muy buena entrega de forraje principalmente durante el invierno y la primavera (Carámbula 2002a).

A su vez, si se toma en cuenta que el filocrón ( $^{\circ}\text{C}$  día) es igual, que el número de hojas estaba cercano a 3 hojas por macollo, y que la fertilización nitrogenada no afecta demasiado a la TAF (Wilman et al. 1977, Lemaire y Whitehead, citados por Mangado y Saint- Girons 2018), se puede decir que a los 54 días ya el raigrás ya se encontraba próximo a su valor de vida media foliar (VMF) para ser pastoreado.

#### 4.5.2 Número hojas de la leguminosa

El siguiente cuadro compara el número de hojas por planta según los días postsiembra.

Cuadro No. 12. Número de hojas por planta según los días postsiembra

DÍAS POSTSIEMBRA	NÚMERO DE HOJAS/PLANTA
36	2,5 b
54	4,8 a
68	5,0 a

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

A medida que avanzan los días postsiembra el número de hojas por planta aumenta. A los 36 días postsiembra se aprecia el desarrollo de 2 hojas trifoliadas completas por planta. A partir de este momento existe un cambio significativo encontrándose a los 54 días más de tres hojas por planta desarrolladas en ambos tratamientos. A partir de este momento se considera que la leguminosa ya se encuentra implantada, permitiendo entonces realizar diversos manejos como la utilización de determinados herbicidas.

Contrariamente a los valores obtenidos por Mangado y Saint-Girons (2018), los valores de número de hojas por planta son significativamente diferentes cuando se suministra nitrógeno a la mezcla siendo de 4,0 y 4,2 para 0 y 32 UN respectivamente.

## 4.6 RELACIÓN PARTE AÉREA/RAÍZ

### 4.6.1 Relación parte aérea/raíz en raigrás

En el siguiente cuadro se aprecia tanto el peso seco de la biomasa aérea como la radicular de la gramínea y con su respectiva relación.

Cuadro No. 13. Biomasa aérea y radicular de raigrás y su relación según tratamiento

TRATAMIENTO	PARTE AÉREA (g/m <sup>2</sup> )	RAÍZ (g/m <sup>2</sup> )	RELACIÓN PARTE AÉREA/RAÍZ
Rg-0	180 a	55 a	3,3 b
Rg-32	185 a	54 a	3,4 b
Mezcla-0	164 a	51 ab	3,2 b
Mezcla-32	168 a	33 b	5,1 a

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

Como puede observarse en todos los tratamientos la parte aérea tuvo mayor peso que la radicular. Analizando únicamente la parte aérea, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Asimismo, se percibe una tendencia a una disminución del peso cuando la gramínea se encuentra en mezcla con la leguminosa.

Considerando el peso de la raíz se encontraron diferencias significativas entre la mezcla fertilizada y los dos tratamientos de raigrás puro (con y sin fertilización). Respecto a los tratamientos fertilizados, la diferencia se puede deber a que la misma unidad de superficie se encuentra ocupada por ambas especies en lugar de una sola (en el caso de la mezcla). Sin embargo, para los tratamientos sin agregado de nitrógeno no existieron diferencias significativas entre los tratamientos puro y mezcla. Esto podría explicarse por una mayor expansión radicular en busca de este nutriente.

Tomando en consideración lo explicado anteriormente es que se encuentran diferencias significativas en la relación parte aérea/raíz únicamente en el caso del tratamiento mezcla con fertilización. Esto podría explicarse por la

mayor competencia con leguminosas, o tal vez en mayor medida por la menor necesidad de exploración radicular por parte de la gramínea debido a que se encuentra en un ambiente más rico en N.

Estos datos sugieren que las plantas priorizaron el desarrollo aéreo en detrimento del desarrollo radicular durante el período de estudio (implantación), siendo más acentuado en especies anuales. Al ser la parte aérea la que fotosintetiza, permite la redistribución de los asimilados hacia el resto de la planta.

Si se promedian los valores de las dos mezclas de la relación parte aérea/raíz del presente trabajo se obtiene un valor de 4,2 que se asemeja al de Fariña y Saravia (2010) quienes obtuvieron para raigrás en mezcla una relación de 4,3. Por otra parte, Mangado y Saint-Girons (2018) no encontraron diferencias significativas para la relación parte aérea/raíz entre los distintos tratamientos.

#### 4.6.2. Relación parte aérea/raíz en leguminosa

En relación al peso aéreo, no se encontraron diferencias significativas en el tratamiento fertilizado ( $34 \text{ g/m}^2$ ) en comparación al no fertilizado ( $21 \text{ g/m}^2$ ). De todas formas se observa una tendencia a favor del tratamiento fertilizado, al igual que en el caso de las gramíneas. Tampoco existe diferencia significativa para el peso radicular ( $8 \text{ g/m}^2$  fertilizado y  $5 \text{ g/m}^2$  en ausencia de nitrógeno).

Gates y Wilson (1974), estudiaron que el aumento moderado de nitrógeno disponible en el suelo, ayuda a que el área foliar de la leguminosa aumente, favoreciendo entonces a la producción de asimilados que potencialmente pueden ser enviados a los nódulos para favorecer el crecimiento y actividad de los mismos.

## 5. CONCLUSIONES

El agregado de nitrógeno promovió un mayor desarrollo inicial y de número de plantas fundamentalmente para *Lolium multiflorum*.

A diferencia de otros trabajos, el agregado de nitrógeno presentó un efecto positivo sobre la leguminosa tanto para el porcentaje de implantación como para el número de plantas totales.

Se sugiere el desarrollo de una nueva línea de investigación en la cual se evalúe el efecto de distintos niveles de fertilización nitrogenada para poder evaluar la respuesta en kg/N agregado.

## 6. RESUMEN

El presente experimento se realizó durante el período comprendido entre abril y julio del año 2017 en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (Facultad de Agronomía, Universidad de la República; Paysandú, Uruguay) ubicada sobre Ruta 3, km 363. El diseño experimental utilizado fue en cuatro bloques completamente al azar con un arreglo factorial 2x2 con cuatro tratamientos, siendo la unidad experimental la parcela. Los cuatro tratamientos evaluados fueron: raigrás puro sin fertilizar, raigrás fertilizado con N, mezcla con leguminosas sin fertilizar y mezcla fertilizada con N. Se sembró el 05/04/17. El objetivo fue evaluar el efecto de la incorporación de especies leguminosas y de nitrógeno sobre la implantación del raigrás. Para ello se realizaron mediciones postsiembra del número de plantas y número de hojas a los 36, 54, 68 y 78 días. En la última fecha además de las mediciones de campo ya mencionadas, se realizó una medición del peso de la parte aérea y raíz de las plantas tanto para gramíneas como para las leguminosas en base seca. Las mediciones arrojaron un valor promedio de implantación a los 78 días de 32% lo que se consideró bajo. El raigrás presentó mayor implantación al estar sembrado junto con una leguminosa (40%). La implantación fue mayor en los tratamientos fertilizados independientemente de la alternativa forrajera. El número de plantas/m<sup>2</sup> de raigrás disminuyó de la primera a la última medición tanto para los tratamientos no fertilizados y los fertilizados con nitrógeno siendo mayor el descenso en los primeros. El número de macollos/planta promedio aumentó a través del tiempo mientras que el número de macollos/m<sup>2</sup> se mantuvo relativamente constante. La relación parte aérea/raíz fue mayor para los tratamientos fertilizados tanto para el raigrás como para las leguminosas.

Palabras clave: Implantación; Fertilización; Mezcla; Puro; Gramínea; Leguminosa.

## 7. SUMMARY

The experiment was carried out in the period between April and July 2017 at the Experimental Station “Dr. Mario A. Cassinoni” (University of Agronomy, Republic University; Paysandú, Uruguay) located on the national route 3, Km 363. The statistic experimental design used was the randomized block method with four blocks and a 2x2 factorial arrangement with four treatments each, being the plot the experimental unit. The four treatments evaluated were pure grass without fertilizing, pure grass fertilized, mixtures of grass and legume without fertilizing a mixture fertilized. It was planted on 05/04/17. The objective was to evaluate the effect of the incorporation of leguminous species and nitrogen on the implantation of ryegrass. For this, post-seeding measurements were made of the number of plants and number of leaves at 36, 54, 68 and 78 days. On the last date, in addition to the aforementioned field measurements, a measurement was made of the weight of the aerial part and root of the plants for both grasses and legumes on a dry basis. The measurements showed an average implementation value at 78 days of 32%, which was considered low. The ryegrass presented greater implantation when planted together with a legume (40%). The implantation was greater in the fertilized treatments independently of the forage alternative. The number of plants/m<sup>2</sup> of ryegrass decreased from the first to the last measurement both for treatments fertilized with nitrogen and those not being greater the decrease in the latter. The number of tillers / average plant increased over time while the number of tillers/m<sup>2</sup> remained relatively constant. The aerial/root part ratio was higher for fertilized treatments for both ryegrass and legumes.

Key words: Implantation; Fertilization; Mixture; Pure; Grass; Leguminous.

## 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. Agnusdei, M. G. 1999. Analyse de la dynamique de la morphogènese foliare et de la défoliation de plusieurs espèces de graminées soumises à un pâtunaje continudans une communauté végétale de la Pampa huméde (Argentine). (en línea). Thèse de Doctorat. Spécialité Sciences Agronomiques. Lorraine, France. Institut National Polytechnique de Lorraine/INRA. Lusignan Unite d'Ecophysiologie des Plantes Fourrageres. 101 p. Consultado may. 2018. Disponible en [http://docnum.univ-lorraine.fr/public/INPL\\_T\\_1999\\_AGNUSDEI\\_M.pdf](http://docnum.univ-lorraine.fr/public/INPL_T_1999_AGNUSDEI_M.pdf)
3. Anslow, R. C.; Green, J. O. 1967. The seasonal growth of pasture grasses. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 68: 22 - 109.
4. Askin, D. C. 1990. Pasture establishment. In: Langer, R. H. M. ed. *Pastures: their ecology and management*. Auckland, Oxford University. pp. 132-157.
5. Ates, E.; Servet, A. 2004. Efecto de la distancia entre surcos y la fecha de corte en el rendimiento y algunas características morfológicas del trébol persa (*Trifolium resupinatum L.*). Tekirdag, Turkey, University of Trakya. Agriculture Faculty. Department of Field Crops. pp. 327-334.
6. Baethgen, W. 1992. Fertilización nitrogenada en la cebada cervecera en el litoral oeste del Uruguay. Montevideo, INIA. 59 p. (Serie Técnica no. 24).
7. Ball, D. M.; Hoveland, C. S.; Lacefield, G. D. 1991. *Southern forages*. Atlanta, Georgia, USA, Williams Printing. 256 p.
8. Barleta, P.; Camarasa, J.; Carta, H.; De Andrés, A.; Méndez, D.; O'Gorman, J. M.; Ojuez, C.; Perez, G.; Scheneiter, O.; Varea, I. 2013. Abundancia de trébol rojo y trébol blanco en pasturas del centro y Norte de la provincia de Buenos Aires. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 39 (1): 95 - 104.
9. Baruch, Z.; Fisher, M. J. 1991. Factores climáticos y de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de

- pasturas. In: Reunión del Comité Asesor de la RIEPT (6ª., 1988, Veracruz, México). Establecimiento y renovación de pasturas: experiencias y enfoque de investigación. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 103-142.
10. Bayce, D.; Caldeyro, E.; Puppo, E. 1984. Siembra de gramíneas nativas sobre tapiz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 235 p.
  11. Bazzigalupi, O.; Bertin, O. D.; Andriulo, A. E. 2007. Implantación de pasturas en suelo agrícola. In: Curso Producción de Semilla Forrajera (2007, Buenos Aires). Lecturas. Balcarce, AR, INTA. pp. 1-5.
  12. Becker, G. s.f. Alfalfa. ¿Sembrar a fin de verano o en primavera? (en línea). Bariloche, Argentina, INTA. s.p. Consultado may. 2018. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar/>
  13. Benjamin, L. 1990. Variation in time of seedling emergent within populations: a feature that determines individual's growth and development. *Advances in Agronomy*. 44: 1 - 25.
  14. Berone, G. D.; Lattanzi, F. A.; Colabelli, M. R.; Agnusdei, M. G. 2007. A comparative analysis of the temperature-response of leaf elongation in *Bromus stamineus* and *Lolium perenne* plants in the field: intrinsic and size-mediated effects. *Annals of Botany*. 100: 813 - 820.
  15. Blanco Alves, C. 2008. Establecimiento de gramíneas forrajeras perennes en basalto en siembra directa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 81 p.
  16. Bologna, J.; Hill, W. 1992. Implantación de gramíneas y leguminosas en cobertura. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. s.p.
  17. Boone, F. R.; Veen, B. W. 1994. Mechanisms of crop responses to soil compaction. *Soil Compaction in Crop Production*. 11: 237 - 264.
  18. Breazu, I.; Balan, M.; Oprea, G.; Chipper, C. 2006. The impact of white clover and birdsfoot trefoil in simple mixtures with tall fescue. In: General Meeting of the European Grassland Federation (21st., 2006, Badajoz, Spain). *Proceedings. Grassland Science in Europe*. 11: 405 - 407.
  19. 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. 125 p.

20. Bustos, P. 2002. Caracterización fenológica y agronómica de leguminosas forrajeras anuales para la zona mediterránea subhúmeda y húmeda de Chile. Memoria de título, Ing. Agr. Universidad Adventista, Chillán, Chile. 70 p.
21. Cámara de Semilleristas de la Bolsa de Cereales, AR. 2010. Implantación. Buenos Aires, Sitio Argentino de Producción Animal. pp. 1-9.
22. Campbell, M.; Swain, F. 1973a. Effect of strength, tilt and heterogeneity of the soil surface on radicle-entry of surface-sown seeds. *Journal of the British Grassland Society*. 28: 41 - 50.
23. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. 1973b. Factors causing losses during the establishment on surface-sown pastures. *Journal of Range Management*. 26 (5): 355 - 359.
24. Carámbula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 464 p.
25. \_\_\_\_\_. 1985. Implantación de praderas. Montevideo, Facultad de Agronomía. 10 p.
26. \_\_\_\_\_. 2002a. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
27. \_\_\_\_\_. 2002b. Pasturas y forrajes: insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 2. 371 p.
28. Casal, J. J.; Deregibus, V. A.; Sánchez, R. A. 1985. Variations in tiller dynamics and morphology in *Lolium multiflorum Lam.* vegetative and reproductive plants as affected by differences in red/far-red irradiation. *Annals of Botany*. 56: 553 - 559.
29. Castaño, J. P.; Giménez, A.; Ceroni, M.; Furest, J.; Aunchayna, R.; Bidegain, M. 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-1990. Montevideo, INIA. 34 p. (Serie Técnica no. 193).
30. \_\_\_\_\_; Bagliardi, M. 2013. El éxito comienza con la siembra. Pasturas perennes. INTA. *Visión Rural*. 18 (90): 1 - 10.
31. Castiglioni, E. 2001. Manejo de la fauna e insectos plaga del suelo. In: Díaz Roselló, R. ed. *Siembra directa en el cono Sur*. Montevideo, PROCISUR. pp. 89-101.

32. Chapman, D. F.; Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: Baker, M. J. ed. Grassland of our World. Wellington, SIR. pp. 95-104.
33. Colabelli, M.; Urcola, H.; Agnusdei, M. 1995. Intersiembra de leguminosas en el suelo de aptitud agrícola. 1. Efecto de la época de intersiembra y la distancia entre surcos sobre el establecimiento de las especies intersembradas. Balcarce, Universidad Nacional Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias/INTA. pp. 77-86.
34. \_\_\_\_\_.; Agnusdei, M.; Mazzanti, A.; Lavrebeux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. INTA. Boletín Técnico no. 148. 12 p.
35. Cullen, N. A. 1966. The establishment of a pasture on yellow-brown loams near Te Anau. III. Factors influencing the establishment of grasses on uncultivated ground. New Zealand Journal of Agricultural Research. 9: 363 - 374.
36. Damboriarena, J. I.; Stinger, E. 2008. Crecimiento de alfalfa según profundidad del suelo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 45 p.
37. 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*. Journal of Agricultural Science. 92(2): 277 - 287.
38. De Battista, J. P.; Costa, M. C. 2008. Implantación y manejo de verdeos de invierno. Génesis. Revista de la Cámara de Semilleros de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires. 21 (64): 8 - 9.
39. 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.
40. Donaghy, D. J.; Fulkerson, W. J. 2001. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence-key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. Australian Journal of Experimental Agriculture. 41(2): 261 - 275.
41. Durán, A. 1985. Los suelos del Uruguay. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 47-64.

42. \_\_\_\_\_.; García Préchac, F. 2007. Suelos del Uruguay: origen, clasificación, manejo y conservación. Montevideo, Hemisferio Sur. v.1, 358 p.
43. Durand, J. L.; Schäufele, R.; Gastal, F. 1999. Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: morphological analysis and modelling. *Annals of Botany*. 83: 577 - 588.
44. Duru, M.; Ducrocq, H. 2000. Growth and senescence of the successive leaves on a cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime. *Annals of Botany*. 85: 645 - 653.
45. Ellies, A.; Ramírez, C. 1994. Efecto del manejo sobre la estructura del suelo y la biodiversidad específica vegetal. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. pp. 79-106.
46. Enriquez-Hidalgo, D.; Gilliland, T. J.; Hennessy, D. 2016. Herbage and nitrogen yields, fixation and transfer by white clover to companion grasses in grazed swards under different rates of nitrogen fertilization. *Grass and Forage Science*. 71: 559 - 574.
47. Ernst, O.; Siri-Prieto, G. 2008. Sistemas de laboreo y rotación de cultivos en Uruguay: resumen de resultados. *Cangüé* no. 30: 2 - 8.
48. Escobar, A.; Restrepo, J. 2007. Evaluación de algunos parámetros fisiológicos del raygrass bestfor (*Lolium perenne*), bajo condiciones de estrés hídrico. Medellín, Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Grupo de investigación INCA-CES. 52 p.
49. Evers, G. W. 1999. Seedling growth comparison of arrowleaf, crimson, rose and subterranean clovers. *Crop Science*. 39: 433 - 440.
50. Farias, R.; Lauz, O.; Peres, P.; Teixeira, R.; Vargas, L. 2014. Características productivas e morfofisiológicas de cultivares de azevém. (en línea). *Pesquisa Agropecuária Tropical (Goiânia)*. 4(2): 191-197. Consultado may. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/html/2530/253031354011/>
51. Fariña, 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. 71 p.
52. Fenner, M. 1985. Seed ecology. (en línea). London, UK, Chapman & Hall. 151 p. Consultado may. 2018. Disponible en <https://books.google.com.uy/books?hl=es&lr=&id=PGsIBAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=seed+ecology+fenner&ots=hMFeJePmYN&>

[sig=guGSdDSwD0FovAsMBO87lwBC-ao&redir\\_esc=y#v=onepage&q=seed%20ecology%20fenner&f=false](http://sig=guGSdDSwD0FovAsMBO87lwBC-ao&redir_esc=y#v=onepage&q=seed%20ecology%20fenner&f=false)

53. Finozzi, G.; Quintana, P. 2000. Implantación de gramíneas y leguminosas entre suelos y tapices de basalto. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 142 p.
54. Formoso, F. 2000. Manejo de la alfalfa para producción de forraje. In: Rebuffo, M.; Risso, D. F.; Restaino, E. eds. Tecnología en alfalfa. Montevideo, INIA. pp. 53-74 (Boletín de Divulgación no. 69).
55. \_\_\_\_\_. 2005. Comportamiento de 12 especies forrajeras sembradas sobre diferentes rastros de cultivos de verano en siembra directa. In: Día de Campo Manejo de Cultivos y Pasturas en Siembra Directa (2005, La Estanzuela). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 1 - 5 (Actividades de Difusión no. 430).
56. \_\_\_\_\_. 2006. Instalación y manejo de pasturas para el litoral oeste. In: Seminario de Actualización Técnica (1º., 2006, La Estanzuela). Instalación de pasturas, conceptos claves. Montevideo, INIA. pp. 1-11.
57. \_\_\_\_\_. 2007. Conceptos sobre implantación de pasturas. In: Jornada Instalación y Manejo de Pasturas (2007, La Estanzuela). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 19-39 (Actividades de Difusión no. 483).
58. Frame, J. 1973. The yield response of a tall fescue/white clover sward to nitrogen rate and harvesting frequency. *Grass and Forage Science*. 28: 139 - 148.
59. García, J. A. 1979. Selección fenotípica recurrente en raigrás anual cv LE 284. In: Reunión Técnica de la Facultad de Agronomía (2ª., 1979, Montevideo, Uruguay). Resúmenes. Montevideo, Facultad de Agronomía. p. 7.
60. García, S. C.; Mazzanti, A. 1993. Fertilización nitrogenada en ryegrass anual cv. "Grassland Tama". In: Jornada de Producción de Carne y Leche (1993, Tandil). Trabajos presentados. Tandil, CREA. s.p.
61. García Breijo, F. 2011. Biología y botánica: germinación de semillas. (en línea). Valencia, Universidad Politécnica de Valencia. s.p. Consultado may. 2018. Disponible en [http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema\\_17.htm](http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_17.htm)

62. García Préchac, F. 1997. Aspectos básicos del comportamiento de suelos en siembra directa: propiedades físicas. In: Curso de Actualización sobre Siembra Directa y Conservación del Suelo (1997, Cerro Largo, Uruguay). Textos. s.n.t. pp. 11-23.
63. Gastal, F.; Durand, J. L. 2000. Effects of nitrogen and water supply on N and C fluxes and partitioning in defoliated swards. In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; De Moraes, A.; Nabinger, C.; de Faccio Carvalho, P. C. eds. Grassland ecophysiology and grazing ecology. Oxford, UK, CAB International. pp. 15-39.
64. Gates, C. T.; Wilson, J. R. 1974. The interaction of nitrogen and phosphorus on the growth, nutrient status and nodulation of *Stylosanthes humilis* H. B. K. (Townsville Stylo). *Plant and Soil*. 41(2): 325 - 333.
65. Giambalvo, D.; Ruisi, P.; Di Miceli, G.; Frenda, A. S.; Amato, G. 2011. Forage production, N uptake, N<sub>2</sub> fixation, and N recovery of berseem clover grown in pure stand and in mixture with annual ryegrass under different managements. *Plant and Soil*. 342: 379 - 391.
66. Gomes de Freitas, S.; Klaassen, A. 2011. Efecto de la fecha de siembra y tipo de barbecho en la implantación y producción inicial de mezclas con *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 131 p.
67. González, S. 2013. Uso de curasemillas en alfalfa. In: Reunión Técnica (2013, La Estanzuela, Colonia, UY). El éxito productivo de una pastura con leguminosas perennes comienza en su implantación. Montevideo, INIA. pp. 37-42 (Actividades de Difusión. no. 711).
68. Grahan, P. 2007. Consejos para una buena implantación de pasturas. *Revista Angus*. no. 7: 25 - 30.
69. Gross, K. L. 1984. Effects of seed size and growth form on seedling establishment of six monocarpic perennial plants. *Journal of Ecology*. 72: 369 - 387.
70. Hall, M.; Vough, L. 2007. Forage establishment and renovation. In: Barnes, R.; Nelson, C.; Moor, K.; Collins, M. eds. Forages: the science of grassland agriculture. Ames, Iowa, Blackwell. v.2, pp. 343-354.
71. Harlan, J. R. 1956. Theory and dynamics of grassland agriculture. New York, United States, Field Seed Institute of North America. 281 p. (The Grassland farm series).

72. Harper, J.; Benton, R. 1966. The behaviour of seeds in soil. II. The germination of seeds on the surface of a water supplying substrate. *Journal of Ecology*. 54 (1): 151 - 166.
73. \_\_\_\_\_. 1977. Population biology of plants. London, UK, Academic Press. 892 p.
74. Harris, W. 1978. Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pasture. *In*: Wilson, J. R. ed. Plant relations in pastures. Melbourne, CSIRO. pp. 67-85.
75. \_\_\_\_\_. 1994. Pasture as an ecosystem. *In*: Langer, R. H. M. ed. Pastures: their ecology and management. Auckland, Oxford University. pp. 75-131.
76. Haynes, R. J. 1980. Competitive aspects of the grass-legume association. Canterbury, New Zealand, Academic Press. pp. 227-261.
77. Hirata, M. 2000. Effects of nitrogen fertilizer rate and cutting height on leaf appearance and extension in bahiagrass (*Paspalum notatum*). *Tropical Grasslands*. 34: 7 - 13.
78. Hoveland, C. S.; Evers, G. W. 1995. Arrowleaf, crimson, and other annual clovers. *In*: Barnes, R. F.; Miller, D. A.; Nelson, C. J. eds. Forages: an introduction to grassland agriculture. Ames, Iowa, Blackwell. v.2, pp. 249-260.
79. INASE (Instituto Nacional de Semilla, UY). 2009. Manual de semillas del Uruguay. Montevideo, Uruguay. pp. 1-15.
80. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2009. (en línea). Montevideo. 34 p. Consultado ene. 2018. Disponible en <http://inia.uy/Documentos/Privados/GRAS/Caracterizacion-agroclimatica/carac-agro-2010.pdf>
81. \_\_\_\_\_. 2012. Bases del llamado a interesados para la producción y comercialización de semilla del cultivar de *Trifolium resupinatum* LE 90-33. (en línea). Montevideo. pp. 5-7. Consultado may. 2018. Disponible en [http://www.inia.org.uy/estaciones/las\\_brujas/actividades/documentos/resupinatum.pdf](http://www.inia.org.uy/estaciones/las_brujas/actividades/documentos/resupinatum.pdf)
82. \_\_\_\_\_. 2018. Balance hídrico suelos Uruguay. (en línea). Montevideo. p. irr. Consultado ago. 2018. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Monitoreo-Ambiental/Balance-H%C3%ADdrico/Balance-h%C3%ADdrico-suelos-Uruguay>

83. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología, UY). 2017. Estadísticas meteorológicas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado abr. 2018. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas>
84. Kavanová, M.; Lattanzi, F.; Schnyder, H. 2008. Nitrogen deficiency inhibits leaf blade growth in *Lolium perenne* by increasing cell cycle duration and decreasing mitotic and post-mitotic growth rates. *Plant, Cell and Environment*. 31: 727 - 737.
85. Langer, R. H. M. 1981. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. p. 551.
86. \_\_\_\_\_. 1990. Pastures and pastures plants. Oxford, UK, Oxford University. 134 p.
87. La Paz, A.; Pérez, M.; Robato, R. 1994. Implantación de especies sembradas en cobertura sobre Basalto. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 148 p.
88. Ledgard, S. F.; Penno, J. W.; Sprosen, M. S. 1999. Nitrogen inputs and losses from clover/grass pastures grazed by dairy cows, as affected by nitrogen fertilizer application. *Journal of Agricultural Science*. 132: 215 - 225.
89. Lemaire, G.; Chapman, D. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. *In*: Hodgson, J.; Illius, A. W. eds. *The Ecology and Management of Grazing Systems*. Wallingford, CAB International. pp. 3-35.
90. \_\_\_\_\_.; Agnusdei, M. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. *In*: Lemaire, G.; Hodgson, J.; De Moraes, A.; Nabinger, C.; de Faccio Carvalho, P. C. eds. *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. Oxford, UK, CAB International. pp. 265-287.
91. Mc Cree, K. J. 1966. Non-existence of an optimum leaf area index for the production rate of white clover grown under constant conditions. *Plant Physiology*. 41: 1615 - 1622.
92. Mc William, J.; Dowling, P.; Clements, J. R. 1970. Some factors influencing the germination and early seedling development of pasture plants. *Australian Journal of Agricultural Research*. 21 (1): 19 - 32.
93. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1971. Factors influencing the germination and establishment of pasture seed on the soil surface.

- In: International Grassland Congress (11th., 1970, Queensland, Australia). Proceedings. Queensland, CSIRO. pp. 578-583.
94. Mangado, B.; Saint-Girons, F. 2018. Efecto de la implantación de verdes puros y en mezclas con leguminosas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la Republica. Facultad de Agronomía. 64 p.
  95. MAP. DSF (Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Fertilizantes, UY). 1979. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: descripción de las unidades de suelos. Montevideo. t.3, 452 p.
  96. Marino, M. A. 1996. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento invierno primaveral, la composición química y calidad del forraje de *Avena sativa* y *Lolium multiflorum* Lam. Tesis Magister Scientiae, Universidad Nacional Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias de Balcarce. 104 p.
  97. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2015. Anuario estadístico agropecuario 2015. (en línea). Montevideo. 215 p. Consultado may. 2018. Disponible en <http://www2.mgap.gub.uy/DieaAnterior/Anuario2015/DIEA-Anuario2015-01web.pdf>
  98. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2017. Anuario estadístico agropecuario 2017. (en línea). Montevideo. 208 p. Consultado may. 2018. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/diea-anuario2017web01a.pdf>
  99. Millot, J. C.; Risso, D.; Methol, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en el área ganadera del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.
  100. Minson, D. J.; Milford, R. 1967. The voluntary intake and digestibility of diets containing different proportions of legume and mature Pangola grass (*Digitaria decumbens*). Australian Journal of Experimental Agricultural Animal Husbandry. 7: 546 - 551.
  101. Moliterno, E. 2000. Variables básicas que definen el comportamiento productivo de mezclas forrajeras en su primer año. Agrocienca (Montevideo). 6 (1): 40 - 52.
  102. Muslera, E.; Ratera, C. 1984. Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento. Madrid, España, Mundi-Prensa. 702 p.

103. Nabinger, C.; de Faccio Carvalho, P. C. 2009. Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para su sustentabilidad. *Agrociencia* (Montevideo). 13 (3): 18 - 27.
104. Nyfeler, D.; Huguenin-Elie, O.; Suter, M.; Frossard, E.; Connoll, J.; Lüscher, A. 2009. Strong mixture effects among four species in fertilized agricultural grassland led to persistent and consistent transgressive overyielding. *Journal of Applied Ecology*. 46(3): 683 - 691.
105. Olmos, F. 2001. Tecnología para la mejora de la producción de forraje de Brunosoles del Noreste. In: Berreta, E. J.; Risso, D. F. eds. *Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos del Uruguay*. Montevideo, INIA. pp. 123-148 (Boletín de Divulgación no. 76).
106. Ovalle, M.; Pozo, A.; Fernández, F.; Chavarría, J.; Arredondo, S. 2010. Arrowleaf clover (*Trifolium vesiculosum savi*): a new species of annual legumes for high rainfall areas of the mediterranean climate zone of Chile. (en línea). *Chilean Journal of Agricultural Research*. 70(1): 170-177. Consultado may. 2018. Disponible en <http://www.bioline.org.br/pdf?cj10018>
107. Palacio, M. L. 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. 83 p.
108. Pearse, P. J.; Wilman, D. 1984. Effects of applied nitrogen on grass leaf initiation, development and death in field swards. *The Journal of Agricultural Science*. 103: 405 - 413.
109. Pérez, C.; Arias, A.; Altier, N. 2010. Enfermedades y plagas en pasturas. Manejo de enfermedades de implantación en leguminosas forrajeras, con especial énfasis en el uso de agentes de biocontrol. In: Altier, N.; Rebuffo, M.; Cabrera, K. eds. *Enfermedades y plagas en pasturas*. Montevideo, INIA. pp. 111-122 (Serie Técnica no. 183).
110. Pérez García, F.; Martínez-Laborde, J. B. 1994. *Introducción a la fisiología vegetal*. Madrid, Mundi-Prensa. 170 p.
111. Perrachón, J. 2013. Instalación de pasturas perennes. *Revista Plan Agropecuario*. no. 146: 48 - 53.
112. Pozzolo, O. 2006. *Recomendaciones para implantación de pasturas*. Concepción del Uruguay, Argentina, INTA. s.p.

113. Rebuffo, M. 2000. Implantación. *In*: Rebuffo, M.; Risso, D. F.; Restaino, E. eds. Tecnología en alfalfa. Montevideo, INIA. pp. 29-36 (Boletín de Divulgación no. 69).
114. Risso, D. 1991. Siembras en el tapiz, consideraciones generales y estado actual de la información en la zona de suelos sobre cristalino. *In*: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 71-82 (Serie Técnica no. 13).
115. Robson, M. J.; Ryle, G. J. A.; Wodledge, J. 1988. The grass plant - its form and function. *In*: Jones, M. B.; Lazenby, A. eds. The grass crop: the physiological basis of production. London, UK, Chapman & Hall. pp. 25-83.
116. Romero, L. 2001. Para lograr lo que queremos al sembrar. (en línea). Rafaela, INTA. 3 p. Consultado abr. 2018. Disponible en <http://rafaela.inta.gov.ar/revistas/pxx10201.htm>
117. \_\_\_\_\_. 2009. Siembra de pasturas en primavera. INTA Rafaela. Cuadernos de la alfalfa no. 2. 59 p.
118. Rosengurtt, B.; Arrillaga, B.; Izaguirre, P., 1970. Gramíneas de ciclo invernal, poáceas: *Lolium* l. *In*: Gramíneas uruguayas. Montevideo, Uruguay, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 119-123.
119. Santiñaque, F. 1979. Estudios sobre productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 86 p.
120. \_\_\_\_\_.; Carámbula, M. 1981. Productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. Miscelánea CIAAB. no. 1: 16 - 21.
121. Serrao, E. A. S.; Dias Filho, M. B. 1988. Establecimiento y recuperación de pasturas a nivel de productor en el trópico húmedo brasileño. *In*: Reunión del Comité Asesor de la RIEPT (6ª., 1988, Veracruz, México). Establecimiento y renovación de pasturas: memorias. Cali, CIAT. pp. 14-23.
122. Sletvold, N. 2005. Density-dependent growth and survival in a natural population of the facultative biennial *Digitalis purpurea*. *Journal of Ecology*. 93 (4): 727 - 736.
123. Soto, P. 1996. Consideraciones para elegir una especie o mezcla forrajera. *In*: Ruiz, I. ed. Praderas para Chile. Santiago, Chile, INIA. cap. 6, pp. 140-206.

124. Soussana, J. F.; Tallec, T. 2010. Can we understand and predict the regulation of biological N<sub>2</sub> fixation in grassland ecosystems?. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 88: 197 – 213.
125. Stanton, M. L. 1984. Seed variation in wild radish: effect of seed size on components of seedling and adult fitness. *Ecology*. 65: 1105-1112.
126. Stern, W. R.; Donald, C. M. 1962. Light relationships in grass-clover swards. *Australian Journal of Agricultural Research*. 13(4): 599 - 614.
127. Thomas, H.; Norris, I. B. 1981. The Influence of light and temperature on growth and death in simulated swards of *Lolium perenne*. (en línea). *Grass and Forage Science*. 2 (36): 107 - 116. Consultado abr. 2018. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2494.1981.tb01546.x>
128. UdelaR. FA (Universidad de la República. Facultad de Agronomía, UY). 2017. Resumen meteorológico del año anterior. (en línea). Paysandú. 1 p. Consultado abr. 2018. Disponible en <https://ingbio.paap.cup.edu.uy/~estmet/NOAAPRYR.TXT>
129. UPNA (Universidad Pública de Navarra, ES). s.f. *Trifolium resupinatum*. (en línea). Tudela. s.p. Consultado may. 2018. Disponible en [http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Trif\\_resu\\_p.htm](http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Trif_resu_p.htm)
130. Van Loo, E. 1993. On the relation between tillering, leaf area dynamics and growth of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Thesis PhD. Wageningen, The Netherlands, Landbouwniversiteit. 169 p.
131. Vernet, E. 2005. Manual de consulta para implantación de pasturas. Buenos Aires, Argentina, s.e. 48 p.
132. Whitehead, D. 1995. Grassland nitrogen. Wallingford, UK, CABI. 397 p.
133. Wilman, D.; Droushiotis, D.; Mzamane, M. N.; Shim, J. S. 1977. The effect of interval between harvests and nitrogen application on initiation, emergence and longevity of leaves, longevity of tillers and dimensions and weights of leaves and 'stems' in *Lolium*. *The Journal of Agricultural Science*. 89: 65 - 79.
134. \_\_\_\_\_; Mohamed, A. A. 1980. Early spring and late autumn response to applied nitrogen in four grasses: 2. Leaf development. *Journal of Agricultural Science*. 94(2): 443 - 453.
135. 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 may. 2018. Disponible en

<http://www.planagro.com.uy/publicaciones/uedy/Publica/Cart2/Cart2.htm>

136. \_\_\_\_\_.; Ducamp, F.; Bruni, M. 2003. Utilización de verdeos de invierno en sistemas de producción animal. UEDY. Cartilla no. 17. pp. 1-9.
137. \_\_\_\_\_.; Zibil, S.; Ernst, O.; Chilibroste, P. 2003. Manejo del pastoreo y producción de forraje: resultados del monitoreo durante el año 2003. In: Proyecto: Interacción Alimentación – Reproducción. Montevideo, CONAPROLE. Área de producción lechera. cap. 3, pp. 25-34.
138. \_\_\_\_\_. 2010. Estado actual del conocimiento en producción de pasturas, brecha tecnológica. In: Congreso de la Asociación Uruguaya de Producción Animal (14<sup>o</sup>., 2010, Montevideo). Trabajos presentados. Agrocienza (Uruguay). 14(3): 26 - 30.
139. Zhang, X.; Wang, Q.; Linghao, L.; Xingguo, H. 2008. Seasonal variations in nitrogen mineralization under three land use types in a grassland Landscape. Acta Oecologica. 34: 322 - 330.

9. ANEXOS

Anexo No. 1. Balance hídrico para el período en estudio

MES	PP (mm)*	ETP (mm)**	PP-ETP (mm)	BH (mm)***
FEB.	455	120	415	80
MAR.	133	100	113	80
ABR.	111	90	101	80
MAY.	203	30	253	80
JUN.	20	30	70	70
JUL.	55	40	85	80

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

Anexo No. 2. Análisis estadístico de implantación promedio

**Deviance Residuals:**

Min.	1Q	Median	3Q	Max.
-5.0455	-1.3948	-0.1979	1.2019	6.1399

**Coefficients:**

	Estimate	Std.Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	4.089857	0.027429	149.109	< 2e-16 ***
BLOQUE2	-0.248118	0.028541	-8.693	< 2e-16 ***
BLOQUE3	-0.414458	0.026104	-15.877	< 2e-16 ***
BLOQUE4	-0.493803	0.030798	-16.034	< 2e-16 ***
ESPECIERg.	-0.002999	0.029133	-0.103	0.9180
FERT.32	0.115520	0.028306	4.081	4.48e-05 ***
FECHA3	-0.241857	0.022340	-10.826	< 2e-16 ***
FECHA4	-0.377838	0.030181	-12.519	< 2e-16 ***
<u>ESPRg:FERT.32</u>	<u>-0.066944</u>	<u>0.040386</u>	<u>-1.658</u>	<u>0.0974 .</u>

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Null deviance: 1576.7 on 239 degrees of freedom

Residual deviance: 1011.7 on 231 degrees of freedom

Trat.	lsmean	SE	d.f.	asypm.LCL	asypm.UCL	group
Rg-0	3.591198	0.02158703	NA	3.548889	3.633508	1
Mz-0	3.594198	0.02155754	NA	3.551946	3.636450	1
Rg-32	3.639775	0.02111510	NA	3.598390	3.681160	12
<u>Mz-32</u>	<u>3.709718</u>	<u>0.02045729</u>	<u>NA</u>	<u>3.669622</u>	<u>3.749813</u>	<u>2</u>

Results are averaged over the levels of: BLOQUE, FECHA

Results are given on the log (not the response) scale.

Confidence level used: 0.95

P value adjustment: tukey method for comparing a family of 4 estimates

Tests are performed on the log scale significance level used: alpha = 0.05

FECHA	lsmean	SE	d.f.	asymp.LCL	asymp.UCL	group
4	3.462449	0.02674745	NA	3.410025	3.514873	1
3	3.598430	0.01683937	NA	3.565425	3.631435	2
2	3.840287	0.01495014	NA	3.810985	3.869589	3

Results are averaged over the levels of: BLOQUE, ESPECIE, FERT.

Results are given on the log (not the response) scale.

Confidence level used: 0.95

P value adjustment: tukey method for comparing a family of 3 estimates

Tests are performed on the log scale significance level used: alpha = 0.1

### Anexo No. 3. Análisis estadístico de implantación raigrás

#### Deviance Residuals:

Min.	1Q	Median	3Q	Max.
-4.9618	-1.6575	-0.1396	1.2241	6.4590

#### Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	4.20823	0.02644	159.142	< 2e-16 ***
BLOQUE2	-0.31660	0.02824	-11.210	< 2e-16 ***
BLOQUE3	-0.42561	0.02551	-16.682	< 2e-16 ***
BLOQUE4	-0.54905	0.03040	-18.062	< 2e-16 ***
ESP.Rg.	-0.08343	0.02857	-2.921	0.00349 **
FERT.32	0.07529	0.02745	2.743	0.00610 **
FECHA3	-0.25288	0.02199	-11.502	< 2e-16 ***
FECHA4	-0.42378	0.02972	-14.261	< 2e-16 ***
ESP.Rg:FERT.32	-0.02671	0.03979	-0.671	0.50206

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Null deviance: 1818.1 on 239 degrees of freedom

Residual deviance: 1143.5 on 231 degrees of freedom

ESP.	lsmean	SE	d.f.	asypm.LCL	asypm.UCL	group
Rg.	3.600725	0.01580711	NA	3.569744	3.631706	1
Mezcla	3.697505	0.01519231	NA	3.667729	3.727282	2

Results are averaged over the levels of: BLOQUE, FERT., FECHA

Results are given on the log (not the response) scale.

Confidence level used: 0.95

Tests are performed on the log scale significance level used: alpha = 0.05

FERT.	lsmean	SE	d.f.	asypm.LCL	asypm.UCL	group
0	3.618149	0.01569709	NA	3.587384	3.648915	1
32	3.680081	0.01530595	NA	3.650082	3.710080	2

Results are averaged over the levels of: BLOQUE, ESPECIE, FECHA

Results are given on the log (not the response) scale.

Confidence level used: 0.95

Tests are performed on the log scale significance level used: alpha = 0.05

FECHA	lsmean	SE	d.f.	asypm.LCL	asypm.UCL	group
4	3.450885	0.02648484	NA	3.398976	3.502795	1
3	3.621790	0.01663692	NA	3.589182	3.654398	2
2	3.874670	0.01469663	NA	3.845865	3.903475	3

Results are averaged over the levels of: BLOQUE, ESPECIE, FERT.

Results are given on the log (not the response) scale.

Confidence level used: 0.95

P value adjustment: tukey method for comparing a family of 3 estimates

Tests are performed on the log scale significance level used: alpha = 0.05

Anexo No. 4. Análisis estadístico de implantación de leguminosas

**Deviance Residuals:**

Min.	1Q	Median	3Q	Max.
-7.5063	-2.5610	-0.8458	1.1028	12.8841

**Coefficients:**

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	3.63259	0.03802	95.535	< 2e-16 ***
BLOQUE2	0.05288	0.04372	1.210	0.226
BLOQUE3	-0.23983	0.03997	-6.000	1.97e-09 ***
BLOQUE4	-0.25967	0.04776	-5.437	5.40e-08 ***
FERT64	0.23917	0.03086	7.749	9.26e-15 ***
FECHA3	-0.18796	0.03444	-5.457	4.83e-08 ***
FECHA4	-0.07111	0.04477	-1.588	0.112

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Null deviance: 1676.2 on 119 degrees of freedom

Residual deviance: 1507.7 on 113 degrees of freedom

FECHA	lsmean	SE	d.f.	asymp.LCL	asymp.UCL	group
3	3.452568	0.02563305	NA	3.402328	3.502808	1
4	3.569417	0.03832896	NA	3.494294	3.644541	2
2	3.640524	0.02336470	NA	3.594730	3.686318	2

Results are averaged over the levels of: BLOQUE, FERT.

Results are given on the log (not the response) scale.

Confidence level used: 0.95

P value adjustment: tukey method for comparing a family of 3 estimates

Tests are performed on the log scale significance level used: alpha = 0.05

FERT.	lsmean	SE	d.f.	asympt.LCL	asympt.UCL	group
0	3.434585	0.02441173	NA	3.386738	3.482431	1
32	3.673755	0.02196705	NA	3.630700	3.716810	2

Results are averaged over the levels of: BLOQUE, FECHA

Results are given on the log (not the response) scale.

Confidence level used: 0.95

Tests are performed on the log scale significance level used: alpha = 0.05

Anexo No. 5. Análisis estadístico número de plantas totales/m<sup>2</sup> según alternativa forrajera a través del tiempo

### Alternativa forrajera: raigrás puro

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	20639,5657	20639,5657	5,27631991	0,04447898
Residuos	10	39117,3509	3911,73509		
Total	11	59756,9167			

#### Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0,58770067
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,34539208
R <sup>2</sup> ajustado	0,27993129
Error típico	62,5438653
Observaciones	12

### Alternativa forrajera: mezcla

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	5410,03211	5410,03211	2,0029576	0,18737165
Residuos	10	27010,2179	2701,02179		
Total	11	32420,25			

#### Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,4084997
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,166872
R <sup>2</sup> ajustado	0,08355921
Error típico	51,9713555
Observaciones	12

Anexo No. 6. Análisis estadístico número de plantas/m<sup>2</sup> de raigrás

#### Deviance Residuals:

Min.	1Q	Median	3Q	Max.
-12.690	-3.738	-0.286	3.066	13.961

**Coefficients:**

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	5.666330	0.012149	466.413	< 2e-16 ***
BLOQUE2	-0.284077	0.012067	-23.541	< 2e-16 ***
BLOQUE3	-0.441717	0.011060	-39.939	< 2e-16 ***
BLOQUE4	-0.520046	0.012991	-40.030	< 2e-16 ***
FECHA3	-0.248539	0.009433	-26.348	< 2e-16 ***
FECHA4	-0.422135	0.012852	-32.845	< 2e-16 ***
ESP.Rg.	0.336208	0.012431	27.047	< 2e-16 ***
FERT.64	0.075287	0.013180	5.712	1.12e-08 ***
<u>ESP.Rg.:FERT.32</u>	<u>-0.026710</u>	<u>0.017305</u>	<u>-1.544</u>	<u>0.123</u>

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Null deviance: 11338 on 239 degrees of freedom

Residual deviance: 6454 on 231 degrees of freedom

ESPECIE	lsmean	SE	d.f.	asyp.LCL	asyp.UCL	group
Mezcla	5.168955	0.007154088	NA	5.154933	5.182977	1
<u>Rg.</u>	<u>5.491808</u>	<u>0.006259793</u>	<u>NA</u>	<u>5.479539</u>	<u>5.504077</u>	<u>2</u>

Results are averaged over the levels of: BLOQUE, FECHA, FERT.

Results are given on the log (not the response) scale.

Confidence level used: 0.95

Tests are performed on the log scale significance level used: alpha = 0.1

FERT.	lsmean	SE	d.f.	asyp.LCL	asyp.UCL	group
0	5.299416	0.006810410	NA	5.286068	5.312764	1
<u>32</u>	<u>5.361347</u>	<u>0.006632066</u>	<u>NA</u>	<u>5.348349</u>	<u>5.374346</u>	<u>2</u>

Results are averaged over the levels of: BLOQUE, FECHA, ESPECIE

Results are given on the log (not the response) scale.

Confidence level used: 0.95

Tests are performed on the log scale

Significance level used: alpha = 0.1

FECHA	lsmean	SE	d.f.	asympt.LCL	asympt.UCL	group
4	5.131805	0.011462155	NA	5.109339	5.154270	1
3	5.305401	0.007157900	NA	5.291371	5.319430	2
2	5.553940	0.006343082	NA	5.541508	5.566372	3

Results are averaged over the levels of: BLOQUE, ESPECIE, FERT.

Results are given on the log (not the response) scale.

Confidence level used: 0.95

P value adjustment: tukey method for comparing a family of 3 estimates

Tests are performed on the log scale

Significance level used: alpha = 0.1

### Análisis de la varianza

FERT.	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj.	CV
0,00	No.PLANTAS/m2	120	0,17	0,15	37,26

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	g.l.	CM	F	p-valor
Modelo.	162277,01	2	81138,51	11,87	<0,0001
FECHA	162277,01	2	81138,51	11,87	<0,0001
Error	799778,85	117	6835,72		
Total	962055,87	119			

### Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=40,39024

Error: 6835,7167 g.l.: 117

FECHA	Medias	n	E.E.	
11/05/2017	s.d.	0	s.d.	A
22/06/2017	168,63	24	16,88	B
12/06/2017	206,81	48	11,93	B
29/05/2017	263,54	48	11,93	C

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

### Análisis de la varianza

FERT. Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj.	CV
32,00 No.PLANTAS/m2	120	0,06	0,04	50,27

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	g.l.	CM	F	p-valor
Modelo	99920,91	2	49960,45	3,56	0,0315
FECHA	99920,91	2	49960,45	3,56	0,0315
Error	1641290,08	117	14028,12		
Total	1741210,99	119			

### Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=57,86076

Error: 14028,1204 g.l.: 117

FECHA	Medias	n	E.E.		
11/05/2017	sd	0	sd	A	
12/06/2017	209,94	48	17,10	B	
22/06/2017	216,46	24	24,18	B	C
29/05/2017	270,81	48	17,10		C

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

### Número plantas raigrás/m<sup>2</sup> a través del tiempo

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	11681,4924	11681,4924	4,01765155	0,07285083
Residuos	10	29075,4243	2907,54243		
Total	11	40756,9167			

---

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,53536319
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,28661374
R <sup>2</sup> ajustado	0,21527512
Error típico	53,9216323
Observaciones	12

---

**Número plantas raigrás/m<sup>2</sup> a través del tiempo fertilización "0" promedio puro y mezcla**

ANÁLISIS DE VARIANZA

---

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	18262,8991	18262,8991	30,5650052	0,00025152
Residuos	10	5975,10092	597,510092		
Total	11	24238			

---



---

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,86803347
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,7534821
R <sup>2</sup> ajustado	0,72883031
Error típico	24,4440195
Observaciones	12

---

**Número plantas raigrás/m<sup>2</sup> a través del tiempo fertilización “32” promedio puro y mezcla**

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	6723,86697	6723,86697	0,84861809	0,37863163
Residuos	10	79233,133	7923,3133		
Total	11	85957			

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,27968484
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,07822361
R <sup>2</sup> ajustado	-0,01395403
Error típico	89,0129951
Observaciones	12

**Número plantas raigrás/m<sup>2</sup> a través del tiempo fertilización “Rg-0”**

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	30034,5933	30034,5933	19,0160683	0,0014195
Residuos	10	15794,3234	1579,43234		
Total	11	45828,9167			

---

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,80954516
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,65536337
R <sup>2</sup> ajustado	0,62089971
Error típico	39,7420727
Observaciones	12

---

**Número plantas raigrás/m<sup>2</sup> a través del tiempo fertilización "Rg-32"**

---

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	13162,6239	13162,6239	0,92537236	0,35875178
Residuos	10	142241,376	14224,1376		
Total	11	155404			

---



---

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,29103159
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,08469939
R <sup>2</sup> ajustado	-0,00683067
Error típico	119,264989
Observaciones	12

---

### Número plantas raigrás/m<sup>2</sup> a través del tiempo fertilización “Mezcla-0”

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	16046,4224	16046,4224	3,74940552	0,08157413
Residuos	10	42797,2443	4279,72443		
Total	11	58843,6667			

#### Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,52220286
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,27269583
R <sup>2</sup> ajustado	0,19996541
Error típico	65,4196028
Observaciones	12

### Número plantas raigrás/m<sup>2</sup> a través del tiempo fertilización “Mezcla-32”

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	3706,80275	3706,80275	0,30808842	0,59105423
Residuos	10	120316,197	12031,6197		
Total	11	124023			

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,17288154
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,02988803
R <sup>2</sup> ajustado	-0,06712317
Error típico	109,68874
Observaciones	12

Anexo No. 7. Análisis estadístico número de plantas/m<sup>2</sup> leguminosas

**Deviance Residuals:**

Min.	1Q	Median	3Q	Max.
-15.061	-5.139	-1.697	2.213	25.852

**Coefficients:**

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	5.02537	0.01895	265.185	< 2e-16 ***
BLOQUE2	0.05288	0.02179	2.427	0.01522 *
BLOQUE3	-0.23983	0.01992	-12.039	< 2e-16 ***
BLOQUE4	-0.25967	0.02380	-10.910	< 2e-16 ***
FECHA3	-0.18796	0.01716	-10.950	< 2e-16 ***
FECHA4	-0.07111	0.02231	-3.187	0.00144 **
FERT.32	0.23917	0.01538	15.548	< 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

FERT.	lsmean	SE	df	aymp.LCL	asympt.UCL	group
0	4.827358	0.01216639	NA	4.803512	4.851204	1
32	5.066528	0.01094800	NA	5.045071	5.087986	2

Results are averaged over the levels of: BLOQUE, FECHA

Results are given on the log (not the response) scale.

Confidence level used: 0.95

Tests are performed on the log scale significance level used: alpha = 0.1

FECHA	lsmean	SE	df	asympt.LCL	asympt.UCL	group
3	4.845342	0.01277507	NA	4.820303	4.870380	1
4	4.962191	0.01910250	NA	4.924751	4.999631	2
2	5.033297	0.01164457	NA	5.010474	5.056120	3

Results are averaged over the levels of: BLOQUE, FERT.

Results are given on the log (not the response) scale.

Confidence level used: 0.95

P value adjustment: tukey method for comparing a family of 3 estimates

Tests are performed on the log scale significance level used: alpha = 0.1

## Anexo No. 8. Análisis estadístico número macollos/m<sup>2</sup>

### Deviance Residuals:

Min.	1Q	Median	3Q	Max.
-37.373	-8.309	-1.224	7.004	37.053

**Coefficients:**

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	7.157254	0.005436	1316.58	<2e-16 ***
BLOQUE2	-0.309976	0.005311	-58.37	<2e-16 ***
BLOQUE3	-0.413401	0.004658	-88.76	<2e-16 ***
BLOQUE4	-0.480618	0.005603	-85.77	<2e-16 ***
FECHA3	-0.105946	0.004096	-25.87	<2e-16 ***
FECHA4	-0.136893	0.005279	-25.93	<2e-16 ***
ESP.Rg.	0.400245	0.005499	72.78	<2e-16 ***
FERT.32	0.311817	0.005600	55.68	<2e-16 ***
<u>ESP.Rg:FERT.32</u>	<u>-0.262504</u>	<u>0.007419</u>	<u>-35.38</u>	<u>&lt;2e-16 ***</u>

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Null deviance: 52779 on 239 degrees of freedom

Residual deviance: 32593 on 231 degrees of freedom

TRAT. FERT.	lsmean	SE	d.f.	asymp.LCL	asymp.UCL	group
Mz-0	6.790865	0.004297918	NA	6.782441	6.799289	1
Mz-32	7.102682	0.003690769	NA	7.095448	7.109916	2
Rg-0	7.191110	0.003535523	NA	7.184180	7.198039	3
<u>Rg-32</u>	<u>7.240423</u>	<u>0.003451958</u>	<u>NA</u>	<u>7.233657</u>	<u>7.247188</u>	<u>4</u>

Results are averaged over the levels of: BLOQUE

Results are given on the log (not the response) scale.

Confidence level used: 0.95

P value adjustment: tukey method for comparing a family of 4 estimates

Tests are performed on the log scale

Significance level used: alpha = 0.1

FECHA	lsmean	SE	d.f.	asypm.LCL	asypm.UCL	group
4	7.009767	0.004574180	NA	7.000802	7.018732	1
3	7.040715	0.003008684	NA	7.034818	7.046611	2
2	7.146660	0.002857348	NA	7.141060	7.152260	3

Results are averaged over the levels of: BLOQUE, ESPECIE, FERT.

Results are given on the log (not the response) scale.

Confidence level used: 0.95

P value adjustment: tukey method for comparing a family of 3 estimates

Tests are performed on the log scale

Significance level used: alpha = 0.1

## ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	7634,54167	7634,54167	0,09936771	0,75906941
Residuos	10	768312,125	76831,2125		
Total	11	775946,667			

### Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,09919175
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,009839
R <sup>2</sup> ajustado	-0,0891771
Error típico	277,184438
Observaciones	12

### Macollos/m<sup>2</sup> “Rg-0” a través del tiempo

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	55560,8318	55560,8318	2,67610752	0,13290845
Residuos	10	207618,085	20761,8085		
Total	11	263178,917			

#### Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0,45947176
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,2111143
R <sup>2</sup> ajustado	0,13222573
Error típico	144,089585
Observaciones	12

### Macollos/m<sup>2</sup> “Rg-32” a través del tiempo

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	103026,716	103026,716	0,26056497	0,62081016
Residuos	10	3953974,2	395397,42		
Total	11	4057000,92			

---

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,15935745
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,0253948
R <sup>2</sup> ajustado	-0,07206572
Error típico	628,806345
Observaciones	12

---

### Macollos/m<sup>2</sup> “Mezcla-0” a través del tiempo

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

---

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	47268,5015	47268,5015	1,14059917	0,31062893
Residuos	10	414418,165	41441,8165		
Total	11	461686,667			

---



---

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,3199722
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,10238221
R <sup>2</sup> ajustado	0,01262043
Error típico	203,572632
Observaciones	12

---

## Macollos/m<sup>2</sup> “Mezcla-32” a través del tiempo

### ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	125,508028	125,508028	0,00149862	0,9698819
Residuos	10	837488,492	83748,8492		
Total	11	837614			

### Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,01224091
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,00014984
R <sup>2</sup> ajustado	-0,09983518
Error típico	289,393934
Observaciones	12

Anexo No. 9. Análisis estadístico número macollos/planta

### Deviance Residuals:

Min.	1Q	Median	3Q	Max.
-1.7455	-0.5655	-0.2107	0.3947	3.3654

**Coefficients:**

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	0.85963	0.08793	9.776	< 2e-16 ***
BLOQUE2	0.06268	0.07370	0.850	0.39507
BLOQUE3	0.01811	0.06368	0.284	0.77612
BLOQUE4	0.05405	0.07387	0.732	0.46437
FECHA2	0.69000	0.07689	8.974	< 2e-16 ***
FECHA3	0.84117	0.07506	11.206	< 2e-16 ***
FECHA4	0.97516	0.08809	11.070	< 2e-16 ***
ESP.Rg.	0.05812	0.07082	0.821	0.41182
FERT.32	0.19561	0.06858	2.852	0.00434 **
ESP.Rg:FERT.32	-0.20084	0.09791	-2.051	0.04023 *

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Null deviance: 387.18 on 335 degrees of freedom

Residual deviance: 194.76 on 326 degrees of freedom

Number of Fisher Scoring iterations: 4

FECHA	lsmean	SE	d.f.	asymp.LCL	asymp.UCL	group
1	0.9699911	0.06277423	NA	0.8469559	1.093026	1
2	1.6599910	0.04447816	NA	1.5728154	1.747167	2
3	1.8111627	0.04124627	NA	1.7303215	1.892004	3
4	1.9451552	0.06155627	NA	1.8245071	2.065803	3

Results are given on the log (not the response) scale.

Confidence level used: 0.95

P value adjustment: tukey method for comparing a family of 4 estimates

Tests are performed on the log scale

Significance level used: alpha = 0.1

TRAT.	lsmean	SE	d.f.	asyp.LCL	asyp.UCL	group
Mz-0	1.519920	0.05186882	NA	1.418259	1.621581	1
Rg-32	1.572808	0.05057100	NA	1.473690	1.671925	12
Rg-0	1.578044	0.05044453	NA	1.479174	1.676913	12
Mz-32	1.715529	0.04724271	NA	1.622935	1.808123	2

Results are averaged over the levels of: BLOQUE, FECHA

Results are given on the log (not the response) scale.

Confidence level used: 0.95

Tests are performed on the log scale

Significance level used: alpha = 0.1

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	32,7110944	32,7110944	79,9725607	3,6593E-07
Residuos	14	5,72640562	0,40902897		
Total	15	38,4375			

#### Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0,92250764
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,85102034
R <sup>2</sup> ajustado	0,84037894
Error típico	0,63955373
Observaciones	16

### Macollos/planta "Rg-0"

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	44,0665161	44,0665161	65,8341994	1,1613E-06
Residuos	14	9,37098394	0,669356		
Total	15	53,4375			

#### Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,90809502
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,82463656
R <sup>2</sup> ajustado	0,8121106
Error típico	0,81814179
Observaciones	16

### Macollos/planta "Rg-32"

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	26,8396084	26,8396084	15,9232242	0,00134109
Residuos	14	23,5978916	1,68556368		
Total	15	50,4375			

---

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,72947651
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,53213598
R <sup>2</sup> ajustado	0,49871712
Error típico	1,2982926
Observaciones	16

---

### Macollos/planta "Mezcla-0"

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

---

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	42,1937751	42,1937751	101,737852	8,3951E-08
Residuos	14	5,8062249	0,41473035		
Total	15	48			

---



---

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,93756972
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,87903698
R <sup>2</sup> ajustado	0,87039677
Error típico	0,64399561
Observaciones	16

---

### Macollos/planta "Mezcla-32"

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

---

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	36,2449799	36,2449799	28,9876685	9,6348E-05
Residuos	14	17,5050201	1,25035858		
Total	15	53,75			

---

---

#### Estadísticas de la regresión

---

Coeficiente de correlación múltiple	0,82117307
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,67432521
R <sup>2</sup> ajustado	0,65106272
Error típico	1,11819434
Observaciones	16

---

Anexo No. 10. Análisis estadístico número de hojas

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj.	CV
HOJAS/MACOLLO	288	0,22	0,18	15,87

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo.	10,20	12	0,85	6,31	<0,0001
DPS	6,09	2	3,05	22,63	<0,0001
BLOQUE	0,67	3	0,22	1,65	0,1776
ESPECIE	0,18	1	0,18	1,36	0,2453
FERT	0,02	1	0,02	0,13	0,7181
DPS*ESPECIE	0,10	2	0,05	0,39	0,6784
DPS *FERT.	0,46	2	0,23	1,70	0,1851
ESPECIE*FERT.	2,67	1	2,67	19,86	<0,0001
Error	37,02	275	0,13		
Total	47,22	287			

**No. hojas según días postsiembra**

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,10881**

Error: 0,1346 g.l.: 275

DPS	Medias	n	E.E.	
54,00	2,45	96	0,04	A
68,00	2,38	96	0,04	A
36,00	2,11	96	0,04	B

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

**No. hojas/planta leguminosa**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj.	CV
----------	---	----------------	--------------------	----

No.HOJAS/PLANTA      144   0,82   0,81   13,04

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>S.C.</u>	<u>g.l.</u>	<u>C.M.</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	182,74	8	22,84	79,52	<0,0001
DPS	179,33	2	89,67	312,15	<0,000
BLOQUE	1,29	3	0,43	1,50	0,2180
FERT.	1,38	1	1,38	4,81	0,0301
DPS *FERT.	0,74	2	0,37	1,28	0,2810
Error	38,78	135	0,29		
Total	221,52	143			

**No. hojas (leg.) según días postsiembra**

**Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=0,22478**

Error: 0,2873 g.l.: 135

<u>DPS</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
68,00	5,00	48	0,08	A
54,00	4,79	48	0,08	A
36,00	2,54	48	0,08	B

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

**No. hojas (leg.) según fertilización**

**Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=0,14706**

Error: 0,2873 g.l.: 135

<u>FERT.</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
32,00	4,21	72	0,06	A
0,00	4,01	72	0,06	B

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

Anexo No. 11. Análisis estadístico parte aérea de raigrás

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>C.V.</u>
<u>g/m<sup>2</sup></u>	48	0,10	0,02	39,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>S.C.</u>	<u>g.l.</u>	<u>C.M.</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	22154,17	4	5538,54	1,20	0,3262
Bloque	18644,08	1	18644,08	4,03	0,0511
Mezcla	3267,00	1	3267,00	0,71	0,4056
Nitrógeno	243,00	1	243,00	0,05	0,8199
Mz.*N	0,08	1	0,08	1,8E-05	0,9966
Error	199095,75	43	4630,13		
<b>Total</b>	<b>221249,92</b>	<b>47</b>			

Anexo No. 12. Análisis estadístico peso raíz raigrás

**Análisis de la varianza**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>C.V.</u>
<u>g/m<sup>2</sup></u>	48	0,22	0,15	39,45

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>S.C.</u>	<u>g.l.</u>	<u>C.M.</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	4427,42	4	1106,85	3,03	0,0274
Bloque	526,69	1	526,69	1,44	0,2363
Mezcla	1989,19	1	1989,19	5,45	0,0243
Nitrógeno	1036,02	1	1036,02	2,84	0,0993
Mz.*N	875,52	1	875,52	2,40	0,1288
Error	15698,40	43	365,08		
<b>Total</b>	<b>20125,81</b>	<b>47</b>			

**Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=9,27233**

Error: 365,0790 g.l.: 43

<u>Mezcla</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
Rg.	54,88	24	3,90	A
Mz.	42,00	24	3,90	B

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

**Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=9,27233**

Error: 365,0790 g.l.: 43

<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
0	53,08	24	3,90	A
32	43,79	24	3,90	B

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

**Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=18,42673**

Error: 365,0790 g.l.: 43

<u>Mezcla</u>	<u>Nitrógeno</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
Rg.	0	55,25	12	5,52	A
Rg.	32	54,50	12	5,52	A
Mz.	0	50,92	12	5,52	A B
Mz.	32	33,08	12	5,52	B

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

Anexo No. 13. Análisis estadístico relación parte aérea/raíz raigrás

**Análisis de la varianza**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>C.V.</u>
Rel.P.a./R.	48	0,41	0,35	27,24

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo.	32,70	4	8,18	7,35	0,0001
Bloque	1,25	1	1,25	1,12	0,2954
Mezcla	8,17	1	8,17	7,34	0,0096
Nitrógeno	11,60	1	11,60	10,43	0,0024
Mz.*N	11,68	1	11,68	10,50	0,0023
Error	47,84	43	1,11		
Total	80,54	47			

**Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=0,51187**

Error: 1,1126 g.l.: 43

Mezcla	Medias	n	E.E.	
Mz.	4,29	24	0,22	A
Rq.	3,46	24	0,22	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,10$ )**Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=0,51187**

Error: 1,1126 g.l.: 43

Nitrógeno	Medias	n	E.E.	
32	4,36	24	0,22	A
0	3,38	24	0,22	B

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

**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,01723**

Error: 1,1126 g.l.: 43

Mezcla	Nitrógeno	Medias	n	E.E.	
Mz.	32	5,27	12	0,30	A
Rg.	0	3,46	12	0,30	B
Rg.	32	3,46	12	0,30	B
Mz.	0	3,30	12	0,30	B

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

## Anexo No. 14. Análisis estadístico parte aérea leguminosas

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj.	CV
Aérea T.R.	24	0,12	0,03	83,14

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	S.C.	g.l.	C.M.	F	p-valor
Modelo	2,35	2	1,17	1,37	0,2748
Bloque	0,68	1	0,68	0,79	0,3834
Nitrógeno	1,67	1	1,67	1,96	0,1765
Error	17,93	21	0,85		
Total	20,27	23			

## Anexo No. 15. Análisis estadístico peso raíz de leguminosas

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj.	CV
Raíz T.R.	24	0,12	0,03	74,56

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>S.C.</u>	<u>g.l.</u>	<u>C.M.</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	0,10	2	0,05	1,38	0,2734
Bloque	0,02	1	0,02	0,56	0,4606
Nitrógeno	0,08	1	0,08	2,20	0,1533
Error	0,76	21	0,04		
<u>Total</u>	<u>0,86</u>	<u>23</u>			

Anexo No. 16. Análisis estadístico relación parte aérea/raíz leguminosas

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj.</u>	<u>CV</u>
<u>RelPa/R</u>	<u>21</u>	<u>3,6E-03</u>	<u>0,00</u>	<u>34,40</u>

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>S.C.</u>	<u>g.l.</u>	<u>C.M.</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	0,13	2	0,07	0,03	0,9683
Bloque	0,02	1	0,02	0,01	0,9309
Nitrógeno	0,11	1	0,11	0,05	0,8175
Error	37,23	18	2,07		
<u>Total</u>	<u>37,36</u>	<u>20</u>			