

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE LOS
COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE UNA PASTURA PERENNE DE
PRIMER AÑO

por

Noelia Lujan MARTINEZ DIAZ

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2020

Tesis aprobada por:

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

Ing. Agr. (PhD.) Pablo Boggiano

Ing. Agr. Felipe Casalás

Fecha: 26 de junio de 2020

Autora: -----
Noelia Lujan Martinez Diaz

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, se agradece al tutor MSc. Ing. Agr. Ramiro Zanoniani por haberme brindado la oportunidad de realizar este trabajo.

A los funcionarios de Laboratorio Vegetal, 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.

Por último, muy especialmente a la familia y amigos.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. CONCEPTOS GENERALES DE IMPLANTACIÓN.....	3
2.2. FACTORES QUE AFECTAN LA IMPLANTACIÓN.....	4
2.2.1. <u>Época de siembra</u>	4
2.2.2. <u>Humedad</u>	5
2.2.2. <u>Temperatura</u>	6
2.3. CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES.....	6
2.3.1. <u>Festuca arundinacea</u>	6
2.3.2. <u>Trifolium repens</u>	9
2.3.3. <u>Lotus corniculatus</u>	12
2.4. DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS...	15
2.4.1. <u>Gramíneas</u>	15
2.4.2. <u>Leguminosas</u>	17
2.5. MEZCLA FORRAJERA.....	18
2.6. ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS.....	20
2.6.1. <u>Variables morfogénicas</u>	20
2.6.2. <u>Efecto de los factores ambientales</u>	22
2.6.2.1. Efecto de la temperatura	22
2.6.2.2. Efecto del agua	24
2.6.2.3. Efecto de la calidad y cantidad de luz	25
2.6.3. <u>Efecto del nitrógeno sobre las variables morfogénicas</u>	26
2.7. FERTILIZACIÓN NITROGENADA.....	27

3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	34
3.1. <u>CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES</u>	34
3.1.1. <u>Localización y período experimental</u>	34
3.1.2. <u>Descripción del sitio experimental</u>	34
3.1.3. <u>Caracterización climática</u>	34
3.1.4. <u>Antecedentes del área experimental</u>	35
3.1.5. <u>Tratamientos</u>	35
3.1.6. <u>Diseño experimental</u>	35
3.2. <u>METODOLOGÍA EXPERIMENTAL</u>	36
3.2.1. <u>Variables de crecimiento</u>	37
3.2.1.1. <u>Composición botánica</u>	37
3.2.1.2. <u>Biomasa disponible</u>	37
3.2.2. <u>Variables de desarrollo</u>	38
3.2.2.1. <u>Número de láminas y número folíolos</u>	38
3.2.2.2. <u>Número de macollos y número de tallos</u>	38
3.2.2.3. <u>Peso de macollos</u>	38
3.3. <u>HIPÓTESIS</u>	39
3.3.1. <u>Biológica</u>	39
3.3.2. <u>Estadística</u>	39
3.4. <u>MODELO ESTADÍSTICO</u>	39
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	41
4.1. <u>CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA</u>	41
4.1.1. <u>Temperatura</u>	41
4.1.2. <u>Precipitaciones</u>	42
4.2. <u>NÚMERO DE PLANTAS</u>	45
4.2.1. <u>Festuca</u>	45
4.2.2. <u>Leguminosas</u>	47

4.2.3. <u>Plantas totales</u>	50
4.4. PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA.....	51
4.4.1. <u>Efecto de la fertilización nitrogenada en la producción</u>	57
4.5. NÚMERO DE MACOLLOS	63
4.5.1. <u>Efecto de la fertilización en el macollaje</u>	64
4.5.2. <u>Peso de macollos</u>	66
4.6. NÚMERO TALLOS LEGUMINOSAS	67
4.6.1. <u>Efecto de la fertilización</u>	67
4.7. NÚMERO HOJAS	69
4.7.1. <u>Número de hojas de festuca</u>	69
4.7.2. <u>Número de hojas de leguminosas</u>	71
4.8. COMPOSICIÓN BOTÁNICA.....	71
5. <u>CONCLUSIONES</u>	76
6. <u>RESUMEN</u>	77
7. <u>SUMMARY</u>	78
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	79
9. <u>ANEXOS</u>	92

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Producción de materia seca (kg/ha) según tratamiento para las tres fechas de mediciones	57
2. Evolución de la fracción gramínea en kg MS/ha según tratamiento.....	59
3. Evolución de la fracción leguminosa en kg MS/ha según tratamiento.....	61
4. Evolución del número de macollos/planta según tratamiento	64
5. Evolución del número de macollos/m ² según tratamiento.....	64
6. Peso de macollos (g) según tratamiento a través del tiempo	66
7. Evolución del número de tallos de lotus/m ² según tratamiento	68
8. Evolución del número de tallos de trébol blanco/m ² según tratamiento.....	68
9. Número de hojas de festuca por macollo según días post siembra.....	70
10. Número de hojas de trébol blanco por planta según días post siembra	71
11. Número de hojas de lotus por planta según días post siembra	71
 Figura No.	
1. Relaciones entre características morfogénicas de las plantas y variables estructurales de las pasturas.....	21
2. Croquis del área experimental	36
3. Temperaturas máximas, mínimas y promedio históricas nacionales y para el año del ensayo	41
4. Precipitaciones acumuladas para la serie histórica (S. H.) 1961-1990 y para el año en estudio (2018) en Paysandú.....	43
5. Número de plantas de festuca por m ² a través del tiempo	45
6. Número de plantas de festuca/m ² según nivel de fertilización a través del tiempo	46
7. Número de plantas de leguminosas por m ² a través del tiempo	48

8. Número de plantas de leguminosas/m ² según el nivel de fertilización a través del tiempo	48
9. Número de plantas totales/m ² a través del tiempo según tratamiento....	50
10. Relación entre número de plantas de festuca/m ² y producción de MS (kg/ha).....	52
11. Relación entre número de plantas de leguminosas/m ² y producción de MS (kg/ha).....	52
12. Evolución de producción de MS (kg/ha) y el número de macollos/m ² a través del tiempo	53
13. Relación entre el número de macollos por m ² y producción de MS (kg/ha)	54
14. Evolución de producción de MS (kg/ha) y el número de ramificaciones de leguminosas/m ² a través del tiempo.....	55
15. Relación entre número de ramificaciones por m ² y producción de MS (kg/ha).....	57
16. Macollos/planta y macollos/m ² a través del tiempo	63
17. Tallos de leguminosas por m ² según nivel de fertilización a través del tiempo	67
18. Porcentaje de cada componente dentro de la mezcla sin aporte de nitrógeno	72
19. Porcentaje de cada componente dentro de la mezcla con aporte de nitrógeno	73

1. INTRODUCCIÓN

La producción agropecuaria en Uruguay tiene una gran relevancia representando el PBI agropecuario para el año 2017 8,3% del PBI total (MGAP. DIEA, 2018). Dentro de esta actividad uno de los subsectores más importantes es la actividad pecuaria representando en porcentaje sobre dólares corrientes, 45 % durante el período 2010-2016. La producción de forraje para esta actividad se basa en diferentes alternativas siendo las más extensivas las pasturas naturales y los mejoramientos de campo natural, hasta opciones más intensivas como son las pasturas perennes y verdeos.

El uso de pasturas mejoradas permite levantar las restricciones que puede tener el campo natural por su estacionalidad, con muy baja productividad en invierno debido al predominio de especies estivales, y por la pérdida de especies productivas que conllevan a una menor calidad.

Las pasturas cultivadas realizadas con mezcla de especies perennes y complementarias en su ciclo permiten tener una buena distribución estacional a diferencia de mezclas forrajeras compuestas por mezcla de especies anuales y bianuales invernales, que determina que por lo menos el 50% del área del suelo se encuentre descubierto en el período que va desde octubre a mayo (Zanoniani, 2010). Además de equilibrar la oferta forrajera a lo largo del año, también aumentan la calidad y producción, sin embargo, el éxito de las mismas depende de la buena implantación influyendo sobre la persistencia y producción de la pradera.

La implantación es una fase determinante de las pasturas no solo de su producción durante el primer año sino sobre su comportamiento productivo en los años siguientes. Las pasturas son una inversión a largo plazo donde el objetivo principal es lograr el máximo de producción de forraje, y la etapa de implantación es fundamental para lograr dicho propósito ya que se define el éxito en la introducción de una especie deseada en el lugar seleccionado (Zarza et al., 2013).

La implantación se considera una limitante ya que generalmente las semillas forrajeras son de pequeño tamaño, tienen un crecimiento inicial lento y tienen poca habilidad competitiva frente a malezas en sus estadios iniciales. Por eso es un proceso ineficiente siendo de suma importancia mayor control de los factores involucrados en el establecimiento de las pasturas como ser cultivo antecesor, fecha y método de siembra, herbicidas, pastoreo y manejo de la fertilización.

Una de las formas de aumentar el potencial de producción de las pasturas es a través de la fertilización. El uso de nitrógeno en el período de establecimiento de las pasturas, como promotor de crecimiento de las

gramíneas y leguminosas previo a la nodulación, puede promover una mayor producción, reduciendo el tiempo de entrada al primer pastoreo.

El presente trabajo tuvo como objetivo principal evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada en la definición de los componentes de rendimiento desde siembra hasta el primer pastoreo de una mezcla forrajera de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONCEPTOS GENERALES DE IMPLANTACIÓN

La persistencia de una plántula depende de su respuesta al ambiente durante la germinación y las primeras etapas de desarrollo vegetativo, tal como lo publican Raguse et al., citados por Carámbula (1977). Para lograr el éxito deben ser considerados especialmente la preparación del suelo, las semillas, los nutrientes y los inoculantes como también las épocas, densidades, métodos y profundidades de siembra (Carámbula, 1977).

La etapa de la implantación es crítica en las pasturas ya que va a influir y determinar la persistencia y producción futura, los errores cometidos durante el primer año van a comprometer la producción durante un período considerable (Langer, 1981a).

La implantación se encuentra durante las primeras etapas de vida de la pradera, limitándose a los 70-90 días luego de la siembra. La misma, es el resultado entre el porcentaje de germinación y la mortandad de plántulas del período. El valor obtenido, indica la habilidad de cada especie o cultivar para contribuir a la composición de la pastura (Carámbula, 2002b).

El establecimiento es determinante no solo de la evolución de la mezcla durante el año de siembra, sino que también en los años subsiguientes, incidiendo en su persistencia productiva. Tal es así, que trabajos realizados por Moliterno (2000) reflejaron que las características de la composición del rendimiento para el total del primer año fueron similares a las obtenidas al primer corte post siembra, lo cual resalta la importancia de los factores involucrados en el establecimiento de las pasturas.

Uno de los factores que incide en la baja implantación de las pasturas, es la semilla. Las semillas forrajeras son pequeñas, débiles, con escasas reservas, presentando un crecimiento inicial lento y poca habilidad competitiva frente a malezas (Carámbula, 1991) por lo que requieren varios meses para estar preparadas para soportar diferentes condiciones ambientales. En este sentido, White (1981) expresa que para obtener un establecimiento satisfactorio es importante la siembra superficial. Perrachon (2013) plantea que cuando se aumenta el tamaño de la semilla, su vigor aumenta y que, si se siembra una semilla de bajo peso a una profundidad mayor que la ideal, se tiene como consecuencia una disminución marcada del número de plantas.

El establecimiento o porcentaje de establecimiento o implantación se refiere al número de plántulas que se establecen en una pastura y se expresan como porcentaje del número de semillas sembradas viables (Carámbula, 2002b). En base a esta determinación este indicador está relacionado con la

capacidad de siembra necesaria para obtener un número de plantas objetivo. Una buena implantación va a determinar necesitar una menor densidad de siembra para llegar a lograr una misma población, así mismo ésta mejor implantación va a determinar una mayor cobertura del suelo reduciendo la interferencia temprana de malezas, teniendo como consecuencia mejor persistencia y producción de la pastura. Esto a su vez tiene un gran impacto en cuanto a lo económico, ya que permite disminuir los costos por hectárea a través de una mayor eficiencia del proceso (Brito del Pino et al., 2008).

Según Formoso (2008) algunos de los factores claves para obtener buenas implantaciones son: utilizar semilla de buena calidad, manejar el sistema suelo-semilla de forma tal que esta última tenga buen contacto con el suelo con el objetivo que ocurra un flujo ininterrumpido de agua durante la germinación y establecimiento, así como también un buen manejo de la fertilización.

2.2. FACTORES QUE AFECTAN LA IMPLANTACIÓN

2.2.1. Época de siembra

La fecha de siembra es el factor de mayor importancia para lograr una buena producción y utilización de forraje, radicando su importancia en la dependencia que presentan las plantas forrajeras a los factores climáticos (temperatura, intensidad de luz y balance hídrico) y a su variación según la época del año (Zanoniani y Nöell, 1997).

En la siembra el objetivo es colocar las semillas en condiciones más favorables, para lograr la emergencia de la mayor cantidad de semillas, de forma uniforme y en el menor tiempo posible. Esto se dará, si ocurre un buen contacto semilla-suelo y se garantiza una adecuada cantidad de agua para que pueda germinar (Perrachon, 2013).

La elección de la época de siembra, es determinante para lograr una buena producción y utilización de forraje y los factores que la definen son: la humedad, temperatura e interacción de ambas. Steppler et al. (1965) determinaron que uno de los objetivos al fijar la fecha de siembra óptima es lograr que las plántulas alcancen un estado de desarrollo que le permitan sobrevivir a un período de estrés temprano.

White (1981) plantea que en general la época de siembra se limita a períodos en los que la temperatura y humedad del suelo son suficientemente alta para permitir una germinación y establecimiento rápidos. Destaca que el otoño y la primavera son los períodos de siembra más comunes, siendo el más favorecedor el de principios de otoño, especialmente en zonas que no están expuestas a heladas fuertes. En las condiciones de Uruguay, las siembras de

primavera pueden tener buenos resultados, pero ocurriría una mayor competencia ejercida por las malezas presentando también riesgo de llegar al verano con un sistema radicular poco desarrollado, provocando en situaciones de estrés hídrico, problemas de persistencia (Perrachon, 2013).

En los meses de junio, julio y agosto no es recomendable la siembra debido a las bajas temperaturas (heladas) y alta humedad del suelo, provocando que las plantas tengan un desarrollo lento y presenten mayor vulnerabilidad a ataques de insectos y hongos del suelo (Perrachon, 2015).

Las siembras tempranas presentan normalmente una mejor implantación y mayor precocidad ya que promueven una población elevada de plántulas vigorosas. Sin embargo, las tardías generalmente presentarán buenas o excesivas condiciones hídricas, con riesgo de temperaturas muy bajas y heladas, además de entrar al invierno con poca superficie radicular pudiendo presentar condiciones de falta de oxígeno y problemas con la nodulación (Carámbula, 2002b).

Muslera y Ratera (1984) plantean que las siembras tardías presentan una menor implantación y precocidad, ya que las condiciones en este período provocan una menor población de plántulas y a su vez más débiles. Estas siembras tras las primeras lluvias, permiten que el período para acumular agua y combatir malezas sea mayor, pero se tiene como inconveniente la llegada de las bajas temperaturas.

A su vez, siembras tardías después del mes de abril, dejan el suelo descubierto gran parte del otoño, sin plantas que puedan aprovechar las buenas condiciones de este período. El atraso de la fecha de siembra determina una disminución de por lo menos 3000 Kg/ha en el período otoño-invernal, teniendo una menor productividad anual, así como también una disminución del área efectiva de pastoreo teniendo como consecuencia una sobrecarga del resto de las pasturas, en conclusión, ocurre una pérdida de productividad y persistencia (Zanoniani, 2010).

2.2.2. Humedad

Para que se dé una buena germinación, la cual sea rápida y uniforme se requiere un buen nivel de humedad en el suelo, pero el exceso puede provocar muerte de semillas por causa de la falta de oxígeno. La humedad del suelo varía a lo largo del año, a fines de verano generalmente presenta bajos niveles a causa de la evapotranspiración que ocurre en dicha estación, mientras que a fines de invierno el suelo se recarga y se encuentra saturado teniendo como consecuencia menores temperaturas, falta de oxígeno y disminución en la actividad biológica. A la primavera se llega con buen nivel de agua en el suelo y disminuye a medida que se acerca el verano (Carámbula, 1977).

Formoso (2008) plantea que la semilla viable para germinar necesita agua y una vez que comienza a absorberla requiere un suministro ininterrumpido, ya que una vez que se absorbe el agua y se desencadenan los procesos de germinación, si se interrumpe la disponibilidad, se provoca la muerte del embrión.

Es importante que el suministro sea continuo, por lo que es necesario que el suelo cuente con disponibilidad de agua adecuada siendo imprescindible también lograr un buen contacto semilla-suelo, mediante la colocación de la semilla próximo al frente de humedad regulable mediante la profundidad de siembra según el tamaño de la semilla (Formoso, 2007).

2.2.2. Temperatura

Carámbula (2002b) plantea que las temperaturas del suelo y del aire afectan el comportamiento de las semillas según la época de siembra. Las temperaturas van disminuyendo de enero a junio en las latitudes en que se encuentra Uruguay, por lo que, a fines de verano (marzo) la temperatura máxima media puede ser muy alta y en mayo la mínima es muy baja.

La temperatura influye directamente sobre la velocidad de germinación e implantación, enlenteciendo o acelerando los procesos siendo los valores térmicos extremos (altos o bajos) capaces de provocar muerte de plántulas (Formoso, 2008).

En este sentido, Langer (1981a) expresa que las siembras otoñales deberían finalizarse antes del comienzo de las heladas invernales para así obtener un buen establecimiento y crecimiento. Zanoniani y Nöell (1997) afirman que un atraso en la fecha de siembra provoca menores crecimientos debido a las bajas temperaturas invernales determinando de esta manera que el tiempo para lograr una producción inicial adecuada sea mayor y se retrasa la entrada de los animales a la pastura. Sin embargo, siembras en períodos de altas temperaturas también son perjudiciales, ya que causan muerte de plantas debido a un calentamiento foliar excesivo (Formoso, 2007).

2.3. CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES

2.3.1. *Festuca arundinacea*

La festuca es una de las gramíneas perennes más importantes utilizadas en la región y es un componente esencial en la mayoría de las pasturas sembradas asociadas con leguminosas (Formoso, 2010).

Es una especie perenne invernal, de hábito de crecimiento cespitoso a rizomatoso con rizomas muy cortos. Se asocia bien con todas las leguminosas y en cuanto a sanidad refiere presenta una susceptibilidad variable a roya,

dependiendo del cultivar utilizado. Se adapta a un rango amplio de suelos, prosperando mejor en suelos medios a pesados y tolera suelos ácidos y alcalinos (Carámbula, 2002a). Es una especie de raíces profundas apropiada para suelos pesados y fértiles y suelos húmedos. Presenta una moderadamente buena resistencia a la sequía no siendo muy afectada por las heladas (García, 2003).

Una de las desventajas que posee esta especie es que presenta una lenta implantación ya que sus plantas son muy poco vigorosas teniendo como consecuencia una alta vulnerabilidad a la competencia en plántula, siendo fácilmente dominada por especies anuales de crecimiento rápido (Cowan, 1956).

Muslera y Ratera (1984) en este mismo sentido plantean que tiene un establecimiento muy lento, siendo vulnerable a la competencia de otras especies, a pesar de poseer un buen tamaño de las semillas, las plantas son poco vigorosas determinando que el manejo en la etapa de implantación sea cuidadoso ya que podría afectarse en gran medida frente a la competencia de otras especies como el raigrás o enmalezamientos tempranos. Esta lenta implantación puede mejorarse mediante la siembra en línea (García, 2003).

A su vez, Agnusdei (2014) afirma que una pastura de festuca en estado vegetativo generalmente presenta valores de digestibilidad y proteína bruta elevados permitiendo de esta manera obtener una buena performance animal. Sin embargo, cuando ocurre una acumulación de biomasa excesiva o en las etapas avanzadas de crecimiento (etapa reproductiva) la digestibilidad puede disminuir a niveles inferiores al 50 %, provocando una baja apetecibilidad.

El lento establecimiento se sugiere que se debe a la baja movilización de las reservas de la semilla y en consecuencia el lento crecimiento de la raíz. Es por esto que debe manejarse con mucho criterio cuando está en estado de plántula si no se quiere correr el riesgo de perderla por competencia ya sea por especies forrajeras que tengan buen vigor inicial, malezas o en siembras consociadas con cereales. Además del bajo vigor inicial mencionado anteriormente y su palatabilidad variable, presenta una baja capacidad de resiembra natural y puede contener elevados niveles de hongos endófitos entre ellos *Acremonium coenophalium* causante de festucosis (Carámbula, 2002a).

Como consecuencia de todo esto la producción en el primer año tiende a ser baja, pero mediante un buen manejo puede persistir muchos años (Langer, 1981b). García (2003) sostiene que, con una buena implantación, manejo y fertilidad, es una especie persistente que permite obtener mezclas forrajeras con mayor vida productiva y baja incidencia de enmalezamiento estival.

En este sentido Langer (1981b) sostiene que, para obtener niveles aceptables de producción, la especie requiere de condiciones de buena fertilidad. Debido a su alta producción y rebrote rápido, esta especie necesita un importante suministro de nitrógeno, para tener un comportamiento exitoso como componente de la pastura, ya sea mediante fertilizantes nitrogenados o siembra de leguminosas.

Debe sembrarse a partir de mediados de marzo, ya que, de acuerdo a lo mencionado anteriormente, al presentar implantación lenta las siembras tardías con suelos fríos reducen la velocidad de implantación y retrasan el primer pastoreo. En cuanto a lo que refiere a densidad de siembra, el rango que se recomienda para mezcla es 9-12 Kg/ha y puro 10-15 Kg/ha (Ayala et al., 2010).

Respecto al manejo del pastoreo, la especie se beneficia con pastoreo rotativo, tolerando bien defoliaciones intensas, salvo en verano ya que dichas defoliaciones reducen la posterior producción y persistencia (García, 2003).

La festuca puede tolerar pastoreo continuo, pero su mejor calidad y performance en rendimiento se obtienen realizando pastoreos rotativos, realizándose cuando la pastura alcanza los 15-18 cm y dejando un remanente de 5 cm. El manejo de primavera debe prevenir la encañazón para evitar la pérdida de calidad, por lo que admite pastoreos más intensos y frecuentes. En verano debe realizarse un manejo más cuidadoso, entrando con la misma altura, pero dejando un remanente de 7-10 cm, y en condiciones de sequía retirar el pastoreo (Ayala et al., 2010).

Al no resemebrarse naturalmente, debe hacerse énfasis en el manejo desde el primer año para minimizar la pérdida de plantas prematura, especialmente en el verano ya que no posee reposo estival ni posibilidad de acumular grandes volúmenes de reserva. Por esta razón, es necesario promover el desarrollo de buenos sistemas radiculares desde fines de invierno-principios de primavera, evitando pastoreos excesivamente intensos (Carámbula, 2002a).

Los cultivares comerciales de festuca se pueden agrupar en dos grandes tipos, siendo los mismos mediterráneos o continentales. Los primeros tienen muy buen potencial de crecimiento invernal, pero presentan latencia estival, siendo de hojas finas y hábito erecto. Los segundos tienen la capacidad de crecer en todas las estaciones del año siendo en general de hojas anchas y hábito de crecimiento intermedio. Estos últimos son los cultivares que presentan mayor adaptación general en Uruguay debido al régimen de precipitación que presenta el país, las mediterráneas si bien pueden producir más en invierno, en el resto del año producen menos que las continentales, presentando un

rendimiento anual 20 % menor. A su vez los continentales son los más usados a nivel mundial por no presentar latencia estival, lo que le permite el crecimiento en verano y como consecuencia ejercer una buena competencia con las malezas en esta época del año, siempre que la implantación haya sido correcta (Ayala et al., 2010).

El cultivar elegido para el ensayo fue INIA Fortuna (LE 14-86) el cual se caracteriza por ser de tipo continental, presentando un hábito intermedio con buen macollaje. Fue obtenido en La Estanzuela luego de cinco ciclos de selección haciendo énfasis en la calidad de forraje (DMO, FDN), flexibilidad y sanidad foliar (Gutiérrez y Calistro, 2013).

En comparación con el cultivar Estanzuela Tacuabé, posee en promedio dos unidades más de digestibilidad (DMO), menos fibra (FDN) y más proteína (PC). La mayor calidad también se asocia con la mayor flexibilidad lo que le confiere alta palatabilidad y valor nutritivo. Produce forraje todo el año, presentando rendimientos anuales similares a los de Estanzuela Tacuabé, pero superiores en comparación a otros cultivares de ciclo tardío. El carácter distintivo de este cultivar es su alta calidad, floración tardía y excelente resistencia a roya (Ayala et al., 2010).

Según INIA e INASE (2013), el cultivar INIA fortuna para el año 2012 en experimentos sembrados en 2010, presentó una producción de forraje anual de 9040 kgMS/ha contra una producción de 8630 kg/ha de MS registrada para el cultivar INIA Tacuabé, denotando una superioridad en rendimiento para dicho año.

2.3.2. Trifolium repens

El trébol blanco es una de las leguminosas forrajeras templadas más importantes, presenta alto valor nutritivo y está muy adaptada al pastoreo debido a su hábito postrado, así como también posee habilidad para competir con gramíneas perennes a la vez de cederles nitrógeno. Debido a estas características es un componente importante de praderas, así como de mejoramientos extensivos (García, 1995).

Es una leguminosa perenne estolonífera de ciclo invernal, aunque puede comportarse como anual, bienal o de vida corta dependiendo de las condiciones del verano. Si las temperaturas del verano son muy elevadas y la humedad del suelo es limitante, sufre en gran magnitud la falta de agua provocando muerte de muchas plantas en el verano, es por esto que en estos casos se comportaría como una especie anual (Carámbula, 2002a). En este sentido, García (1995) explica que el trébol blanco puede persistir como una planta anual por medio de la resiembra o como perenne por medio de la

producción continua de estolones. Ambos procesos están relacionados con el clima y varían en función de este, siendo en zonas templadas, húmedas y sin problemas de altas temperatura, la persistencia por estolones importante. En contraposición, en ambientes subtropicales con altas temperaturas y condiciones de deficiencia hídrica, la persistencia por estolones es problemática y depende de la resiembra.

Esta especie se caracteriza por presentar un aporte de nitrógeno al sistema, superior al realizado por el trébol rojo (*Trifolium pratense*) ya que, además de rebrotar rápidamente, presenta una rápida renovación de los nódulos radiculares. A su vez, se destaca por ser una especie glabra, con muchos tallos y raíces adventicias en sus nudos y una vez establecida la planta, el sistema radicular primario desaparece (Langer, 1981a) y a partir de ese momento la sobrevivencia de las plantas depende de las raíces adventicias de los estolones (García, 1995). Esta característica estolonífera representa un rasgo valioso al utilizarla en pastoreos intensos.

Esta especie se adapta a una amplia gama de suelos exceptuando los que presentan marcada acidez, aluminio intercambiable o escasa capacidad de almacenaje de agua, a su vez, presenta una gran exigencia en niveles de fósforo respondiendo de manera creciente a las dosis iniciales y anuales de mantenimiento, requiriendo un nivel de fósforo de 12-15 ppm Bray I para mostrar su potencial (Ayala et al., 2010).

Carámbula (2002a) expresa que se caracteriza por tener un vigor inicial bajo, establecimiento lento y que no soporta suelos superficiales, pobres, muy ácidos o arenosos, adaptándose mejor a suelos medianos a pesados, fértiles y húmedos. Produce buenos rendimientos en la mayoría de los suelos siempre y cuando presenten adecuada humedad y cantidad de fósforo, ya que es muy sensible a las sequías por lo que su crecimiento es escaso en verano, teniendo su pico de producción en primavera. Como fortalezas se destacan su elevado nivel nutritivo a lo largo de toda la estación de crecimiento y su habilidad para fijar cantidades apreciables de nitrógeno. Sin embargo, en primavera presenta elevado riesgo de meteorismo en animales a pastoreo.

Los cultivares de *Trifolium repens* se clasifican en tipos asociados a determinadas características, siendo el tamaño de la hoja el primer carácter de diferenciación. Se conocen tres grandes grupos: hoja pequeña, intermedia y grande (García, 1995). Los cultivares de hoja pequeña incluyen los tipos salvajes, teniendo como característica distintiva que son muy postrados, tienen estolones largos, ciclo corto y bajos rendimientos. Al presentar plantas muy postradas presenta excelente tolerancia al pastoreo continuo, pero dichos cultivares no son utilizados en Uruguay debido a su bajo rendimiento de forraje

en todas las estaciones (Ayala et al., 2010). Los cultivares de hojas intermedias poseen caracteres intermedios entre los grupos extremos usándose principalmente en pasturas de media a corta vida, por ejemplo, los cultivares Huia y Aquiles. Por último, los de hoja grande presentan buen crecimiento invernal, floración abundante y temprana, con una persistencia productiva en promedio de tres años. Dentro de este grupo se encuentran: Estanzuela Zapicán, Churrinche, Haifa, El Lucero, Goliath (Ayala et al., 2010).

El cultivar Zapicán es el cultivar más difundido en Uruguay. La población de este cultivar fue originada de un material introducido desde Argentina, caracterizándose por presentar hoja intermedia, muchos estolones, floración temprana y abundante. Para la expresión de su potencial es recomendable su uso en suelos de texturas medias y pesadas, fertilidad alta y buenos niveles de fósforo. Su estación de crecimiento es desde marzo a diciembre, teniendo un pico de producción en octubre, conservando muy buena calidad durante todo el período. Se destaca de otros cultivares por su producción invernal y floración abundante. La persistencia por estolones a partir del tercer año se reduce por lo que debe asegurarse su resiembra. En cuanto a la producción de semillas, presenta alto potencial, floreciendo desde mediados de septiembre hasta noviembre (García et al., 1991).

Ayala et al. (2010) plantean que las cualidades más destacadas de este cultivar son su rápido establecimiento y excelente producción invernal, asegurando su abundante semillazón un adecuado banco de semillas para la resiembra. Además, se destaca su adaptación a la región tanto en praderas convencionales como en mejoramientos extensivos superando a su vez la mayoría de los cultivares foráneos introducidos, superando en persistencia y rendimiento a El Lucero y Haifa. Se recomienda siembras tempranas en otoño tanto para praderas convencionales o para mejoramientos, permitiendo así el primer pastoreo a fines de invierno-principios de primavera siendo las densidades de siembra recomendadas 2-5 kg/ha dependiendo del tipo de mezcla.

En cuanto a lo que manejo refiere, se destaca la gran adaptación del trébol blanco al manejo intenso que junto con los altos rendimientos de materia seca se atribuyen a que posee cinco atributos muy positivos como es el porte rastrero, meristemas contra el suelo, índice de área foliar bajo (IAF), hojas jóvenes ubicadas en el estrato inferior y hojas maduras en el estrato superior. Sin embargo, se ve afectado por manejos severos y exagerados ya que frente a pastoreos muy intensos y frecuentes la especie pierde su habilidad competitiva. Por esto es que el manejo debe apuntar a permitir plantas vigorosas, que mantengan mayor longitud y diámetro de estolones, mayor peso individual de las hojas y mayor proporción de hojas cosechables (Carámbula, 2002a).

Si bien los cultivares de hoja grande se favorecen con manejos rotativos, la variabilidad genética del cultivar Zapicán le confiere buena capacidad para adaptarse a pastoreos frecuentes (Ayala et al., 2010).

Langer (1981a) plantea que cuando el trébol blanco se siembra asociado con otras especies, la reducción de su rendimiento se debe a la competencia por luz, nutrientes y humedad librada entre todos los componentes de la pastura.

En cuanto a la competencia por nutrientes, Scheneiter (2016) afirma que la nutrición de una pastura modifica la composición botánica de la misma, en este sentido experimentos realizados en pasturas de trébol blanco y festuca con respecto a la nutrición nitrogenada, reflejaban que dicho nutriente favorecía el crecimiento de la gramínea en relación a la leguminosa. En condiciones sin limitantes ni del nutriente ni de humedad, aumenta la competencia hacia la leguminosa disminuyendo su contenido en la pastura.

Según INIA e INASE (2018), en su primer año el cultivar INIA Zapicán produce 7211 kg/ha de MS y en su segundo año 10367 kg/ha de MS. Es una de las variedades con mayor producción con 20 años de evaluación, la cual ha demostrado una buena adaptación a los sistemas de producción presentando una buena estabilidad productiva.

2.3.3. Lotus corniculatus

El *Lotus corniculatus* es una leguminosa perenne estival, que presenta una raíz pivotante profunda y ramificada, una corona bien desarrollada, sin estolones, determinando una mayor resistencia al déficit hídrico (Healy, citado por Smethan, 1981).

Es la leguminosa perenne más difundida en Uruguay en todos los sistemas productivos ya sea en áreas agrícolas, lecheras, arroceras y para los mejoramientos en cobertura de zona ganadera (Ayala et al., 2010). Zanoniani y Ducamp (2004) destacan que gracias a su aceptable vigor inicial y precocidad permite que pueda establecerse adecuadamente con los cultivos de invierno logrando buenos porcentajes de implantación, esto junto a que presenta alta tolerancia al sombreado (Ayala et al., 2010) permite que sea una de las leguminosas más adaptadas a este tipo de siembra.

Su resistencia a la sequía, elevado valor nutritivo y persistencia, la hacen una especie muy recomendada para ser incluida en mezclas forrajeras (Formoso, 1993). A su vez presenta un buen potencial de producción, con un buen crecimiento desde mediados de invierno con excelente producción en primavera-otoño (INIA e INASE, 2018).

Ayala et al. (2010) sostienen que en el primer año posee una buena producción de forraje que puede disminuir en el segundo por su susceptibilidad a enfermedades de raíz y corona. En este sentido, Altier (1996) también destaca estas enfermedades como causa principal de mortalidad de plantas, existiendo cultivares más resistentes que otros, siendo el principal causante asociado al género *Fusarium ssp.* y dentro de este, las especies *oxysporum* y *solani*.

Con el objetivo de incrementar la productividad y persistencia, la resistencia a estas enfermedades se ha utilizado como carácter de selección, además de otras enfermedades como podredumbres causadas por antracnosis, obteniendo como resultado cultivares más resistentes como es el caso de Rigel (Rebuffo et al., 2010).

Es una especie que se adapta a una amplia gama de suelos, en donde pueda desarrollar su profundo sistema radicular, por lo que no es adaptado a suelos superficiales, en este sentido es la especie que se recomienda para remplazar a alfalfa (*Medicago sativa*) en suelos más ácidos, en donde esta última se ve perjudicada (Zanoniani y Ducamp, 2004). A pesar de presentar un patrón de crecimiento similar al de alfalfa, el *Lotus corniculatus* se destaca por poseer un mejor comportamiento bajo temperaturas frescas a frías y la ventaja de no producir meteorismo (Carámbula, 2002a).

Smethan (1981) sostiene que esta especie es sumamente plástica, tendiendo la capacidad de desarrollarse tanto en suelos arenosos como en arcillosos, secos o húmedos, ácidos o alcalinos y hasta con poco fósforo. En este sentido Ayala et al. (2010) afirman que es una especie rústica, poco exigente, siendo las dosis de fertilizantes inferiores a las requeridas por otras leguminosas como trébol blanco, trébol rojo o alfalfa pero que igual deben ajustarse en función del análisis de suelo. En la implantación generalmente se utilizan dosis partiendo de 40 kg P205/ha en la mayoría de los suelos, y para las refertilizaciones anuales, a partir de 30 kg P205/ha.

Su estación de crecimiento es de primavera a otoño, y en el verano el potencial para producir es de mucho valor, teniendo en cuenta que las condiciones de esta estación afectan en gran magnitud los rendimientos de las otras leguminosas, exceptuando la alfalfa. En el caso de que el lotus sea la única leguminosa presente en la mezcla, los cultivares con producción invernal pueden llegar a realizar un importante aporte en invierno. Los cultivares tempranos tienen la posibilidad de producir a fines del invierno, a la vez que un elevado valor nutritivo, el cual declina un poco en verano debido a la madurez (Carámbula, 2002a).

Ayala et al. (2010) destacan que en siembras tempranas de marzo-abril se obtiene una muy buena implantación la cual permite una buena producción en primavera y verano, desarrollando un buen sistema radicular que permite enfrentar la deficiencia hídrica de esta estación. Las densidades de siembra recomendadas varían desde 5 kg/ha en mezclas, hasta 12 kg/ha en siembras puras, siendo para mejoramientos de campo de 10 a 12 kg/ha.

En cuanto al manejo del pastoreo, Formoso (1993) afirma que el lotus es la especie más sensible (dentro de las leguminosas forrajeras más utilizadas en el país) en términos productivos, a las variaciones en la frecuencia de defoliación y sostiene que la producción de forraje se maximiza aplicando pastoreos rotativos que permitan acumulaciones pre corte. Carámbula (2002a) plantea que esta especie se beneficia con pastoreos controlados, alcanzando alturas de 20-25 cm antes de ser defoliada, y debe mantenerse de forma aliviada cuando se pastorea en forma continua dejando rastrojos no menores a 7,5 cm. El hábito de crecimiento que presenta es erecto a decumbente según los cultivares, en este sentido, destaca que los cultivares más erectos deben quedar con más rastrojo que los postrados.

En la misma línea Ayala et al. (2010) afirman que las defoliaciones intensas en verano y otoño reducen su persistencia, por lo que para obtener buenos rendimientos y buena persistencia deben realizarse pastoreos rotativos aliviados, ya que los rendimientos se reducen en un 30 % con pastoreos continuos.

Estudios realizados por Formoso (1996) indicaron que manejos menos frecuentes de primavera originaron mayor producción de forraje mientras que manejos menos intensos logran una mayor longevidad de las plantas, destacando la gran importancia de realizar manejos menos frecuentes en verano para lograr condiciones de alta longevidad. Los resultados menos favorables se dieron cuando se realizaron manejos muy frecuentes (10 a 12 cm) y muy intensos (3cm).

En Uruguay están registrados dos tipos de cultivares que presentan un diferencial crecimiento invernal, los del tipo europeo (los cultivares más difundidos en la región) tienen un crecimiento invernal cuando no se presentan fríos extremos, no presentando latencia invernal. Dentro de este grupo se encuentran los cultivares: San Gabriel, INIA Draco, Baco, El Boyero, Rigel. El tipo Empire sí presenta un período de reposo invernal prolongándose en Uruguay desde abril hasta septiembre, perteneciendo a este grupo el cultivar Leo (Ayala et al., 2010).

El cultivar Rigel (LE 212) fue seleccionado por persistencia a campo, su base genética está integrada por los cultivares INIA Draco, Estanzuela

Ganador, Rodeo y Goldie. Posee una muy buena adaptación a la sequía, siendo la producción de verano aún en condiciones de deficiencias hídricas mayor al del cultivar San Gabriel. Presenta un hábito un poco más postrado que INIA Draco, siendo su ciclo de crecimiento similar a San Gabriel, presentando una floración temprana sin reposo invernal. Tiene tolerancia a podredumbres de raíz y buena resistencia a roya (Ayala et al., 2010).

De acuerdo a INIA e INASE (2014), el *Lotus corniculatus* cv. Rigel es una de las especies con mayor producción, superando al cultivar San Gabriel con respecto a la producción acumulada de 2 años (22975 kg/ha de MS vs. 22028 kg/ha de MS). Sin embargo, en lo que a producción anual refiere, fue menor para el cultivar Rigel (7364 kg/ha/año de MS) respecto al San Gabriel (8211 kg/ha/año de MS).

En cuanto a la performance productiva, el cultivar Rigel rinde desde el primer año más que el cultivar San Gabriel, destacándose su productividad en todas las estaciones salvo en invierno, en el segundo produce un 9 % más de forraje y en el tercero un 25 %. También se destaca especialmente en el segundo año, en la producción de semilla durante el verano con respecto al cultivar San Gabriel (Ayala et al., 2010).

2.4. DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS

2.4.1. Gramíneas

En el período vegetativo de las gramíneas ocurren básicamente dos procesos, la formación de hojas y la formación de macollos. El primer proceso está determinado por tres parámetros morfogenéticos, la tasa de aparición de hojas (TAF), tasa de elongación de estas (TEF) y vida media foliar (VMF). La magnitud con la que se expresan estos factores es el resultado de la interacción entre la genética de la especie y el ambiente en donde se desarrolla (Carámbula, 2002a).

El macollo de una gramínea representa una unidad morfofisiológica, cada uno está formado por la superposición de unidades denominados fitómeros. Cada fitómero está compuesto por una hoja, nudo, entrenudo, meristema axilar y meristemo intercalar (Colabelli et al., 1998).

Jewiss (1972) plantea que el macollaje en las gramíneas cumple tres principales funciones: ayuda al establecimiento de las plántulas asegurando una rápida producción de área foliar que permita interceptar luz y competir frente a malezas; es esencial para la regeneración de la pastura compensando la mortalidad de plantas vecinas y confiere perennidad a la planta, dada la habilidad que posee para presentar elevada longevidad.

Los macollos se originan en las yemas situadas en las axilas de las hojas, siendo cada macollo una réplica del vástago original, con su propio ápice del tallo, hojas, nudos, entrenudos y raíces adventicias. De la misma forma, las hojas de las macollas también poseen yemas en sus axilas generando nuevos macollos formándose un sistema complicado compuesto de macollos de distinto orden. Esto determina un comportamiento diferencial debido a que difieren en tamaño y edad, aun cuando las condiciones ambientales son uniformes para toda la planta. Los macollos muy jóvenes que recién comienzan a producir raíces adventicias, son muy sensibles a períodos repentinos de sequía o falta de nutrientes (Langer, 1981b).

Carámbula (2002a) expresa que el encargado de captar la temperatura es el ápice, que recibe además los estímulos fotoperiódicos para la iniciación foliar, captados previamente por las hojas. En este sentido, Colabelli et al. (1998) enuncian que a medida que la longitud del día se ve modificada pasando de día corto a día largo, sumado a la exposición a bajas temperaturas, se induce a la diferenciación del meristema apical a reproductivo. Una vez que ocurre dicho proceso ocurren cambios morfológicos y fisiológicos importantes, observándose normalmente la aceleración en la producción de hojas cuando se da el desarrollo reproductivo. A medida que se da el alargamiento de entrenudos, se acelera la aparición de hojas y ocurre un incremento en el número de hojas vivas por macollo comparado con el número máximo durante la etapa vegetativa.

Una vez que se da la iniciación floral cesa la producción de hojas como consecuencia de que el punto de crecimiento se transforma en inflorescencia y se da la dominancia apical, teniendo un efecto depresivo en el proceso de macollaje, inhibiendo la producción de macollas hijas (Carámbula, 2002a).

En este sentido, Formoso (1996) plantea que en el caso de festuca, el número de macollas aumenta en la fase vegetativa, durante otoño e invierno, teniendo valores máximos a fines de invierno para posteriormente disminuir en primavera y verano asociado con el inicio de la etapa reproductiva.

Trabajos realizados por García (2003) sobre el crecimiento de gramíneas forrajeras en La Estanzuela, demostraron que las gramíneas perennes presentaron un pico de máxima producción en primavera asociados a un crecimiento de la temperatura y radiación, siendo en octubre el pico de máxima producción, a partir de ahí el crecimiento se reduce debido a altas temperaturas, el déficit hídrico que ocurre generalmente en verano y los efectos de la floración sobre el macollaje y la producción foliar. La temperatura tiene un efecto importante en el crecimiento, provocando las bajas temperaturas invernales en Uruguay la reducción del crecimiento de las gramíneas templadas

mientras que las temperaturas estivales provocan una reducción en los rendimientos, debido a que se encuentran por encima del óptimo.

2.4.2. Leguminosas

Las leguminosas de porte erecto poseen un tallo principal, que en el estado vegetativo permanece corto contra el suelo y a medida que aparecen las sucesivas hojas comienza a tomar aspecto de roseta. En las axilas de las hojas comienzan a aparecer los tallos secundarios y al repetirse progresivamente este proceso da origen a un órgano común a todos los tallos denominado corona. La misma, es un órgano complejo, constituyendo el asiento de los meristemas axilares. A partir de estos, se desarrollan nuevos tallos especialmente en ciertas épocas del año y después de pastoreos o cortes (Carámbula, 2002a).

Formoso (1996) plantea que las leguminosas alargan continuamente sus entrenudos ya que los meristemas nodales intercalares de los tallos están activos desde el inicio del crecimiento. El primer crecimiento en otoño de las leguminosas erectas, se da principalmente a partir de los meristemas basales de la corona.

Los crecimientos posteriores se originan a partir de los meristemas axilares nodales los cuales se encuentran en los entrenudos basales remanentes de los tallos pastoreados (Smith, 1981).

En el caso de las leguminosas postradas como el trébol blanco, las yemas axilares de la corona crecen horizontalmente formando tallos rastreros o estolones, surgiendo de los nudos hojas y raíces adventicias. Esta arquitectura permite un pastoreo sin inconvenientes, ya que sus puntos de crecimiento se encuentran contra la superficie del suelo (Langer, 1981a).

Al igual que las gramíneas, el desarrollo reproductivo de las leguminosas presenta el mismo comportamiento ya que al interaccionar el genotipo con el ambiente, se produce el alargamiento de entrenudos y la iniciación floral, por lo que después de dicho estímulo los puntos vegetativos pasan a estado reproductivo (Carámbula, 2002a). En este sentido, Formoso (1996) destaca que en leguminosas erectas tales como alfalfa, trébol rojo y lotus se verifica que el número mínimo de tallos y por lo tanto de meristemas axilares, ocurre en verano.

En estas especies, especialmente en los tréboles, los requerimientos por luz son de vital importancia teniendo un efecto directo en la competencia con las gramíneas en pasturas mezcla. El crecimiento del trébol se ve afectado en gran medida cuando se reduce la luz, y si se encuentra asociado con gramíneas puede ser eliminado en gran medida. En este sentido, los tréboles requieren cantidades de luz muy altas para presentar un crecimiento óptimo

mientras que las gramíneas, que también crecen mejor a plena luz del día, se adaptan con mayor rapidez a condiciones de sombreado, siendo menos afectadas por intensidades de luz reducidas (Langer, 1981a).

Beinhart (1963) expresa que la respuesta más marcada del trébol blanco frente a la intensidad de luz baja es debido a una reducción en la formación de estolones a partir de yemas axilares, teniendo similitud con lo que ocurre en las gramíneas con la disminución del macollaje. El impacto en la reducción del crecimiento se incrementa cuando las temperaturas son elevadas.

2.5. MEZCLA FORRAJERA

Las praderas mezcla, involucrando mezcla de especies gramíneas y leguminosas, presentan mayor estabilidad frente a variables climáticas, tipo de suelo y manejo, logrando también un mejor balance forrajero durante el año. De esta forma, si los componentes de la misma son bien seleccionados, será más eficiente en el uso de los factores del ambiente debido a la presencia de diferentes sistemas radiculares y área foliar (Perrachon, 2015).

La siembra de mezclas de especies perennes de similar ciclo o ciclo complementario permiten levantar la restricción que presentan las mezclas de especies anuales invernales, donde por lo menos el 50 % del suelo se encuentra descubierto en el período que va desde octubre a mayo. Estas mezclas no solo disminuyen el tiempo sin cobertura del suelo en el período estival, sino que también permiten aumentos en la producción primaria, especialmente en el período otoño-invernal (Zanoniani, 2010).

Harlan (1956) plantea que las especies que se incluyen en la mezcla forrajera deben ser compatibles, respondiendo de forma similar al manejo, teniendo la misma palatabilidad bajo el sistema de manejo utilizado. Carámbula (1977) afirma que la utilización de especies gramíneas solas, con el agregado de altas dosis de nitrógeno puede limitar el valor nutritivo de las pasturas provocando así problemas de apetecibilidad y consumo.

En este sentido, Haynes, citado por Zanoniani (2010) hace referencia a que la inclusión de leguminosas a las pasturas permite incrementar la calidad de biomasa producida en términos de proteína cruda y digestibilidad. Tal es así, que Trujillo y Uriarte (s.f.), afirman que las leguminosas presentan mayores tasas de consumo y mayor consumo voluntario diario lo que es explicado por las tasas de degradación y pasaje. A su vez estas diferencias en el consumo están asociadas con las diferencias físicas como ser la resistencia a la ruptura, distribución de hojas y tallos, pesando dichos factores a favor de las leguminosas.

Langer (1981b) plantea que en las pasturas mezcla, las gramíneas son incluidas por su alto rendimiento y las leguminosas por su capacidad de fijar nitrógeno, permitiendo a las gramíneas presentar rendimientos satisfactorios.

Las gramíneas son componentes fundamentales de las praderas cultivadas radicando su importancia en la necesidad de complementar los diferentes ciclos de crecimiento con las leguminosas acompañantes, contribuyendo a una calidad más balanceada que permita reducir los riesgos de meteorismo, así como también posibilitar una mejor utilización del nitrógeno atmosférico incorporado por la leguminosa (Olmos, 2001). Tal es así, que Hall y Vough (2007) sostienen que la inclusión de un 40 % de gramíneas reduce el riesgo de meteorismo de las leguminosas y de intoxicación por nitratos.

La importancia de leguminosas radica en su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico por medio de la asociación con microorganismos que forman nódulos en sus raíces, realizando un aporte importante de nitrógeno a las gramíneas en las mezclas forrajeras. Existen dos vías principales por las cuales el nitrógeno puede ser transferido. Una de ellas es la transferencia sobre la superficie del suelo mediante el nitrógeno excretado por el ganado en forma de orina y heces, siendo la vía de transferencia más importante. La otra vía de transferencia es la que ocurre por debajo del suelo, consistiendo en el desprendimiento y descomposición de los nódulos y tejido radicular de las leguminosas (Langer, 1990).

Como se mencionó anteriormente, las principales fuentes de nitrógeno de una mezcla de gramíneas y leguminosas son la fijación biológica, el suelo y la fertilización. Las leguminosas demoran en establecer su sistema fijador siendo necesario el crecimiento y comienzo de actividad del nódulo, por lo que, en el período de instalación de la simbiosis, la disponibilidad de nitrógeno mineral determina el progreso de la competencia entre las especies (Morón, 1996).

Carámbula (2002b) plantea lo importante que es partir desde el inicio con poblaciones adecuadas de plantas y un balance equilibrado entre las especies debido a que en la etapa de implantación influyen e interaccionan entre sí un elevado número de factores.

Las leguminosas aportan nitrógeno a las gramíneas permitiendo así reducir los costos en la fertilización, presentan buena calidad durante todo el año mejorando el consumo de toda la pastura incrementando de esta manera el valor nutritivo de la pastura. Por otro lado, las gramíneas se adaptan a la mayoría de los suelos, mejoran la estructura debido a su sistema radicular, no producen meteorismo, presentan menor sensibilidad al pastoreo y compiten mejor con el enmalezamiento (Perrachon, 2015).

En estas pasturas mezclas se presentan competencias interespecíficas por los recursos, Langer (1981a) expresa que a menos que reciban un manejo favorable, las leguminosas no compiten bien con las gramíneas. Las leguminosas como ya fue mencionado anteriormente presentan altos requerimientos de luz en relación con las gramíneas, a su vez el agregado de nitrógeno provoca un crecimiento de las gramíneas en detrimento de las leguminosas provocando sombreado, especialmente a las de hábito más prostrado, reduciendo así la luz incidente. Esto trae como consecuencia una disminución del rendimiento combinado en la pastura.

En este sentido, Haynes (1980) plantea que en el largo plazo las gramíneas dominan generalmente a las leguminosas por lo que es importante para mantener una buena productividad, un buen balance entre ambas especies.

Langer (1981a) afirma que los rendimientos de una pastura compuesta por gramíneas y leguminosas son máximos cuando las aplicaciones de fertilizante estimulan un máximo vigor de la leguminosa y cuando los retornos de los animales pastoreando son completos (estiércol y orina), produciendo así mayor velocidad de transferencia de la leguminosa hacia la gramínea.

2.6. ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS

2.6.1. Variables morfogénicas

La morfogénesis es la dinámica por la cual se generan y expanden las plantas en el espacio. Las características morfogénicas incluyen elongación de la hoja, elongación del macollo o estolón, surgimiento de hojas y duración de las hojas. Estas son determinadas genéticamente y son afectadas por variables ambientales como la temperatura, radiación solar, agua, nitrógeno y defoliaciones (Lemaire y Chapman, 1996). Estas variables determinan la formación del índice de área foliar (IAF) ya que definen las características estructurales de la planta tales como tamaño de la hoja, densidad de macollos o estolones y tamaño final de la hoja.

En la Figura No. 1, se puede observar un esquema de las relaciones existentes entre estas características morfogénicas y estructurales con el IAF y las principales variables ambientales.

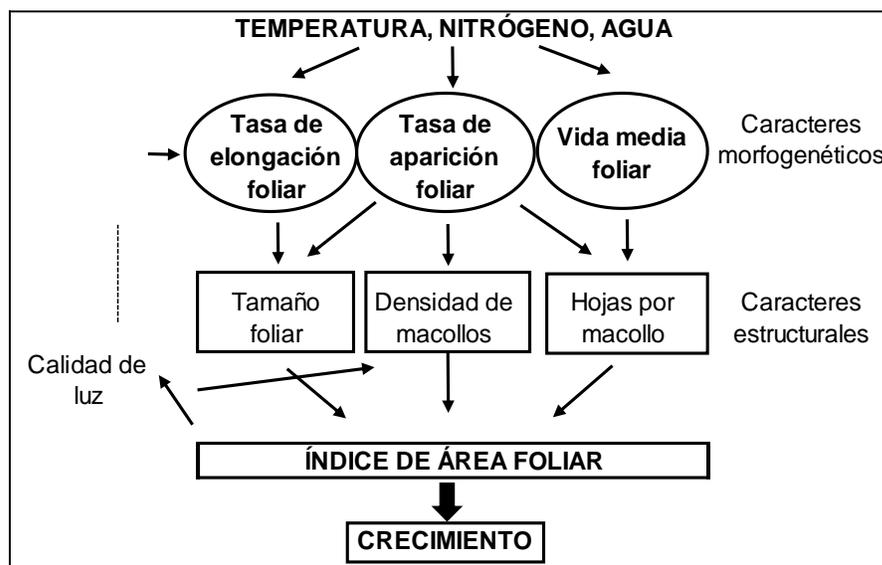


Figura No. 1. Relaciones entre características morfológicas de las plantas y variables estructurales de las pasturas

Fuente: tomado de Colabelli et al. (1998).

Las variables morfológicas como fueron descritas anteriormente que definen la dinámica de generación y expansión de la planta en el espacio son: la tasa de aparición foliar (TAF), tasa de elongación foliar (TEF) y vida media foliar (VMF).

La TAF se define como el intervalo que transcurre entre la aparición de dos hojas sucesivas en un macollo y se puede calcular como suma térmica debido a su estrecha relación con la temperatura y en este caso se denomina filocrono. La TEF hace referencia al incremento en longitud de lámina verde en un intervalo de tiempo y expresa el crecimiento de una hoja. Por último, la VMF es el intervalo que transcurre entre la aparición de una hoja y el comienzo de la senescencia (Colabelli et al., 1998). Como afirma Davies, citado por Colabelli et al. (1998) las hojas presentan un ciclo de vida limitado, presentando las gramíneas forrajeras un número máximo de hojas vivas por macollo y una vez alcanzado el mismo, la hoja más vieja muere por cada hoja nueva producida.

Como fue mencionado anteriormente, estas variables definen las características estructurales de una pastura y por consiguiente determinan el IAF, el cual permite caracterizar la dinámica y productividad de las pasturas.

Según Watson, citado por Carámbula (2002b) el índice de área foliar es la relación que existe entre el área de hojas de una planta y el área de suelo cubierto por las mismas, es decir la densidad de hojas de una pastura.

El IAF determina la eficiencia de intercepción de luz, que junto con la eficiencia metabólica de las plantas determinan su producción de biomasa (Gosse, citado por Khaiti y Lemaire, 1992). El mismo incide sobre la tasa de crecimiento de las pasturas, ya que define la capacidad de capturar energía lumínica interceptada para la fotosíntesis y abastecer funciones de crecimiento (Colabelli et al., 1998).

2.6.2. Efecto de los factores ambientales

Las condiciones ambientales y de manejo como ser la frecuencia e intensidad de defoliación afectan la morfogénesis, que también afecta las características estructurales, determinando cual va a ser el comportamiento ingestivo del animal. Al mismo tiempo, las características morfogenéticas determinan la capacidad de soporte de la pastura, mientras más importantes sean las tasas de surgimiento, elongación y longevidad de la hoja, más animales pueden ser alimentados por área presentando una oferta de forraje óptima, es decir que la pastura tiene mayor capacidad de soporte (Nabinger y de Faccio Carvalho, 2009).

Nabinger y de Faccio Carvalho (2009) afirman que la estructura y funcionamiento de las pasturas son afectadas por la morfología de plantas individuales ya que estas crecen en la pastura como miembros de poblaciones y comunidades, y sus atributos morfogenéticos van a determinar la arquitectura de la planta (estructura) y la accesibilidad de los animales al forraje (funcionamiento).

Colabelli et al. (1998) plantean que el crecimiento y desarrollo de las plantas están significativamente afectados por las condiciones ambientales tales como temperatura, luz, disponibilidad de agua y nutrientes, siendo las señales del medio abiótico detectadas por la planta provocando efectos positivos o negativos (dependiendo de las características de las mismas) en el programa morfogenético. Dentro de estos factores la temperatura es la que causa una respuesta instantánea en las plantas y es el principal regulador del programa morfogenético.

2.6.2.1. Efecto de la temperatura

Tal como lo expresan Lemaire y Agnusdei (2000) la morfogénesis de la planta está expresada como una tasa de aparición y expansión de nuevos órganos de la planta como también la tasa de desaparición mediante la

senescencia. En este sentido Agnusdei (1999) afirma que la tasa de senescencia promedio no presenta una respuesta inmediata frente a los cambios de temperatura, esta sería la excepción de lo que afirman Colabelli et al. (1998). Esto puede explicarse debido a que la tasa de senescencia depende de la cantidad de hojas producidas con una vida media foliar dada con anterioridad.

Durante el año, en los períodos donde las temperaturas descienden como en el caso del otoño, la cantidad de tejido foliar que senesce cada día es mayor que el que se produce, lo que provoca un balance negativo entre crecimiento y senescencia. Las hojas producidas en otoño senescen en invierno y son remplazadas por hojas de menor tamaño debido a las bajas temperaturas de la estación conduciendo a una baja eficiencia. En primavera, el largo final de la hoja comienza a incrementarse progresivamente como consecuencia del aumento de las temperaturas, el balance comienza a tornarse positivo obteniéndose mayor eficiencia de utilización. Con esto se puede concluir que el flujo de producción de tejido foliar sigue exactamente las variaciones estacionales de la temperatura (Agnusdei, 1999).

Ben- Haj- Salah y Tardieu, citados por Lemaire y Agnusdei (2000), hacen hincapié en que el uso de asimilados por los meristemas foliares es directamente determinado por la temperatura la cual gobierna las tasas de división celular y expansión, generando una demanda de carbono y nitrógeno que permitan proveer energía para la expansión foliar. En consecuencia, cuando el suministro de asimilados es suficiente para suplir las demandas meristemáticas, el crecimiento de la hoja puede alcanzar el potencial determinado por la temperatura y el exceso puede acumularse como reserva de carbohidratos. A medida que la planta crece, aumenta la expansión del área foliar debido al incremento del suministro de asimilados, por lo que también incrementa la cantidad de meristemas y su tamaño, generando de este modo que se mantenga un balance entre la demanda y suministro de asimilados, presentando algunas fluctuaciones ocasionadas por variaciones en radiación y temperatura. En este sentido Gastal, citado por Lemaire y Agnusdei (2000) expresa que, en ausencia de estrés hídrico, la expansión del tejido foliar se puede considerar directamente determinada por la temperatura y por la nutrición nitrogenada. Si la tasa de suministro de asimilados está por debajo de la demanda para el crecimiento de la hoja, se limita el número de meristemas activos, para mantener el potencial en el macollo principal.

Se puede concluir entonces que además de ser el principal factor que regula el programa morfogenético, la temperatura afecta de diferente manera las características morfogenéticas. Colabelli et al. (1998) plantean que en la medida que aumentan las temperaturas medias diarias, lo hacen también en

forma simultánea la velocidad de aparición de hojas y la elongación. En este sentido Lemaire y Agnusdei (2000) afirman que frente a un aumento de temperatura la TAF presenta una respuesta lineal, mientras que la TEF aumenta proporcionalmente con la temperatura, siendo la relación entre ambas variables generalmente exponencial. A su vez el aumento de temperatura promueve el macollaje, por el aumento de la TAF y la consiguiente producción de sitios.

El número de hojas por macollo es relativamente constante en las especies, y para que esto suceda en los períodos de activo crecimiento la VMF debe ser más corta, esto trae como consecuencia un aumento en la tasa de senescencia foliar frente a incrementos en la temperatura, por lo que se acelera el recambio del tejido (Colabelli et al., 1998).

La tasa de aparición foliar (TAF) juega un rol central en determinar la estructura de la pastura. En este sentido especies que presenten una alta TAF van a tender a producir un alto número de hojas cortas por macollo como una alta densidad de macollos llevando a una estructura corta y densa. En el caso contrario, cuando la TAF es baja se tiende a producir unas pocas hojas largas por macollo y una menor densidad de macollos lo que conduce a una estructura de la pastura potencialmente alta. A su vez, en especies que presenten una alta vida media foliar (VMF) y baja TAF se puede esperar que se acumulen más hojas grandes y por lo tanto muestren una mayor capacidad de alcanzar el rendimiento techo (Lemaire y Agnusdei, 2000).

Trabajos realizados por Bartholomew (2014) en pastos de estación cálida, reflejaron los resultados reportados por especies de estación fría en cuanto a la respuesta del filocrón a variaciones en el régimen de temperatura, mostrando un aumento del mismo a medida que aumentaba la temperatura diaria promedio. En este sentido dichos resultados sugieren que durante las temporadas de mayor temperatura, como el caso de la primavera, los cambios en el filocrón se pueden estimar como una función lineal de la temperatura media diaria.

2.6.2.2. Efecto del agua

Otro factor abiótico que afecta a las características morfogénicas es el agua, en situaciones donde ocurre déficit hídrico se afecta negativamente la expansión del área foliar ya que se reduce la TEF lo cual determina un menor tamaño de las hojas en relación a las pasturas crecidas en situaciones no limitantes (Colabelli et al., 1998).

Barker y Caradus (2001) expresan que la variación de las precipitaciones que afecta significativamente la disponibilidad de agua en el

suelo se relaciona en gran medida con el índice de área foliar, por lo que sostienen que a medida que se desarrolla el déficit hídrico, el contenido relativo de agua en la planta y el potencial hídrico en las hojas disminuye. En este sentido, ya que el crecimiento de la planta está relacionado con la turgencia de las células, el primer proceso que se verá afectado es la tasa de expansión celular, teniendo como resultado un menor IAF y como consecuencia menor tamaño de la planta.

En la misma línea, Turner y Begg (1978) sostienen que la elongación celular es más sensible al déficit hídrico que la división celular. Esto trae como consecuencia una marcada reducción del área foliar, reduciendo la tasa de crecimiento del cultivo especialmente cuando no ocurre una buena intercepción de luz. En este sentido, la sensibilidad de la elongación celular a condiciones de agua limitante, es un mecanismo para retardar el desarrollo del estrés limitando la superficie de evaporación. A su vez, dichos autores plantean que la deficiencia de agua no solo afecta el crecimiento de las pasturas reduciendo la expansión de nuevas hojas sino que también ocurre una disminución del número de hojas vivas por macollo, reducción de la tasa de macollaje y un incremento de la senescencia de hojas y macollos, afectando de esta manera la VMF tendiendo a ser más corta y las pasturas menos densas en dichas condiciones. Estas consecuencias también representan un mecanismo de adaptación para reducir el uso del agua.

Colabelli et al. (1998) afirman que el déficit hídrico tiene una marcada incidencia sobre el desarrollo del IAF debido a los efectos sobre las variables morfogénicas a nivel de macollo y las variables estructurales, esta situación determina una reducción en la tasa de crecimiento explicado por la disminución de energía lumínica interceptada al reducirse el crecimiento aéreo en situaciones de deficiencia.

2.6.2.3. Efecto de la calidad y cantidad de luz

La calidad de la luz es un aspecto importante a tener en cuenta, el IAF altera la calidad de luz que incide sobre las pasturas teniendo un efecto sobre la planta a nivel individual modificando las variables morfogénicas como ser TAF y TEF, y como consecuencia afecta las variables estructurales como lo son la densidad y tamaño de macollos. El ambiente lumínico en general es heterogéneo ya que la mayoría de la radiación total es recibida por la parte superior, por lo que la cantidad y calidad de la radiación incidente se reducen y se van modificando desde la parte superior a la inferior del canopeo. En este sentido, es esperable que los canopeos más abiertos y bajos tengan un ambiente lumínico más homogéneo (Colabelli et al., 1998).

Deregibus et al. (1985) sostienen que cuando se dan condiciones de baja cantidad de luz y de baja calidad (baja relación R:RL) ocurre un aumento de la asignación de recursos a la parte aérea en desmedro de los órganos subterráneos, se da el alargamiento de los órganos ya existentes y se reduce el macollaje. A su vez, Varlet Grancher et al., citados por Colabelli et al. (1998) expresan que puede ocurrir una eventual reducción de la aparición de hojas en estas condiciones.

2.6.3. Efecto del nitrógeno sobre las variables morfogénicas

La nutrición nitrogenada afecta a cada variable morfogénica de diferente manera. Wilman y Wrigth, citados por Colabelli et al. (1998) plantean que no existen efectos significativos del nitrógeno sobre la tasa de aparición de hojas para gramíneas forrajeras ya que se prioriza la translocación y utilización de asimilados para la producción de hojas en detrimento de otros órganos de la planta.

Gastal y Lemaire (1988) expresan que la TAF, ancho de la hoja y senescencia de la hoja tendieron a ser ligeramente más altos a niveles altos que a bajos niveles de N, pero no estadísticamente diferente. Como se fue planteado anteriormente el factor que influiría en la TAF directamente es la temperatura en el caso de especies templadas.

Cruz y Boval (2000) afirman que la TAF está apenas influenciada por el nitrógeno, siendo la temperatura el factor determinante de dicha tasa, esta misma idea es expresada por Lemaire y Culleton (1989).

La elongación foliar sí tiene una relación marcada con la nutrición nitrogenada, porque dicha actividad demanda elementos minerales en primer lugar. En este sentido, Gastal y Lemaire (1988), Gastal et al. (1992), destacan que para *Festuca arundinacea* la aplicación de nitrógeno fue capaz de aumentar la tasa de elongación de esta especie templada casi cuatro veces entre dos niveles de nutrición extremos. En concordancia con dichos autores, Mazzanti et al. (1994) expresan que el mayor efecto del nitrógeno se expresa a nivel de la tasa de expansión foliar obteniendo resultados consistentemente superiores en la tasa de expansión en tratamientos con aplicación de nitrógeno, exceptuando en un año, donde el resultado pudo deberse a las bajas temperaturas.

Gastal y Lemaire (1988) expresan que la TEF en las gramíneas forrajeras es la variable morfogénica más importante en determinar el crecimiento aéreo y es la que muestra más sensibilidad a diferentes niveles de fertilización con nitrógeno. Por lo mismo, el efecto del nitrógeno sobre las variables morfogénicas y estructurales tiene gran incidencia sobre el IAF,

expresando los cultivos creciendo en condiciones limitadas de N, menor crecimiento aéreo y menor expansión foliar. Esto está relacionado a que la nutrición con este nutriente afecta el tamaño final de la hoja incrementándolo cuando aumenta el nivel de nutrición. Este efecto positivo no solo es atribuible al aumento de la TEF sino que también a la duración del alargamiento de la hoja que es proporcional al filocrón (Lemaire y Chapman, citados por Cruz y Boval, 2000).

Diversos autores han demostrado el efecto positivo del N sobre el macollamiento en especies templadas así como en especies tropicales, pero las respuestas de diferentes variables morfogénicas a este nutriente pueden parecer contradictorias. En este sentido, se espera que la respuesta al nitrógeno este mediada por la TAF, sin embargo, varios autores expresan que esta variable no presenta respuesta significativa al mismo. Cruz y Boval (2000) plantean que aunque el N no aumente significativamente el número de sitios potenciales de una macolla, sí aumenta la cantidad de macollas que crecen en potenciales sitios de brotes axilares.

Davies, citado por Cruz y Boval (2000) define un concepto de “site filling” el cual permite calcular la tasa de macollamiento potencial expresando que una alta disponibilidad de nitrógeno puede aumentar la proporción de macollos que crecen en sitios potenciales, aumentando la tasa de macollaje sin modificar la TAF.

Colabelli et al. (1998) afirman que la nutrición nitrogenada tiene un efecto en la formación de nuevos macollos, favoreciéndola, sin embargo, la magnitud de la respuesta depende de factores asociados al tapiz como la densidad y al ambiente (temperatura, radiación, disponibilidad hídrica).

2.7. FERTILIZACIÓN NITROGENADA

La deficiencia de nitrógeno en plantas disminuye su crecimiento, determinando que sea el nutriente que mayoritariamente limita los rendimientos por lo que es de suma importancia reparar en él. En este sentido, Morón (1996) afirma que para la mayoría de los países, el nitrógeno es el nutriente que más limita el crecimiento de las plantas.

Mediante la fertilización nitrogenada se logra incrementar los rendimientos, promover el crecimiento más temprano en el tiempo, permitiendo así adelantar la fecha del primer pastoreo y prolongar el período de crecimiento. En pasturas mezcla de gramíneas y leguminosas, las primeras derivan todo su nitrógeno del suelo, mientras que las leguminosas utilizan también el N atmosférico mediante la fijación biológica.

García et al. (1994) sostienen que en mezclas forrajeras de especies templadas el factor que más influye en la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa es la disponibilidad de nitrógeno en suelo. Sawchik (2001) en este sentido afirma que la entrada de N en los sistemas, es controlada por factores climáticos y favorecida por prácticas de manejo que maximicen la producción y persistencia de las leguminosas como lo es la fertilización fosfatada, manejo adecuado de la especie y correcta elección de las variedades, entre otras. A su vez, señala que en el invierno la tasa de mineralización del nitrógeno se ve afectada por las bajas temperaturas que junto con la competencia que ejercen las gramíneas por el escaso recurso, tienen como resultado una baja cantidad de N mineral en el suelo, haciendo que el porcentaje fijado por leguminosas sea alto. Esto concuerda con lo afirmado por García et al. (1994), evidenciando que la fijación varía según la nutrición del suelo y presenta una estacionalidad marcada con valores máximos en invierno y mínimos en verano.

En pasturas mezcla, la FBN realizada por las leguminosas es gobernada por tres factores principales: nivel mineral del N en el suelo; persistencia y productividad de la leguminosa; y por último la competencia de las gramíneas asociadas. Factores tales como: humedad, nutrición, acidez, plagas y enfermedades, interactúan con los factores principales (Morón, 1996).

Bordoli (1998) destaca que la fertilización con fósforo es importante para que exista una simbiosis exitosa entre las especies de esta familia y las bacterias del género *Rhizobium*, ya que la deficiencia de este nutriente limita el desempeño de la fijación biológica. El fósforo permite un incremento en el número de nódulos, su masa, la producción de materia seca del forraje y los granos, así como la fijación de N₂.

Otro de los factores que afecta la fijación de nitrógeno atmosférico en leguminosas es la temperatura ya que, tanto la infección de *Rhizobium* como la fijación tienen límites de temperatura, no produciéndose la infección por debajo de los 7°C encontrándose los óptimos entre 25°C y 30°C (Muslera y Ratera, 1984).

La cantidad de N fijado mediante las leguminosas va a depender de la productividad que presente la misma, del contenido de N del forraje y de cuál es la proporción de N que por la acción de la simbiosis se derivó de la atmósfera, por lo cual la fijación es un proceso dependiente del rendimiento. Sin embargo, el N fijado no solo dependerá de su producción sino también de su estacionalidad, como en el caso del lotus que, si bien produce más forraje que el trébol blanco, produce menos en invierno y más en verano resultando en una menor eficiencia global (García et al., 1994).

Rebuffo (1994) explica que la respuesta de una pastura a la fertilización nitrogenada está determinada por las condiciones climáticas que comprenden el período de fertilización y posterior al mismo, como también la tasa de crecimiento de la pastura. En invierno se presentan las menores tasas de crecimiento debido a bajas temperaturas, y menor luminosidad, por lo que se reduce la respuesta potencial al nutriente. A su vez el estado y composición botánica de la pastura inciden en gran magnitud en la respuesta al nitrógeno.

Con respecto a la composición botánica, es de suma importancia reparar en el enmalezamiento de una pastura ya que es determinante a la hora de decidir la fertilización. El potencial de respuesta de la pastura al N, está inversamente relacionado con el grado de enmalezamiento (Fernández, 1996).

Según Carámbula (2002a), el éxito inicial de las gramíneas está condicionado por la disponibilidad de nitrógeno como uno de los aspectos más importantes, donde también juegan un rol importante el cultivo antecesor y las prácticas culturales y de conservación de suelos que se hayan realizado. En este sentido, Rebuffo (1994) plantea que la capacidad de respuesta a la fertilización nitrogenada en una pastura mezcla está determinada por la composición botánica de la misma, obteniendo mayor respuesta cuando la población de gramíneas y su capacidad de crecimiento se incrementa. Por lo contrario, señala que cuando las leguminosas dominan el tapiz y hay una baja población de gramíneas no se esperan respuestas importantes, viéndose restringida en gran magnitud la capacidad de respuesta al nitrógeno aplicado. Si existe una alta respuesta de las gramíneas, pueden rápidamente inducir el sombreado y provocar una disminución en el rendimiento de las leguminosas.

En esta misma línea, Morón (1996) plantea que en el largo plazo la fijación biológica conduce a un aumento del nivel de N del suelo, provocando una dominancia de las especies gramíneas determinando una reducción de la FBN.

El efecto en la fertilización con N en pasturas mezcla es un aspecto muy estudiado por diversos autores, expresando diferentes posturas. Carámbula (2002a) entonces enuncia que la fertilización nitrogenada a siembra en pequeñas dosis estimula el crecimiento de las gramíneas sin perjudicar a las leguminosas, pero a dosis altas se genera un estímulo excesivo para gramíneas y a su vez un deterioro para el proceso simbiótico de las leguminosas. Destaca que el efecto del aporte del fertilizante puede ser beneficioso al momento del establecimiento de la leguminosa debido a que el rizobio demora en infectar las plántulas y comenzar a ser efectivo para el proceso de la fijación. A su vez, debido al limitado suministro de asimilados disponibles en etapas tempranas, el proceso de fijación biológica puede acarrear consigo un importante gasto

metabólico en estas etapas. Así mismo también expresa los efectos negativos, haciendo hincapié en el efecto depresivo que genera sobre la nodulación los altos niveles de nitrógeno en las raíces y parte aérea. En estos casos se ve perjudicada la formación de los nódulos, o si se logran formar, la fijación que pueden realizar es limitada.

Concordando con esta postura, Hallsworth, citado por Finozzi y Quintana (2000) expresa que cantidades pequeñas de N favorecen la leguminosa, aumentando el área foliar y promoviendo también el aumento de metabolitos a los nódulos, provocando el llamado efecto starter de fertilización.

Según Millot et al. (1987) el objetivo de la fertilización durante la implantación es posibilitar el establecimiento de la leguminosa y a su vez acelerar su crecimiento para que se pueda obtener una pastura vigorosa, la cual pueda permitir una utilización temprana.

En este sentido, Morón (1996) destaca que los aumentos moderados en la disponibilidad de nitrógeno, permiten a la leguminosa desarrollar más rápidamente su área foliar, y de esta manera permite enviar fotosintatos para el crecimiento y actividad del nódulo.

En el caso del género lotus, el agregado del nitrógeno tiene diferentes efectos según la época de aplicación, dosis y fuente utilizada pudiendo inhibir o estimular la fijación biológica. Con el fin de acelerar el proceso de nodulación en suelos pobres o siembras tardías pueden ser aplicadas dosis no mayores a 15-20 kg/ha de N ya que si se aplicaran dosis mayores a 30 kg/ha la nodulación podría verse seriamente afectada, así como también aumentaría la competencia de otras especies en la pastura (Ayala y Carámbula, 2009).

En relación a los tréboles, la mayoría (excepto el trébol subterráneo) crece poco durante el período de invierno, principios de primavera, de modo que el aporte de nitrógeno limita el crecimiento de la pastura. Las bajas temperaturas en este período permiten cierto crecimiento de las gramíneas pero limitan la fijación de N, por lo que toma importancia el aporte por medio de fertilizantes (Scott, 1981).

Estudios realizados por Enriquez-Hidalgo et al. (2016) sobre una pradera de trébol blanco y raigrás perenne con diferentes niveles de fertilización, encontraron que la FBN (fijación biológica del nitrógeno) se maximizó con aplicaciones de entre 60 a 120 kg N/ha. Además, se encontró 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.

Con relación a las gramíneas, el aporte de nitrógeno en siembra en suelos con bajo contenido de este nutriente, favorece el crecimiento aéreo y de raíces, siendo el primero más favorecido. Troughton, citado por Carámbula (2002a) indica que a medida que se realice un mayor aporte de nitrógeno se puede evidenciar una disminución en el peso de las raíces en relación a la parte aérea, provocando el aporte excesivo de dicho nutriente una inhibición del desarrollo del sistema radicular en profundidad, perjudicando así la situación de las plántulas para enfrentar sequías.

Rebuffo (1994) plantea que la respuesta de las gramíneas está determinada por la capacidad de incrementar el número de macollos, así como también el tamaño de los mismos. El proceso del macollaje presenta una clara variación estacional, siendo alto cuando las plantas permanecen vegetativas en otoño y muy bajo cuando las plantas empiezan su comportamiento reproductivo en primavera. En este último período la respuesta al N es limitada ya que se favorece el desarrollo de los órganos reproductivos en detrimento de la formación de nuevos macollos, en este sentido la capacidad de respuesta de una gramínea al N aplicado se regula según la proporción de tallos vegetativos y reproductivos que presente.

Ignatieff y Page, citados por Carámbula (2002a) afirman que el nitrógeno en las gramíneas además de acelerar el crecimiento de las plántulas tiene un efecto positivo en aquellos suelos fríos donde la mineralización es más lenta y en aquellos donde la eficiencia del N sea mayor a varios centímetros de la superficie del suelo.

En estudios realizados por Rolhauser et al. (2007), perteneciente a la Cátedra de Ecología en la FAUBA (Buenos Aires), sobre la fertilización nitrogenada de *Festuca arundinacea* evaluada en una mezcla con lotus, se obtuvo que el aporte de N hizo que la frecuencia de festuca se encontrara dentro del rango de 90-94% siendo la de lotus 5%. En cambio, en los tratamientos no fertilizados se encontró que la frecuencia de la leguminosa llegaba a 40%, demostrando un claro efecto supresor del aporte N sobre el lotus. También se encontró que el agregado del nitrógeno provocó un aumento en la cobertura basal de la festuca, tamaño promedio mayor de los individuos con respecto a los tratamientos no fertilizados, tomando como individuo a todo aquel macollo o grupo de macollos separado a más de 5 cm de su vecino más cercano. Sin embargo, las poblaciones de festuca en los tratamientos fertilizados presentaron mayores individuos grandes e individuos pequeños, teniendo una mayor jerarquización. De esto se infirió que la mayor oferta de nitrógeno determinó una alta intensidad de competencia teniendo como consecuencia la supervivencia de pocos individuos de gran porte, evidenciando que la adición de un recurso limitante puede incrementar la competencia en vez

de relajarla. En este sentido los autores concluyeron que la fertilización nitrogenada presentaba efecto promotor sobre la competencia intraespecífica. De esta manera comparando con lo indicado por otros autores, se infiere que el efecto del nitrógeno no solo tiene un efecto positivo en las gramíneas, sino que también su exceso puede incrementar la competencia.

Marino y Agnusdei (2007) analizaron el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento estacional de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) y la eficiencia en el uso de los recursos, encontrando que la fertilización permitió aumentar significativamente el área foliar aun cuando las condiciones climáticas fueron desfavorables. Esto estaba asociado con el incremento del índice de área verde y radiación interceptada cuando se agregó nitrógeno, observándose así un incremento en la eficiencia en el uso de la radiación interceptada. La aplicación de nitrógeno permitió adelantar la máxima área foliar con respecto a los tratamientos no fertilizados, siendo el adelantamiento de la oferta de forraje atribuible a mayores tasas de crecimiento cuando se fertilizó. Estos autores afirmaron que, aún en condiciones de escasas precipitaciones y/o bajas temperaturas donde se restringe el crecimiento de las pasturas, se observó un efecto positivo del nitrógeno obteniendo una mayor y más rápida expansión foliar, así como también mayor captura de radiación que en los tratamientos testigos. En cuanto a las dosis de nitrógeno utilizadas, encontraron que dosis superiores a 125 kg N por ha, no presentaron ventajas significativas en ninguno de los períodos evaluados.

Rebuffo (1994) en experimentos sobre praderas mezclas de primer año fertilizadas en otoño, obtuvo que las gramíneas producían mayor forraje mientras que las leguminosas disminuyeron su productividad, observándose en primavera una disminución en aquellos tratamientos con aporte de N con respecto a los no fertilizados (50-75% vs. 40- 60%). Sin embargo, destaca que cuando se utiliza nitrógeno de forma cuidadosa en el período de implantación es posible incrementar la producción de materia seca manteniendo un buen equilibrio gramínea-leguminosa.

Es así que Agnusdei et al., citados por Carámbula (2002b), plantean que dosis de 50-60 kg/ha de N por aplicación producen respuestas seguras en la mayoría de los suelos ganaderos siendo las dosis de 25-30 kg/ha menos predecibles, pudiéndose obtener respuestas menores. A su vez, hacen énfasis en que las aplicaciones anuales del fertilizante nitrogenado no deberían superar los 250 kg/ha de N fraccionadas en no más de dos veces en otoño y tres veces entre fin de invierno e inicio de primavera.

Scott (1981) explica que en una pradera mezcla de gramíneas y tréboles, la eliminación de estos últimos después de aplicar nitrógeno es

provocada por una mayor competencia por los recursos (luz, agua y nutrientes) ejercida por las gramíneas, teniendo como consecuencia al competir por agua y nutrientes un crecimiento diferencial en altura, generando competencia por luz. Autores como Frame (1973) afirman que cuando la fertilización nitrogenada es muy elevada la supresión por la gramínea es extrema, las leguminosas entonces sufrirán sombreado y sus crecimientos se verán suprimidos.

En las etapas iniciales de crecimiento las gramíneas presentan deficiencia de nitrógeno por lo que su crecimiento es limitado, a medida que el nitrógeno en el suelo se hace más disponible comienzan a levantar esta restricción y comienzan a crecer de forma activa, de esta manera empieza a generar una alta competencia por luz, humedad y nutrientes. El desfavorecimiento de las leguminosas en la mezcla se atribuye a que las mismas por su hábito de crecimiento postrado poseen un requerimiento de luz elevado presentando menor eficiencia en la utilización con respecto a las gramíneas que presentan un porte más erecto. De esta manera el sombreado generado por las gramíneas genera en las leguminosas una reducción de las raíces, haciendo que la planta tenga menor superficie de exploración radicular para obtener agua y nutrientes lo que hace que se recienta en mayor magnitud el desarrollo de la parte aérea y la intercepción de luz (Scott, 1981).

Esto mismo es explicado por Scheneiter (2016), quien expresa que el nitrógeno fijado por la leguminosa se hace disponible en el suelo, favoreciendo a la gramínea, incrementando el índice de nutrición nitrogenada (INN) en las hojas de festuca alta provocando mayor tasa de crecimiento neto y mayor densidad de macollos de esta especie. Estos procesos hacen que la gramínea se vea más competitiva y relegue a la leguminosa disminuyendo los puntos de crecimiento del trébol blanco, siendo la pastura mayormente dominada por festuca. Sin embargo, con el tiempo comienza a disminuir la cantidad de macollos de la gramínea, ya que al disminuir la fijación por parte de la leguminosa disminuye el INN en las hojas jóvenes de festuca y posteriormente el trébol blanco puede reiniciar su ciclo colonizando los espacios menos densos, creando así un control recíproco de la dinámica de la composición botánica.

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 el 30/07/2018 al 17/09/2018, siendo el período de evaluación el comprendido desde siembra hasta el primer pastoreo.

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).

Ubicado sobre la Unidad de Suelos San Manuel, 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 Brunosoles Éutricos Típicos (Háplicos) como suelos dominantes, siendo éstos de superficiales a moderadamente profundos y de textura limo-arcillosa. Como suelos asociados están presentes Brunosoles Éutricos 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 Natrudoles 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). Castaño et al. (2011), plantean que teniendo en cuenta las precipitaciones acumuladas a través del año, no se puede afirmar que exista una estación seca o lluviosa definida, teniendo registros acumulados medios mensuales entre 60 mm/mes (litoral Oeste en invierno) y 140 mm/mes (Noroeste en abril y octubre).

La temperatura media anual para todo el Uruguay es de 17,5 °C, teniendo una orientación general de Suroeste a Noreste, presentando una media máxima de 19°C sobre Artigas y una media mínima de 16°C sobre la costa atlántica en Rocha (INUMET, 2018). Las temperaturas medias más altas se presentan en los meses de enero y febrero mientras que 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 verdeo de *Lolium multiflorum* con inclusión de leguminosas anuales: *Trifolium vesiculosum* y *Trifolium resupinatum* con dos niveles diferentes de fertilización nitrogenada. En el verano 2017-2018 se sembró *Setaria itálica*.

La siembra de la pradera se realizó el 6 de junio de 2018 siendo el método empleado para la gramínea, siembra directa en línea, realizándose con una sembradora marca Semeato, a una distancia entre hileras de 0,19 m y profundidad de 1cm. En cuanto a las leguminosas, estas fueron sembradas al voleo. Previo a la siembra de la pradera a evaluar se aplicaron 4 litros/ha de glifosato y el 10 de julio se aplicaron 400 cc/ha de flumetsulam.

La mezcla forrajera se sembró utilizando las siguientes densidades: a) *Festuca arundinacea* cv. INIA Fortuna 12 kg/ha, b) *Trifolium repens* cv. Zapicán 2 kg/ha y c) *Lotus corniculatus* cv. Rigel 9,5 kg/ha.

En cuanto a la fertilización, el experimento lleva un nivel fijo de fertilización fosfatada (40 Kg P205), aplicando en todas las parcelas a la siembra 100 kg/ha del fertilizante binario 7-40/40-0. Con respecto al nitrógeno, posteriormente el 10 de julio se aplicó 70 kg/ha de urea (46-00-00) aportando 32 kg/ha de nitrógeno. Los análisis de suelo realizados previo a la siembra revelaron 11 ppm de P₂O₅ por el método Bray No.1, y 4 ppm de nitrógeno como NO₃.

3.1.5. Tratamientos

Se evaluaron 2 tratamientos correspondiendo a la mezcla de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* con dos niveles de fertilización nitrogenada; 0 y 32 unidades de nitrógeno (UN/ha).

3.1.6. Diseño experimental

El diseño experimental se trata de Bloques Completos al Azar. El área total donde se realizó el experimento fue de 4,51 hectáreas. Se dividió el área en 4 bloques de 1,13 ha aproximadamente cada uno, correspondientes a las repeticiones. A su vez cada bloque fue dividido en 4 parcelas, dando un total de 16 parcelas, siendo cada una de estas la unidad experimental. Dentro de cada bloque se presentan los dos tratamientos en dos repeticiones.

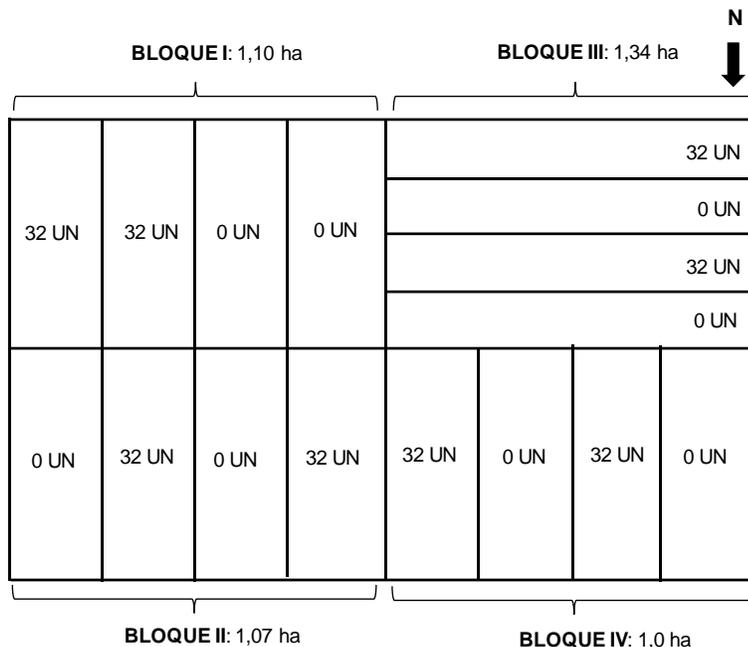


Figura No. 2. Croquis del área experimental

3.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Las variables analizadas se basan en el período de implantación de la mezcla forrajera descrita, desde la siembra hasta el primer pastoreo. En el presente trabajo se relacionó las variables de desarrollo de las especies con las variables de crecimiento, teniendo como fin relacionar los componentes de rendimiento de las pasturas con la biomasa producida.

Las variables de desarrollo fueron medidas por un grupo de tesis de la Facultad de Agronomía, los cuales determinaron los porcentajes de implantación de cada especie, contabilizando el número de plantas presentes de cada especie en cada muestra y también el grado de desarrollo de las mismas para cada fecha evaluada.

En cuanto a las variables de crecimiento, se determinó el disponible de forraje por hectárea en cada fecha de relevamiento mediante cortes en la pastura así como también la composición botánica de la misma, con el fin de analizar el aporte de cada especie.

Para ambas variables, el seguimiento se realizó en cuadros de 0,2*0,5m fijos, colocados en las parcelas a fin de cuantificar las variables determinadas. La posición de colocación de los mismos, se marcó en relación a

cinco estacas fijas que se encontraban en cada parcela, teniendo como resultado 5 registros por parcela en cada fecha evaluada.

Las fechas de muestreo fueron:

- Primer relevamiento “54 días post siembra”: 30-7-2018
- Segundo relevamiento “77 días post siembra”: 22-8-2018
- Tercer relevamiento “103 días post siembra”: 17-9-2018

3.2.1. Variables de crecimiento

Las variables de crecimiento son aquellas que cuantifican el incremento de biomasa de la pastura para un período determinado de tiempo.

3.2.1.1. Composición botánica

Para la determinación de la composición botánica se utilizó el método de cobertura de estimación de área (Brown, 1954), estimando en cada rectángulo y para cada fecha evaluada, el porcentaje de contribución de cada componente a la biomasa total teniendo en cuenta a las gramíneas, leguminosas, malezas, gramíneas espontáneas y restos secos.

3.2.1.2. Biomasa disponible

Esta variable representa la estimación de los kg de MS (materia seca) disponible por hectárea al momento del muestreo.

Luego de realizar la determinación de la composición botánica en cada rectángulo, con el fin de estimar la biomasa disponible se procedía a extraer 5 muestras por parcela, las cuales consistían en la cosecha de toda la biomasa presente abarcando la de las especies sembradas, malezas y restos secos dentro de los límites del rectángulo, cortando al ras del suelo con tijera.

Cada muestra cosechada fue colocada individualmente dentro de una bolsa, y etiquetada con el número de bloque, parcela, y número de muestra a la cual correspondía.

Posteriormente en el laboratorio se procedía a registrar el peso en base fresca de cada muestra utilizando una balanza electrónica con 0,05 gramos de depreciación, manteniendo cada una su identificación correspondiente y colocándolas luego en la estufa a 60 °C durante 48 horas con el fin de medir el contenido de materia seca. Luego de transcurrido ese tiempo se volvía a pesar cada muestra obteniendo el peso seco. Con el peso fresco y seco se obtuvo el valor en porcentaje de materia seca, y al aplicarlo al peso fresco total se estimó

el peso seco del total de la muestra. Con dicho valor se estimaron los kg de MS/ha.

3.2.2. Variables de desarrollo

Las variables de desarrollo registran las modificaciones morfológicas que le suceden a la planta durante el ciclo de vida, en el presente experimento se registran para un período determinado de tiempo dentro de ese ciclo.

Para poder evaluar el grado de desarrollo de las especies sembradas, para el caso de *Festuca arundinacea* se contabilizó la cantidad de macollos y hojas por macollos mientras que, para las leguminosas se cuantificó la cantidad de tallos y hojas por planta. Dichas variables se determinaron en cada fecha de relevamiento, utilizando el rectángulo de 0,2*0,5m y registrando el desarrollo promedio que presentaba cada planta en cada muestra.

3.2.2.1. Número de láminas y número folíolos

En el caso de *Festuca arundinacea* se contabilizó en número de hojas totalmente expandidas por macollo, promediándose luego los valores y obteniéndose un valor promedio de número de hojas por muestra. El mismo procedimiento se realizó para el caso de *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens*, solo que en vez de láminas, en este caso se contabilizaban la cantidad de hojas por planta.

3.2.2.2. Número de macollos y número de tallos

La medición del número de macollos por planta en cada medición es una variable que expresa la evolución del proceso de macollaje a través del tiempo, proceso de suma importancia para la producción de forraje de las gramíneas.

Se contabilizó a campo el número de macollos de cada planta de la muestra, posteriormente calculándose un promedio para así determinar el número promedio de macollos por planta en cada muestra y fecha de relevamiento. De la misma forma se realizó el conteo de tallos de las leguminosas, obteniéndose luego un promedio por especie.

3.2.2.3. Peso de macollos

A modo de obtener el peso promedio de macollos, el mismo se estimó de forma indirecta, tomando en cuenta la biomasa producida por festuca y el número de macollos por planta. Dividiendo el peso seco total de producción de festuca obtenida por muestra, sobre el número de macollos presentes en la muestra.

3.3. HIPÓTESIS

3.3.1. Biológica

Existe una respuesta de la fertilización nitrogenada sobre la producción de forraje, produciendo los tratamientos con agregado de nitrógeno más que los tratamientos sin aporte.

La fertilización nitrogenada modifica los componentes de rendimiento de la pastura como también así su composición botánica.

3.3.2. Estadística

H_0 = efecto T1= efecto T2

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

3.4. MODELO ESTADÍSTICO

Se utilizó el programa Infostat para el análisis de datos. Las variables evaluadas fueron analizadas por medio del análisis de varianza y se utilizó el test de Tukey con una significancia de 10% para clasificarlas.

Con el fin de realizar el estudio analítico se procedió a utilizar el siguiente modelo estadístico:

$$Y = \mu + \beta_j + nk + fl + (n*f)kl + \epsilon_{ijkl}$$

Dónde,

- Y - es el valor del i-ésimo tratamiento, en la j-ésima repetición
- μ – media poblacional
- β_j – efecto bloque
- nk – efecto nitrógeno
- fl – efecto fecha de muestreo
- $(n*f)kl$ – interacción nitrógeno - fecha de muestreo
- ϵ_{ijkl} – error experimental entre U.E.

El modelo presenta los siguientes supuestos:

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

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

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

Dónde,

- 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

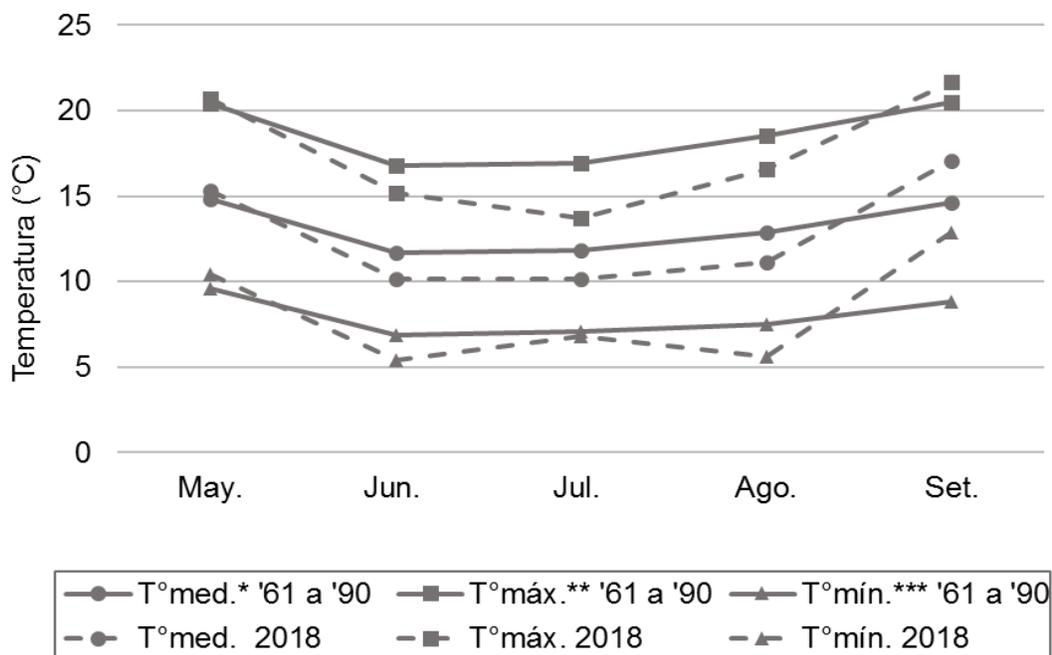
4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

Con el fin de realizar una interpretación de los resultados obtenidos es necesario saber cómo fue el comportamiento climático del año en estudio, así como también cual fue el comportamiento promedio general de la zona en una serie de años considerable.

A continuación, se presentan los datos del período evaluado de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni para el año en evaluación (UdelaR. FA. EEMAC, 2018) y del Instituto Uruguayo de Meteorología de la serie histórica 1961-1990 para el departamento de Paysandú (INUMET, 2018).

4.1.1. Temperatura

En la siguiente figura se presentan los valores de temperatura del año en estudio en comparación con la serie histórica.



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

Figura No. 3. Temperaturas máximas, mínimas y promedio históricas nacionales y para el año del ensayo

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

Se puede observar que, en junio, mes en el cual se llevó a cabo la siembra, la temperatura fue menor que el promedio histórico. Esta tendencia continúa para los meses invernales posteriores, representando un año más frío que el promedio durante el invierno. Esta tendencia se invierte en el mes de septiembre, el cual fue el último mes del período en evaluación, donde las temperaturas presentadas fueron mayores que el promedio histórico.

La máxima temperatura en el período de estudio fue de 21,7 °C y la mínima de 5,4°C, mientras que el promedio histórico fue de 20,5 °C y 6,9 °C respectivamente. En la Figura No. 3 se puede observar que para la fecha de siembra, en el mes de junio, la temperatura media llegaba a los 10 °C siendo un valor bastante inferior a lo que Carámbula (2002a) plantea como óptimo, siendo este entorno a los 15°C-20°C.

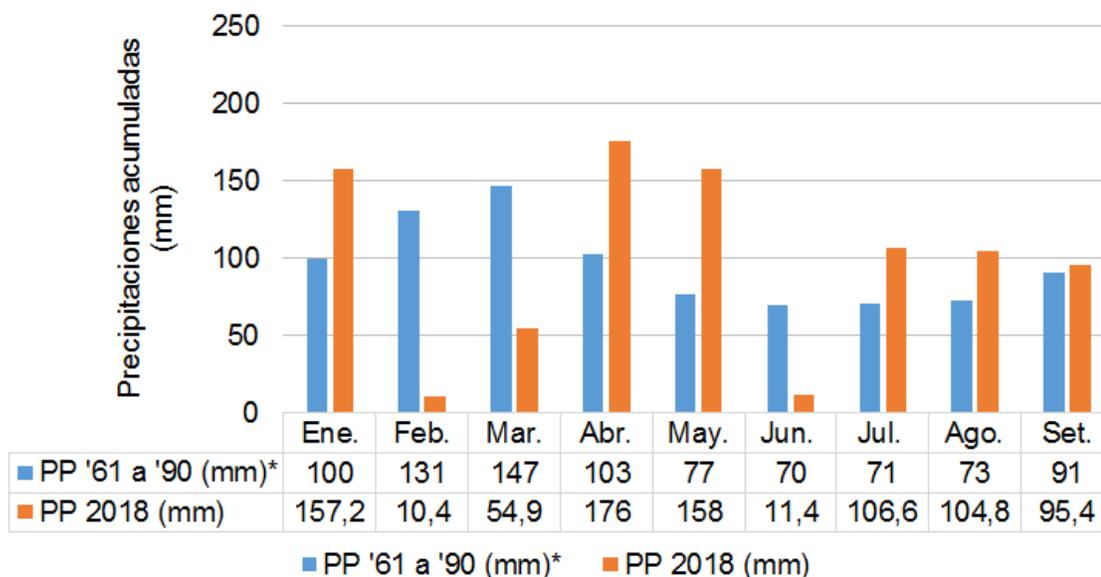
En este sentido, Baruch y Fisher (1991) plantean que las bajas temperaturas pueden provocar efectos perjudiciales para las pasturas, tales como marchitamiento, reducción del crecimiento, fallas en la germinación y muerte de tejidos, a la vez de provocar una reducción en las tasas de crecimiento una vez que la pastura está emergida.

Perrachon (2015) destaca que, en los meses de junio, julio y agosto, no es recomendable la siembra debido a las bajas temperaturas (heladas) y alta humedad del suelo, provocando que las plantas tengan un desarrollo lento. A su vez provocan una menor producción en el período otoño-invernal, teniendo como consecuencia una menor productividad anual (Zanoniani, 2010).

Las siembras de abril son las más recomendadas (Carámbula 2002b, Perrachon 2013) ya que las temperaturas son lo suficientemente altas como para permitir una rápida germinación y establecimiento, logrando de esta manera una mayor sobrevivencia (White, 1981).

4.1.2 Precipitaciones

En la figura a continuación se presenta la comparación entre los registros de las precipitaciones promedio mensuales de una serie histórica (1961 a 1990) y los registros mensuales para el año 2018.



*Precipitaciones (mm)

Figura No. 4. Precipitaciones acumuladas para la serie histórica (S.H.) 1961-1990 y para el año en estudio (2018) en Paysandú

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

En los meses de abril y mayo del año 2018, no hay registros de precipitaciones en la estación meteorológica de la EEMAC debido a que la misma estuvo inoperante durante estos meses por haber sufrido daños. Se lograron obtener registros de dichas precipitaciones de un predio ubicado a 25 kilómetros hacia el Sur de la estación experimental.

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

Específicamente durante el período en estudio (junio-septiembre) la diferencia de precipitaciones acumuladas fue de 13 mm a favor del año 2018. A partir del mes de abril hasta septiembre las precipitaciones se encontraron por encima del promedio histórico, encontrándose en los meses de abril y mayo muy por encima del promedio (71% y 105% más respectivamente), siendo el mes de la siembra el único en el cual las precipitaciones se encontraron muy por debajo del promedio histórico representando solo el 16% de las precipitaciones promedio.

En base al balance hídrico mensual (ver Anexo No. 1), el cual tiene en cuenta las precipitaciones, la evapotranspiración potencial y la capacidad de

almacenaje de agua disponible, se obtuvo que en el período de estudio el suelo se encontró con el perfil lleno, es decir a capacidad de campo, exceptuando en el mes de junio (71 mm).

La siembra no se pudo realizar en la fecha deseada debido a que primeramente el año en estudio se caracterizó por presentar un fin de verano e inicio de otoño secos, evitándose sembrar en esos meses ya que la pastura tenía alto riesgo de no implantarse. Luego, los volúmenes de precipitaciones en los meses de abril y mayo no permitieron entrar a la chacra para la siembra, provocando el atraso de la misma hacía meses menos recomendables, con las implicancias del atraso en la fecha de siembra sobre la productividad.

Teniendo en cuenta las precipitaciones al inicio de la estación de crecimiento, las cuales superaron en gran magnitud los promedios históricos mensuales, es esperable un escenario limitante para lograr una buena implantación. El exceso de lluvias de abril y mayo, resultó en una alta humedad al momento de la siembra, junto con sucesivas precipitaciones luego de esta generan condiciones predisponentes para la pérdida de plántulas, generando zonas de escasa cobertura.

Altier (2010) plantea que los excesos hídricos y la humedad del suelo sumado a las bajas temperaturas en el período de establecimiento de las pasturas, facilitan el ataque de hongos del suelo como *Phytium* y *Phytophthora*, que pueden causar problemas de implantación, fallas en la emergencia de plántulas y bajo vigor.

Se puede establecer que el agua no fue limitante para las primeras instancias del período experimental ya que las precipitaciones de abril al igual que en mayo, se encontraron por encima del promedio histórico. Es así, que el perfil se recargó satisfactoriamente durante el período de barbecho sin embargo el balance hídrico refleja un perfil lleno en todo el período de estudio. Esto puede significar una pérdida de plántulas ya que el exceso de humedad en el proceso de implantación puede provocar muerte de plántulas por falta de oxígeno teniendo como consecuencia un menor porcentaje de implantación a la vez que dificulta el desarrollo normal de las plántulas debido a que se interrumpe la absorción de nutrientes (Carámbula, 2002b).

Formoso (2007) expresa que el agua al ser una variable discontinua sumada a su alta variabilidad, es generalmente la causa principal en determinar malas implantaciones. En este sentido, destaca que la cobertura vegetal del suelo y períodos de barbecho largos posibilitan aumentar el nivel de humedad en el suelo y disminuir los riesgos de estrés hídrico.

Concordando con esto, Campbell y Swain (1973) plantean que el estrés hídrico es el factor que causa pérdidas mayores no solo por problemas en la germinación sino que también en la supervivencia posterior de las plantas.

4.2. NÚMERO DE PLANTAS

Para cada muestra se contabilizó el número de plantas presentes de cada especie. Esta variable fue medida a campo para analizar la dinámica poblacional, la variación del número de plantas a través del tiempo y su importancia en la composición del rendimiento.

4.2.1. Festuca

En la siguiente figura se presenta el stand de plantas de *Festuca arundinacea* medidas a campo a los 54, 77 y 103 días postsiembra y su tendencia en el tiempo.

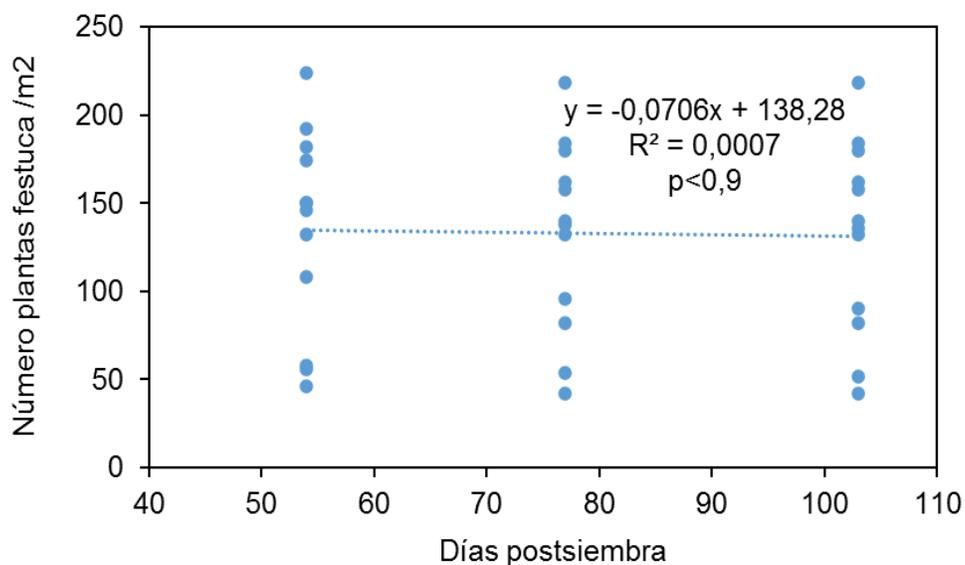


Figura No. 5. Número de plantas de festuca por m² a través del tiempo

No se observa una relación estadísticamente significativa entre el número de plantas de festuca por área y los días post siembra, no ajustándose a un modelo lineal.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos con respecto al efecto de la fertilización nitrogenada sobre el número de plantas de festuca por metro cuadrado.

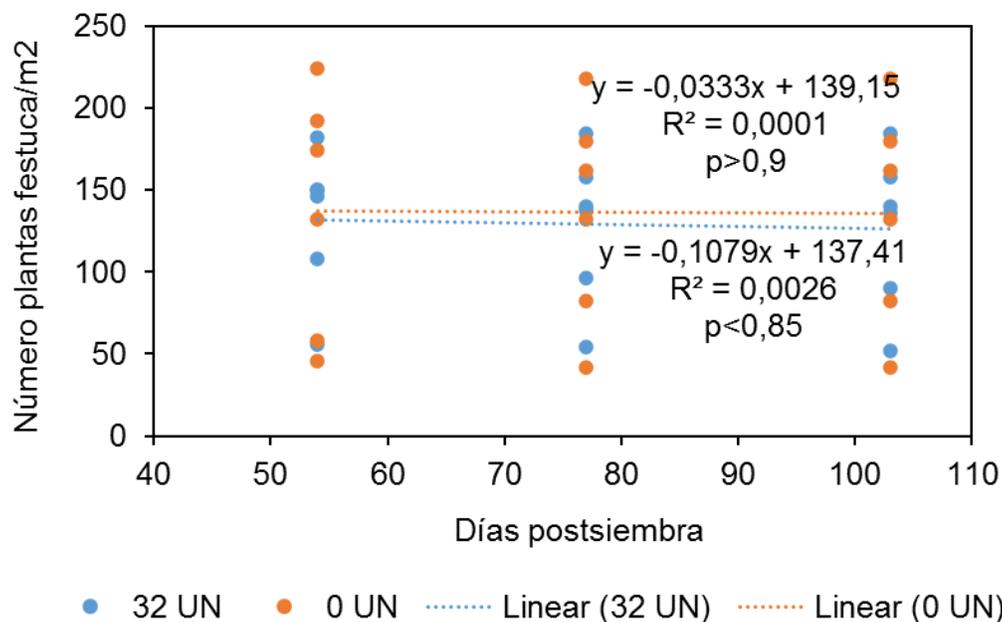


Figura No. 6. Número de plantas de festuca/m² según el nivel de fertilización a través del tiempo

Al discriminar por el nivel de fertilización, se observó que en ninguno de los tratamientos hubo una relación entre el número de plantas y los días post siembra, no observándose diferencias entre tratamientos (ver Anexo No.4). Era de esperarse un favorecimiento de la gramínea al aumentar la disponibilidad de nitrógeno, ya que el éxito inicial de las gramíneas puede estar influenciado por la disponibilidad de nitrógeno en el suelo y como se ha mencionado anteriormente, según varios autores, son las que determinan la magnitud de respuesta al agregado de dicho nutriente.

Resultados obtenidos por Gomes de Freitas y Klaassen (2011) en un ensayo realizado en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni mostraron valores promedio de festuca y dactylis de 470 y 301 plantas/m² a los 70 y 106 días postsiembra respectivamente en siembras de junio. En el presente experimento el número de plantas no varió en las distintas fechas de mediciones, sin presentar diferencias significativas entre las mismas, encontrándose el valor del stand de plantas de festuca muy por debajo de lo encontrado por dichos autores (131 y 132 plantas/m² a los 77 y 103 dps respectivamente).

Considerando que ambos experimentos fueron sembrados en época tardía, las diferencias pueden atribuirse a que en el año en estudio, la

implantación de la festuca pudo haber estado afectada por los excesos de humedad en el período, ya que si bien es necesario un aporte de agua continuo para la germinación, los excesos pueden perjudicar la implantación, generando condiciones propicias para el desarrollo de hongos que atacan a las plantas en sus estadios iniciales (Formoso, 2007) así como también, provocar muerte de semillas por falta de oxígeno (Carámbula, 2002b).

Estos excesos hídricos sumados a las bajas temperaturas pudieron haber provocado un retraso en los procesos de germinación, emergencia, crecimiento y desarrollo de las plántulas, afectando de esta manera la implantación de la pastura. La misma, es determinante en la definición del éxito a futuro de la pastura perjudicando su establecimiento y persistencia en los años siguientes (Zarza et al., 2013), por lo que es de suma importancia reparar en las condiciones en las que ocurre.

La época de siembra es un factor que influye en gran medida, según Formoso (2007) en relación a gramíneas perennes, la festuca es más sensible a crecer en condiciones de rastrojo o fechas de siembra adversas si se compara con *dactylis*, el cual es más plástico adaptándose a condiciones más diversas. En el presente experimento la fecha de siembra se atrasó colocándola en meses donde las bajas temperaturas restringen el crecimiento de la pastura. En este sentido, no se observan efectos al agregado de nitrógeno, ya que su respuesta también depende de la época en la que se aplique. La temperatura cumple un rol fundamental debido a que se necesita que la planta esté en activo crecimiento, y si el crecimiento se ve perjudicado la respuesta al agregado del nutriente se restringe.

4.2.2. Leguminosas

A continuación, se presenta el número de plantas leguminosas sumando a la especie *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, a los 54, 77 y 103 días postsiembra sin discriminar según la disponibilidad de nitrógeno.

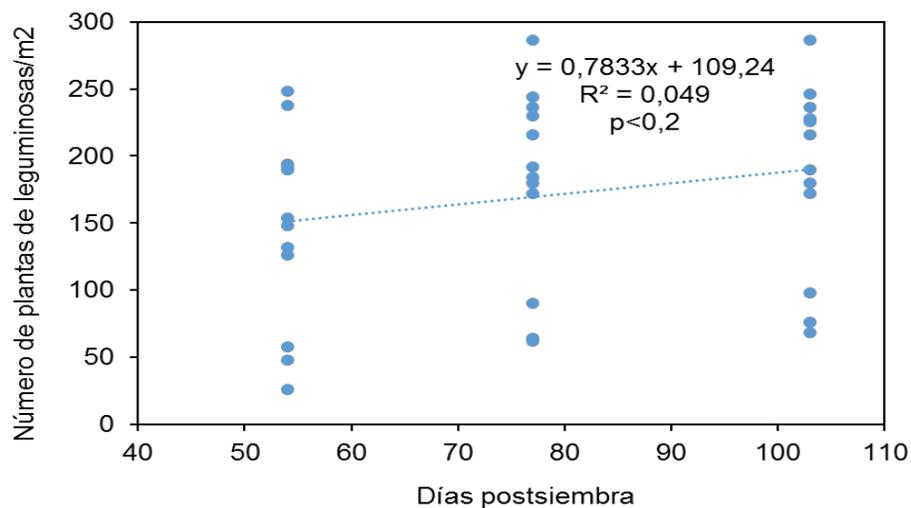


Figura No. 7. Número de plantas de leguminosas por m² a través del tiempo

Al igual que para la festuca, no se observa una relación estadísticamente significativa entre la fecha y el número de plantas ($p > 0,01$). El stand de plantas de leguminosas no varió significativamente a medida que transcurrían los días post siembra.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos sobre el efecto de la fertilización en el stand de plantas de leguminosas.

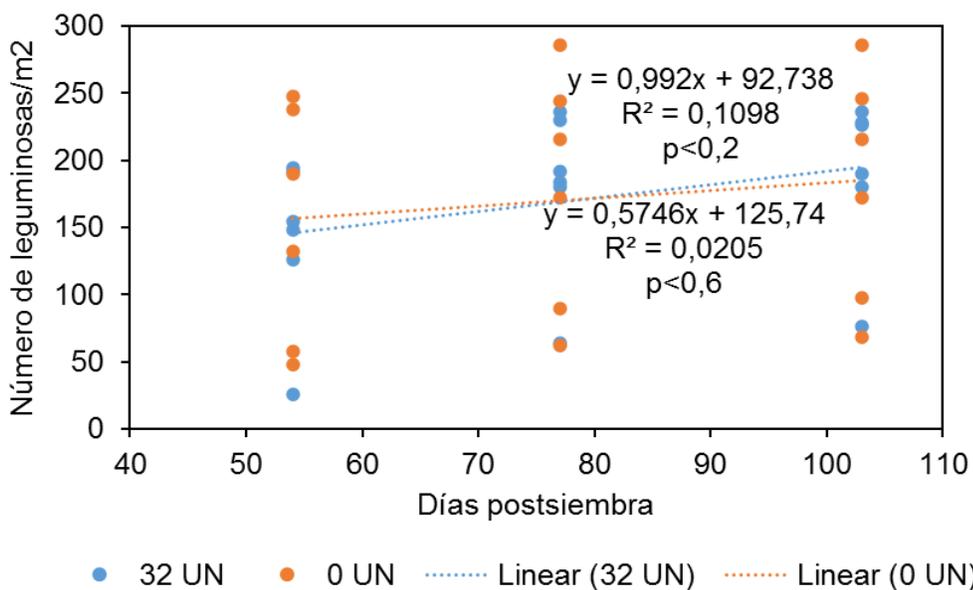


Figura No. 8. Número de plantas de leguminosas/m² según el nivel de fertilización a través del tiempo

Al igual que para el caso de festuca, no se observó relación entre la fecha y el número de plantas de leguminosas para ninguno de los tratamientos. Ambos tratamientos presentan una evolución en el número de plantas de leguminosas similar, no se encontrándose diferencias significativas entre tratamientos (ver Anexo No. 7).

Comparando con los resultados de Gomes de Freitas y Klaassen (2011), con respecto a trébol blanco, dichos autores obtuvieron para la siembra de junio valores de 123 y 129 pl/m² para 70 y 106 días post siembra respectivamente, siendo similares a los obtenidos en este trabajo 116 y 120 pl/m² para 77 y 103 dps respectivamente. Sin embargo, se observan grandes diferencias en el caso de lotus, ya que los mismos autores obtuvieron 232 y 191 pl/m² a los 70 y 106 dps, mientras que los valores obtenidos en el presente trabajo fueron muy inferiores (63 y 64 pl/m² a los 77 y 103 dps respectivamente).

Carámbula (1977), expresa que las leguminosas estivales crecen mejor en siembras de otoño donde la temperatura es mayor, permitiéndoles así maximizar las velocidades de germinación y posterior crecimiento y desarrollo, con el fin de obtener plantas de mayor tamaño y vigor que le aseguren una mayor tasa de sobrevivencia frente a diferentes estreses. Las bajas temperaturas en este caso se dan cuando las plántulas están aún pequeñas para poderlas soportar, repercutiendo así en la baja proporción de lotus en estas condiciones. A su vez, el exceso hídrico en el período en estudio pudo haber incrementado la probabilidad de incidencia de enfermedades de raíz y corona las cuales limitan la persistencia de las plantas (Zanoniani y Ducamp, 2004).

En el caso del trébol blanco, si bien era de esperarse que la implantación y stand de plantas se viera perjudicada debido a las bajas temperaturas (Steppler 1965, Carámbula 2002b, Olmos 2004), los resultados obtenidos en el presente experimento no serían concordantes con lo expresado por diversos autores. Esto puede estar relacionado a que el trébol blanco requiere mayor humedad y menores temperaturas que el lotus para que ocurra la germinación.

Olmos (2004) plantea que a medida que se den atrasos en la fecha de siembra, los porcentajes de implantación declinan, para el caso del trébol blanco afirma que la producción inicial de dicha especie cae bastante a medida que la época de siembra se atrasa más de lo que ocurre en especies como lotus o raigrás. Al mismo tiempo plantea que la aplicación de nitrógeno en general tiene un efecto negativo sobre la proporción de dicha especie en la pastura, contribuyendo a una reducción en el número de plantas/m² y

especialmente cuando se encuentra en mezcla con gramíneas, las temperaturas reducidas sumadas a las aplicaciones de nitrógeno, crean un ambiente favorable para el componente gramínea en detrimento del trébol. Sin embargo, los resultados obtenidos contrastan con dicha información, ya que el trébol fue la leguminosa que se comportó mejor en cuanto a su implantación (ver Anexo No. 8).

Esto puede explicarse debido a que, teniendo en cuenta la baja implantación de la festuca, la misma no ejerció competencia sobre las leguminosas en especial sobre el trébol el cual es muy sensible a la competencia especialmente por luz, provocando así que la respuesta a la fertilización por parte de la gramínea (la cual se incrementa con el componente gramínea y temperaturas que favorezcan el activo crecimiento) se haya visto restringida permitiendo de esta manera el mayor crecimiento del trébol.

4.2.3. Plantas totales

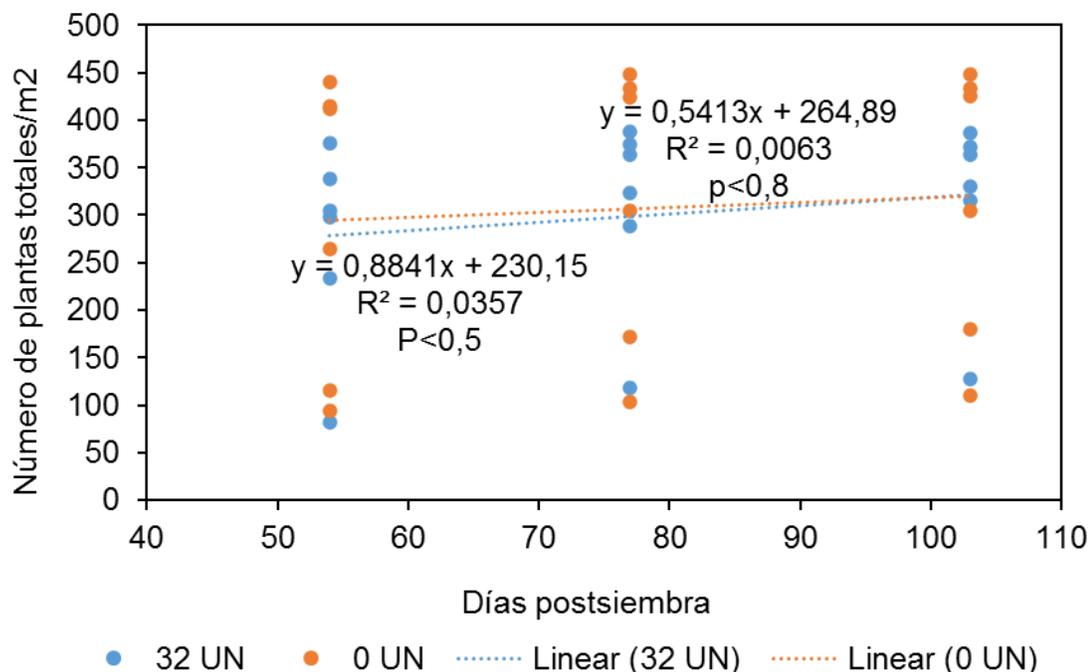


Figura No. 9. Número de plantas totales/m² a través del tiempo según tratamiento

Al observar el efecto del agregado del nitrógeno en el stand total de plantas a medida que aumentaban los días post siembra no se encontraron diferencias con respecto al tratamiento testigo, sin relación entre el número de plantas totales por área y los días post siembra ($p > 0,01$).

Independientemente del nivel de fertilización, el número de plantas totales por m² es considerado bajo relacionándolos a los obtenidos en otros ensayos, no logrando un adecuado stand de plantas que permita expresar el potencial de producción. Gomes de Freitas y Klaassen (2011) obtuvieron para la mezcla de festuca, lotus y trébol blanco un número de plantas/m² de 666 a los 70 días post siembra, siendo este número considerado excelente para lograr una buena implantación y producción, sin embargo, los resultados obtenidos en el presente experimento se encuentran muy por debajo de este número representando menos de la mitad de plantas para la misma fecha. Lo mismo ocurre si se compara con los resultados obtenidos por Berasain et al. (2015), dichos autores obtuvieron para la misma mezcla en estudio, 815 plantas por m² a los 90 días post siembra, resultado muy superior al obtenido.

De la gráfica se puede deducir entonces que el número de plantas totales existentes por metro cuadrado, puede ser una limitante para que la pastura alcance su potencial de producción máximo, siendo explicada en mayor medida debido al bajo stand de plantas de festuca y lotus. Castaño, citado por Berasain et al. (2015) sugiere que el número de plantas objetivo que se pretende lograr para tener una buena producción en el caso de las leguminosas en mezcla ronda las 100-150 pl/m² mientras que para gramíneas en mezcla se encuentra en el rango de 100-200 pl/m².

En resumen, el hecho de sembrar tarde afecta en gran magnitud a las plántulas, determinando un pobre establecimiento y crecimiento, retrasando de esta manera el crecimiento inicial y la entrada en producción de la pastura, siendo esto característico de las siembras tardías en los meses invernales (Zanoniani y Noël 1977, Langer 1981a, Carámbula 2002b, Perrachon 2013).

4.4. PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA

En las siguientes figuras se relaciona la producción de materia seca durante el período de estudio, con el número de plantas de leguminosas y gramíneas, con el fin de determinar en qué magnitud el stand de plantas de cada especie influye en la producción.

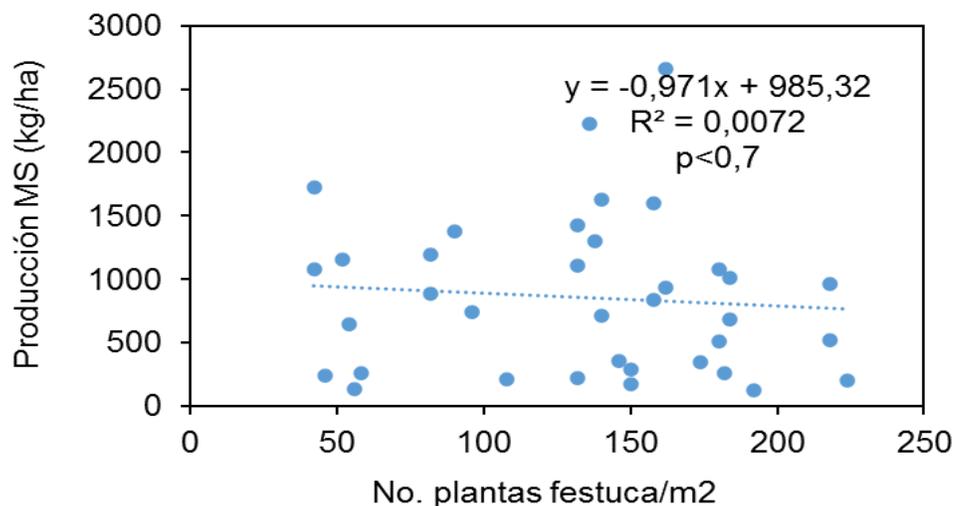


Figura No. 10. Relación entre número de plantas de festuca/m² y producción de MS (kg/ha)

No se observa una relación estadísticamente significativa entre el número de plantas de festuca con la producción (p -valor $> 0,01$), por lo que la producción total de la pastura no está explicada por el stand de plantas de festuca.

A continuación, se presenta el número de plantas de leguminosas y su relación con la producción de materia seca de la pastura.

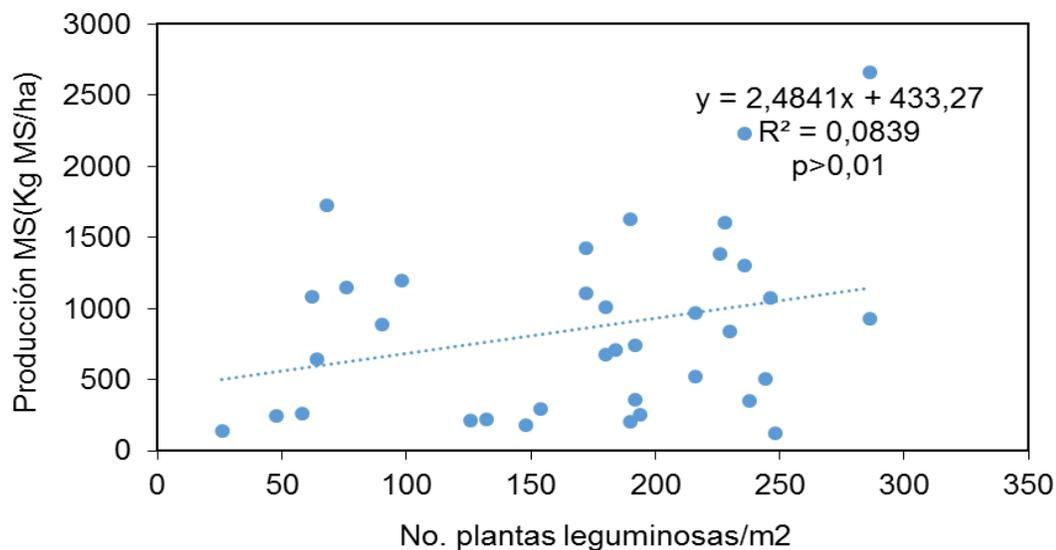


Figura No. 11. Relación entre número de plantas de leguminosas/m² y producción de MS (kg/ha)

En relación al stand de plantas de leguminosas y su relación con la biomasa producida, de la gráfica se desprende que ocurre lo mismo que para el caso de festuca, la producción de materia seca total de la pastura no está explicada por el stand de plantas de leguminosas ($p > 0,01$) existiendo otros factores involucrados afectando la variable producción de materia seca.

Al no observarse relación entre la producción de materia seca con el número de plantas para ninguna de las especies, la producción de forraje de la pradera estaría explicada por las ramificaciones, tanto como macollos como tallos de leguminosas.

Con el fin de analizar la producción de forraje y su relación con los componentes de rendimiento, en las siguientes figuras se presentan las relaciones entre la producción y el número de ramificaciones de gramíneas y leguminosas, con el objetivo de analizar cómo está compuesta la biomasa disponible y que componente tiene mayor peso en la misma.

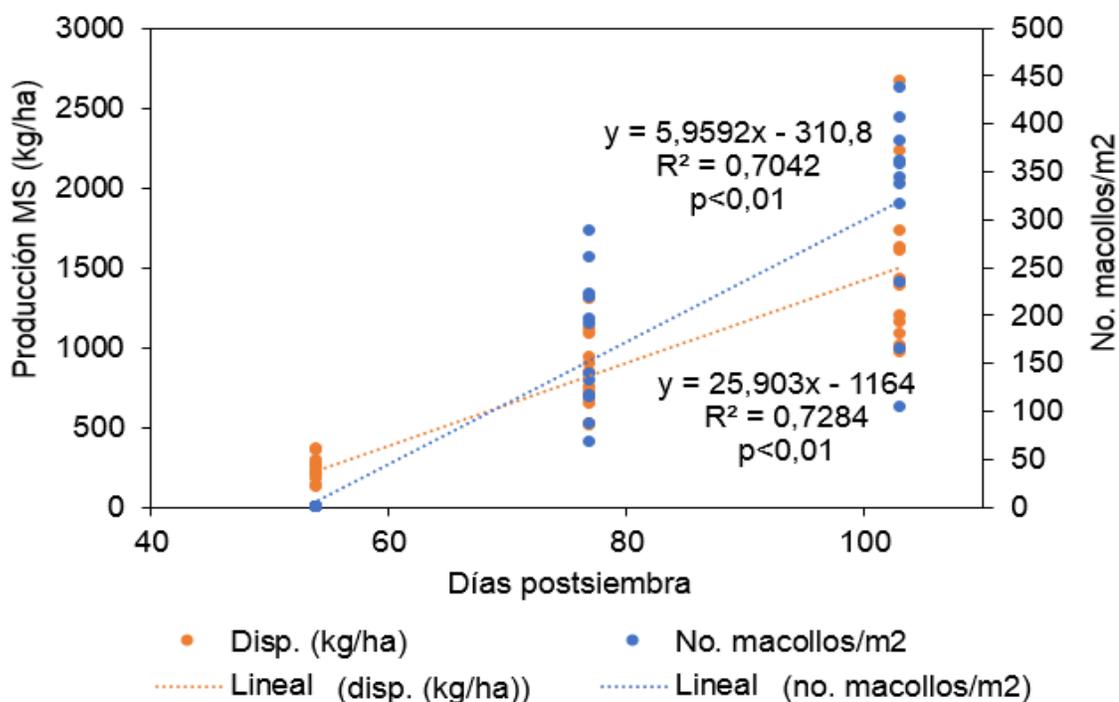


Figura No. 12. Evolución de producción de MS (kg/ha) y el número de macollos/m² a través del tiempo

Tanto la disponibilidad de kg de materia seca por hectárea como la cantidad de macollos por metro cuadrado respetan el modelo de análisis estadístico lineal, ambos presentando una correlación con respecto a la fecha, aumentando a medida que se incrementaban los días post siembra existiendo

diferencias significativas (p -valor $<0,01$). La pendiente de la curva de regresión es mayor en el caso de la producción de materia seca (25,903 vs. 5,9592) reflejando un incremento más pronunciado en el tiempo que el número de macollos por m^2 .

Si bien la implantación de festuca como fue analizado en el ítem anterior, se encontró muy por debajo de lo obtenido por otros ensayos, el macollaje tiene una clara tendencia a aumentar, ayudando al establecimiento de las plántulas permitiendo de esta manera asegurar la producción del área foliar, como también es esencial para la regeneración de la pastura compensando la mortalidad de las plantas vecinas y confiriéndole a la pastura perennidad (Jewiss, 1972). Este proceso permite la regeneración del tapiz, compensando en este caso, el stand bajo de plantas de festuca, completando los espacios libres de la pastura mediante la producción de nuevos macollos, siendo estos los causantes de prolongar la longevidad del tapiz (Carámbula, 1977). De esta manera, los macollos por unidad de superficie, determinan en este caso uno de los principales componentes de rendimiento de la pastura, siendo los que explican en gran medida la producción de biomasa de la pastura en el período de estudio. En la siguiente figura, se observa la relación entre el número de macollos y su efecto en la biomasa disponible total de la pastura durante el presente trabajo.

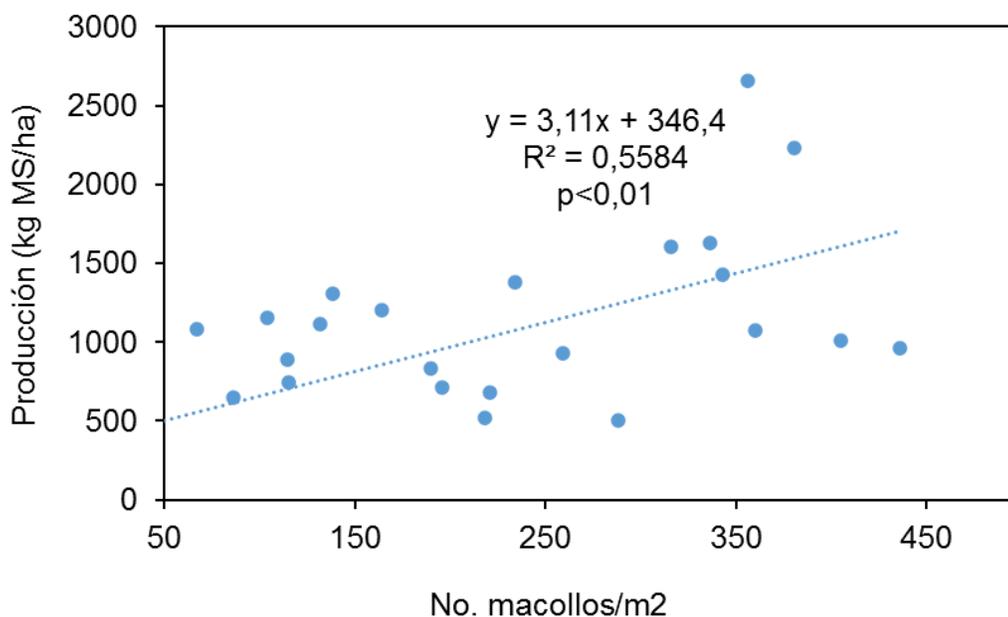


Figura No. 13. Relación entre número de macollos por m^2 y producción de MS (kg/ha)

De la gráfica se desprende que existe una correlación lineal positiva entre el número de macollos y la producción de materia seca, siendo esta regresión estadísticamente significativa (p -valor $<0,01$).

El rendimiento de forraje está directamente relacionado al macollaje, durante el estadio vegetativo el número de macollos por unidad de área es el principal componente en determinarlo, en este sentido, Carámbula (1977) plantea que debido a las diferentes tasas de aparición y mortalidad que posee, la población de macollos es sumamente dinámica, por lo que la longevidad de los mismos es un factor que determina el posible rendimiento en un determinado momento.

En la siguiente figura, se presenta la evolución del número de tallos de leguminosas por metro cuadrado, a la vez que la producción de materia seca a través del tiempo, con el fin de comparar el comportamiento de ambas variables.

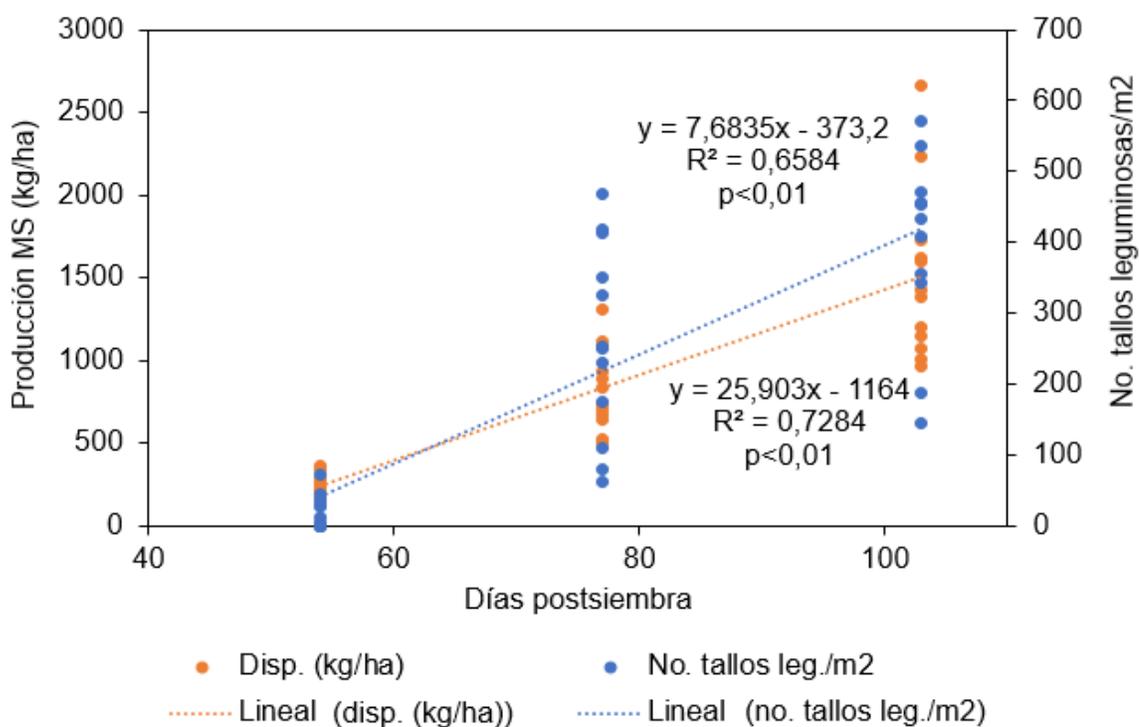


Figura No. 14. Evolución de producción de MS (kg/ha) y el número de ramificaciones de leguminosas/m² a través del tiempo

Al igual que el caso de macollos por m², las ramificaciones de leguminosas también respetan el modelo de análisis estadístico lineal, aumentando a medida que se incrementaban los días post siembra, existiendo diferencias significativas y presentando un coeficiente de ajuste similar al presentado por los macollos/m² (0,66 vs. 0,70).

Las ramificaciones de leguminosas presentan diferencias en relación al hábito de crecimiento de cada especie. Las leguminosas erectas tales como el lotus, como fue mencionado anteriormente, poseen un tallo principal contra el suelo que a medida que se producen las hojas toma aspecto de roseta, surgiendo de las axilas de las mismas tallos secundarios, siendo dicho proceso que al repetirse sucesivamente da origen a la corona. En el caso del trébol blanco, con hábito de crecimiento postrado, las yemas axilares de la corona crecen horizontalmente generando tallos rastreros denominados estolones.

Esta última especie es muy susceptible a la competencia por luz, por lo que era de esperarse que en una pastura mezcla con gramíneas se vea resentida la producción de estolones, pudiendo ser eliminado en gran medida (Langer, 1981a). Beinhart (1963) en este sentido, plantea que la respuesta del trébol blanco a ambientes de baja intensidad lumínica es la reducción de la formación de estolones por parte de las yemas axilares, incrementándose dicho impacto cuando las temperaturas son elevadas.

Sin embargo, en contraposición con lo expresado por dichos autores, los resultados demostraron que las ramificaciones del mismo aumentaron significativamente al incrementarse los días post siembra (ver Anexo No. 25). Este resultado demuestra que no existió una competencia marcada por parte del componente gramínea, permitiendo un ambiente lumínico adecuado para el crecimiento y desarrollo del trébol blanco favorecido en gran medida por las bajas temperaturas, ya que si las mismas hubiesen sido mayores posiblemente el efecto de la competencia se hubiera manifestado.

En la siguiente figura, se presenta la relación entre la producción (kg MS/ha) y el número de ramificaciones de leguminosas, tomando en cuenta la suma de trébol blanco y lotus.

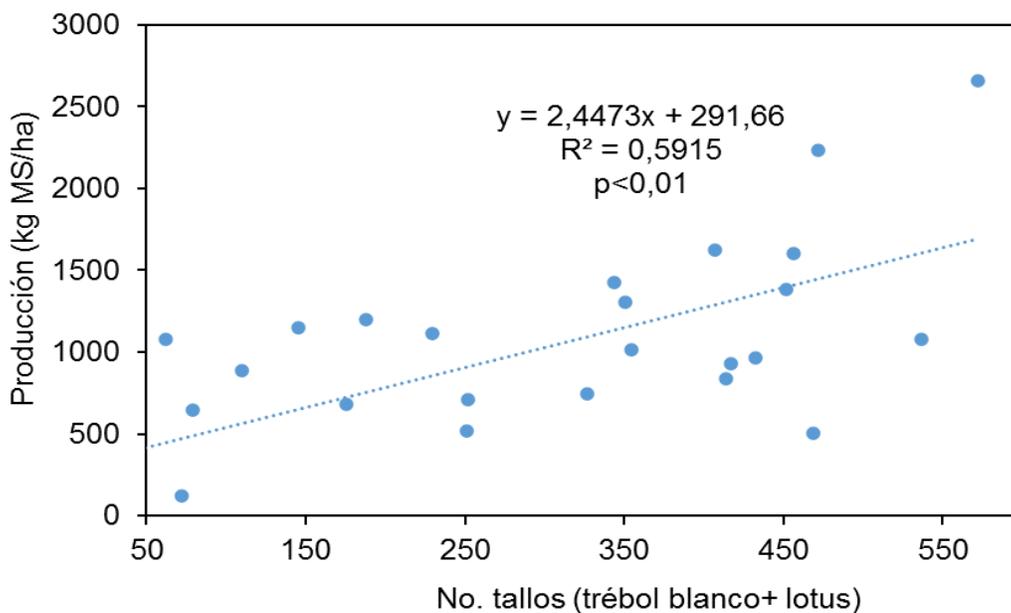


Figura No. 15. Relación entre número de ramificaciones por m² y producción de MS (kg/ha)

Al igual que para el caso de macollos, se observó una correlación lineal positiva, incrementándose la producción total de materia seca a medida que aumentaban las ramificaciones, siendo esta relación estadísticamente significativa.

En resumen, el número de ramificaciones tanto de leguminosas como de gramíneas se incrementó a medida que transcurrían los días post siembra, siendo los principales determinantes del rendimiento de forraje.

4.4.1. Efecto de la fertilización nitrogenada en la producción

Se evaluó el efecto de la incorporación de nitrógeno en la producción de materia seca, a continuación se presentan los resultados obtenidos en la producción según tratamiento en las diferentes fechas evaluadas.

Cuadro No. 1. Producción de materia seca (kg/ha) según tratamiento para las tres fechas de mediciones

Tratamiento	54 dps	77 dps	103 dps
0 UN	232,50 c	839,47 b	1508, 47 a
32 UN	237, 75 c	820,03 b	1500, 17 a

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

En cuanto a la evolución de la producción de materia seca según tratamiento, se observa que para ambos tratamientos la producción se incrementó a medida que transcurrían los días post siembra, observándose diferencias significativas entre 54, 77 y 103 dps.

En relación a los valores de la producción promedio presentada, la misma para los 54, 77 y 103 días post siembra fue de 235,13; 829, 75 y 1504, 32 kg/ha de MS respectivamente (ver Anexo No. 16). Resultados obtenidos por Moliterno (2000) para la misma mezcla forrajera registraron una producción de 978,6 kg/ha de MS a los 80 días post siembra, esta diferencia puede ser atribuible a las condiciones climáticas en el período, ya que en los ensayos realizados por dicho autor las temperaturas presentadas en los primeros meses de crecimiento fueron mayores a las del presente experimento (17,1 y 13,8°C vs. 10,2 °C).

Con respecto a la fertilización nitrogenada, no se observa un efecto del agregado de nitrógeno en ninguna de las fechas evaluadas, no registrándose diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para una misma fecha.

Ensayos realizados por Rebuffo (1994) para una mezcla de primer año conformada por festuca, trébol blanco, lotus y avena en el período otoño-invierno, presentan respuestas a la fertilización en un rango de 2 a 12 kg MS/kg N, destacando que el uso cuidadoso de fertilizantes en el período de establecimiento puede aumentar el rendimiento de forraje en invierno. Sin embargo, los resultados obtenidos no presentaron respuesta en ninguna de las fechas evaluadas.

Es importante destacar que la respuesta de la pastura frente a la agregado de nitrógeno se encuentra determinada por las condiciones climáticas en el período de fertilización y posterior al mismo, en este sentido si se aplican en condiciones secas o si posterior a la aplicación ocurren lluvias excesivas, los fertilizantes van a ser relativamente ineficientes (Rebuffo, 1994). En el período evaluado, la aplicación de nitrógeno se realizó aproximadamente a los 30 días post siembra en el mes julio, en el cual ocurrieron lluvias en el entorno a 100 mm, teniendo en cuenta la alta movilidad del nutriente en el suelo y los bajos requerimientos en el período inicial de crecimiento, es posible que la ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos pueda deberse al lavado del nitrógeno aplicado. A su vez las bajas tasas de crecimiento en invierno debido a temperaturas bajas y baja luminosidad, reducen la respuesta potencial.

Las estaciones que ofrecen mejores condiciones en cuanto a temperatura son primavera y otoño (Carámbula 2002b, Zanoniani 2010, Perrachon 2013, 2015). Las bajas temperaturas en el período provocaron que

las plantas presenten un desarrollo lento y menores tasas de crecimiento limitando la disponibilidad de forraje (Formoso 2010, Perrachon 2015). A su vez, el año en estudio presentó temperaturas inferiores al promedio para la zona, convirtiéndolo en un año más frío que el promedio, provocando así que se reduzca la respuesta potencial al nutriente.

Otro aspecto a tener en cuenta a la hora de analizar la respuesta al agregado de nitrógeno, es la disponibilidad del mismo en los suelos al momento de la fertilización, ya que la expresión del potencial de crecimiento se encuentra limitada por la disponibilidad de nitrógeno aportada por los suelos en determinada época del año (Mazzanti et al., 1997). De acuerdo a las condiciones de humedad y temperaturas descritas anteriormente, en el período invernal es esperable que la mineralización sea baja, resultando en una baja cantidad de N mineral en el suelo (Sawchik, 2001). A su vez el análisis de suelo previo a la siembra reveló 4 ppm de nitrógeno como nitrato, reflejando un muy bajo nivel de nitrógeno, por lo que la dosis aplicada pudo haber sido insuficiente para que se tradujera en un aumento en crecimiento. Zanoniani, citado por Córdoba et al. (2017) expresa que en estas condiciones la respuesta al agregado de nitrógeno tiende a ser baja o nula, debido a que el nitrógeno aplicado es utilizado para cubrir los requerimientos y no es capaz de expresar una respuesta en crecimiento.

Con el fin de analizar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de cada componente de la pastura, en el siguiente cuadro se presenta la evolución de la producción promedio de materia seca de las gramíneas para cada tratamiento.

Cuadro No. 2. Evolución de la fracción gramínea en kg MS/ha según tratamiento

Tratamiento	54 dps	77 dps	103 dps
0 UN	90,18 b	360,37 ab	598,24 a
32 UN	107,96 b	300,62 ab	522,02 a

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

En relación a la evolución de producción de materia seca, la misma aumentó a medida que transcurrían los días post siembra. Sin embargo, no se observó efecto del agregado de nitrógeno (sin diferencias significativas) en la producción de gramíneas para ninguna de las fechas de corte, lo cual no coincide con lo expresado por diferentes autores.

Rebuffo (1994) plantea que la capacidad de respuesta de una pastura mezcla al agregado de nitrógeno está determinada por la composición botánica que presente la misma, siendo las gramíneas las que presentan mayor respuesta. En la misma línea resultados obtenidos en experimentos realizados por Marino y Agnusdei (2007) en festuca, expresaron que la tasa de crecimiento aumentó cuando se fertilizó, siendo el N el que permitió adelantar la máxima área foliar atribuible a la mayor tasa de crecimiento.

Era de esperarse algún tipo de respuesta en producción al agregar nitrógeno, Rebuffo (1994) expresa que con fertilizaciones nitrogenadas del primer año en pasturas mezcla, cuando el nitrógeno es utilizado de una forma cuidadosa durante el período de establecimiento, es posible incrementar la producción de materia seca manteniendo un buen equilibrio gramínea-leguminosa.

Analizando los factores que afectan la respuesta a la fertilización, la temperatura y humedad son las variables que más inciden en la respuesta al agregado del fertilizante. La absorción del nitrógeno se encuentra estrechamente relacionada con la actividad de las plantas por lo que si coexisten en ambientes con deficiencias hídricas y/o a temperaturas excesivas o demasiado bajas, siendo esto último lo ocurrido, se ve comprometido el crecimiento y desarrollo de las plantas impidiendo que realicen una utilización eficiente del nutriente. En este caso, como se mencionó anteriormente, la siembra tardía provocó un menor crecimiento y desarrollo de las plantas, creciendo en condiciones desfavorables. Tal como expresan Ayala et al. (2010), la festuca es una especie de implantación lenta y las siembras tardías con suelos fríos reducen su velocidad de implantación, retrasan la producción de forraje y consecuentemente el primer pasoreo.

Otros factores que inciden sobre la respuesta son la dosis y momento de aplicación (Ayala y Carámbula, 1994). Dichos autores expresan que la tasa potencial de crecimiento de la pastura, la cual está condicionada por su estado y composición botánica, afecta directamente la respuesta. Estos autores al igual que Rebuffo (1994) plantean que en general las mejores condiciones de respuesta se dan en pasturas de alta producción con dominancia de especies gramíneas con una buena capacidad de incrementar el número de macollas y el tamaño de las mismas. Sin embargo, como se observa en el Cuadro No. 2, se observó una baja producción de la fracción gramínea a los 54 días post siembra, determinada a su vez por la baja proporción inicial de festuca, condicionando de esta forma la respuesta en gran magnitud.

Esta inferioridad presentada por la fracción gramínea, coincide con lo planteado por Berreta (1996), donde expresa que ante la deficiencia de

cobertura del tapiz, en el primer año el N es destinado para el recubrimiento del suelo, no traduciéndose en aumentos de producción.

En cuanto a la dosis, Agnusdei et al., citados por Carámbula (2002b) plantean que dosis en el orden de 50-60 kg/ha de N por aplicación producen en la mayoría de los suelos ganaderos respuestas seguras, mientras que dosis en el orden de 25-30 kg/ha de N presentan un comportamiento más errático, siendo menos predecibles. Por lo tanto, la ausencia de diferencias significativas puede atribuirse en parte a las dosis de N, ya que las utilizadas en este experimento se encuentran dentro del rango que expresa un comportamiento errático.

Formoso (2010) plantea que el manejo del nitrógeno en invierno posibilita la concreción de aumentos en producción de forraje, especialmente debido a que normalmente las temperaturas bajas en dicha estación limitan el crecimiento y disponibilidad de forraje. Experimentos realizados por dicho autor arrojaron que la fertilización nitrogenada en invierno presentó incrementos en la producción de forraje, teniendo una respuesta promedio de 8,2 kg MS/kg de N aplicado.

Sin embargo, en este experimento no se encontraron respuestas en incremento de materia seca por efecto del nitrógeno agregado. En el presente trabajo se evalúa el efecto de la fertilización nitrogenada realizada en el período de implantación, debido a las condiciones desfavorables en dicho período atribuibles a la fecha de siembra tardía y precipitaciones, las plantas presentaron un crecimiento y desarrollo lento, que sumado a un bajo porcentaje de gramíneas en comparación a lo deseado en una mezcla forrajera (60-70 % de gramínea y 20-30% leguminosas, según Carámbula, 2002a) tiene como consecuencia una limitación en el crecimiento vegetal y consecuentemente en la respuesta al nitrógeno.

En el siguiente cuadro, se presenta la variación de la producción promedio del componente leguminosa según tratamiento a los 54, 77 y 103 días post siembra.

Cuadro No. 3. Evolución de la fracción leguminosa en kg MS/ha según tratamiento

Tratamiento	54 dps	77 dps	103 dps
0 UN	56,97 b	252,00 ab	481,87 a
32 UN	48,77 b	248,75 ab	488,38 a

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

Al igual que para el caso de las gramíneas no se observan diferencias estadísticamente significativas en la producción de leguminosas según nivel de fertilización para ninguna de las fechas de corte, sin embargo se observa el aumento de producción en ambos tratamientos a medida que avanzan los días post siembra presentando los tratamientos fertilizados mayor aumento en relación a los no fertilizados (representando un 905,13 % vs. 715, 71% respectivamente), tomando como 100 % la producción a los 54 días post siembra.

Lo ocurrido no concuerda con lo expresado por diversos autores, los cuales expresan que se esperaría una depresión del componente leguminosa por el agregado del nitrógeno (Scott 1981, Scheneiter 2016). Esto puede explicarse por lo desarrollado anteriormente, Rebuffo (1994) plantea que cuando las leguminosas dominan el tapiz y las gramíneas son pocas no se esperan respuestas importantes al agregado del nitrógeno, ya que se ve restringida la capacidad de respuesta de la pastura. Sin embargo, la producción de las leguminosas se vió favorecida en mayor medida en los tratamientos fertilizados, a pesar que no se hayan encontrado diferencias significativas.

Diversos autores expresan que la adición del nitrógeno podría ser favorable para la leguminosa, en este sentido Carámbula (2002a) plantea que el agregado de nitrógeno puede ser beneficioso para la leguminosa ya que en etapas iniciales favorece su establecimiento, debido a que el rizobio demora en infectar la planta y comenzar a ser efectivo para la fijación.

En concordancia, Morón (1996), Hallsworth, citado por Finozzi y Quintana (2000) afirman que al adicionar cantidades pequeñas de nitrógeno, como fue en este caso una dosis de 32 UN, permiten a la leguminosa desarrollar más rápido su área foliar, se promueve el aumento de metabolitos a los nódulos favoreciendo el crecimiento y actividad de estos últimos, provocando de esta manera el llamado efecto starter de fertilización.

El aumento moderado de nitrógeno disponible en el suelo, aportado por medio de fertilizante, ayuda a que el área foliar de las leguminosas aumente favoreciendo la producción de asimilados que potencialmente pueden ser enviados a los nódulos para favorecer el crecimiento y actividad de los mismos (Gates y Wilson, 1974) lo que pudo haber ocurrido en este caso, ya que si las dosis de fertilizante nitrogenado hubieran sido elevadas la implantación y producción de leguminosas podrían haberse visto perjudicadas por promover mayor competencia por parte de las gramíneas (Stern y Donald 1962, Frame 1973, Hallsworth, citado por Finozzi y Quintana 2000).

4.5. NÚMERO DE MACOLLOS

Con el fin de analizar el proceso de macollaje, en la siguiente figura se resumen los datos promedio de macollos por planta y por m² a través del tiempo.

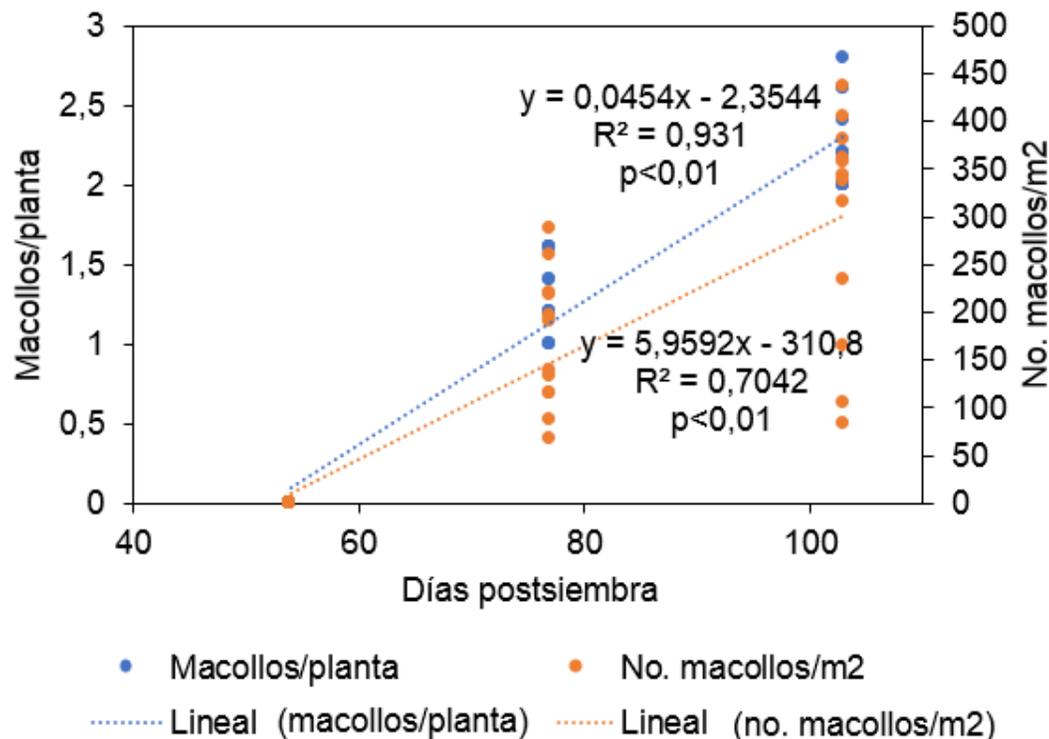


Figura No. 16. Macollos/planta y macollos/m² a través del tiempo

El número de macollos por planta y el número de macollos por metro cuadrado se ajustan a un modelo lineal, aumentando a medida que avanzan los días post siembra por lo que ambos están explicados por el tiempo ($p < 0,01$). Debido a que el stand de plantas de festuca no se vió modificado con el transcurso de los días, al incrementarse el número de macollos por planta también lo hizo el número de macollos por metro cuadrado, no existiendo competencia intraespecífica.

Estos resultados pueden explicarse posiblemente debido al menor forraje aéreo en etapas tempranas de la estación, logrando así una mayor relación R/RL en la base de los tallos promoviendo el macollaje (Deregibus et al. 1985, Colabelli et al. 1998). A medida que se acumula biomasa esa señal se reduce, provocando mortandad de macollos y disminuyendo la densidad de los mismos. No obstante, el promedio de macollos por planta a los 103 días post siembra fue 2,23 (ver Anexo No. 20), siendo menor que la mitad del obtenido

por Moliterno (2000) para festuca en una misma mezcla, el cual a los 80 días post siembra fue de 5,53.

Por lo tanto, debido a los problemas de implantación, el crecimiento se vio retrasado y como consecuencia también el macollaje, comenzando recién a partir del mes de agosto luego de los 50 días post siembra, esto sumado a la baja luminosidad característica de los meses invernales provocó que el número de macollos/planta sea inferior a los obtenidos en otros trabajos. Sin embargo al no existir competencia ni sombreado, el ambiente presenta una buena relación R/RL que permite incrementar el macollaje al incrementarse los días post siembra una vez que comienza el proceso.

4.5.1. Efecto de la fertilización en el macollaje

Se analizó la evaluación de los valores promedio de macollos por planta y macollos/m² que presentó la pastura en función de los distintos niveles de fertilización utilizados a los 77 y 103 días post siembra.

Cuadro No. 4. Evolución del número de macollos/planta según tratamiento

Tratamiento	77 dps	103 dps
0 UN	1,37 b	2,13 a
32 UN	1,27 b	2,33 a

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

Cuadro No. 5. Evolución del número de macollos/m² según tratamiento

Tratamiento	77 dps	103 dps
0 UN	179,87 a	290,60 a
32 UN	157,67 a	295,93 a

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

En relación a la evolución de ambas variables, el número de macollos por planta se incrementó desde los 77 dps, observándose diferencias significativas con respecto al valor registrado a los 103 dps. En cuanto al número de macollos por área, si bien se observa un aumento con respecto a los 103 dps no se observan diferencias significativas entre las fechas evaluadas. Es importante destacar que no se observan diferencias entre tratamientos para ninguna de las fechas, no reflejándose efecto de la incorporación de nitrógeno.

Es esperable que al aplicar N en una pastura mezcla, la respuesta de las gramíneas este determinada por incrementar el número de macollos, así

como el tamaño de los mismos (Rebuffo, 1994) sin embargo a pesar de presentar una superioridad numérica tanto en macollos/planta como macollos/m² a los 103 días post-siembra, no se observan diferencias significativas respecto a los tratamientos sin fertilizar.

Estos resultados pueden explicarse mediante las variables morfogénicas, la TAF determina el número de macollos por planta y la temperatura lo afecta de forma lineal, cuando ocurre un aumento de temperatura se promueve el macollaje por un aumento en la TAF y consiguiente producción de sitios, a su vez existe una relación con la radiación, donde incrementos en la intensidad de luz promueven el macollaje, no por la producción de sitios sino por aumentos de la disponibilidad de asimilados para el llenado de los mismos (Lemaire y Agnusdei, 2000). En este caso el período de macollaje ocurrió en el invierno, en condiciones no favorables para el desarrollo del mismo, a bajas temperaturas provocando una menor producción de sitios debido a la disminución de la TAF, y menos asimilados para el llenado de sitios debido a que en esta estación la radiación es menor.

Con respecto al nitrógeno, diversos autores expresan que no existen efectos significativos del N sobre la tasa de aparición de hojas para gramíneas forrajeras, de este modo, Lemaire y Whitehead, citados por Mangado y Saint-Girons (2017) afirman que está influenciada directamente por la temperatura y depende poco del nivel de nutrición nitrogenada para las pasturas templadas.

En la misma línea, Wilman y Wrigth, citados por Colabelli et al. (1998) expresan de igual forma que el nitrógeno no tiene efecto sobre este parámetro. Estas posturas concuerdan con lo obtenido en el experimento ya que no se observó una diferencia significativa en cuanto al macollaje por la adicción de nitrógeno.

No obstante, Cruz y Boval (2000) afirman que si bien el nitrógeno no aumenta significativamente el número de sitios potenciales de una macolla, sí aumenta la cantidad de macollas que crecen en potenciales sitios de brotes axilares permitiendo de esta manera la concreción de dichas macollas. En este sentido Davis, citado por Cruz y Boval (2000) plantea que esto ocurre cuando la disponibilidad de nitrógeno es alta, por lo que se podría inferir que las dosis de nitrógeno utilizadas son consideradas bajas como para que se observe un efecto mayor sobre los macollos. A su vez como fue planteado anteriormente el proceso de macollaje fue retrasado, comenzando luego de los 50 días post siembra, por lo que el momento de aplicación pudo haber tenido gran influencia. Esto plantea una ineficiencia ya que el nitrógeno fue aplicado a los 30 días post siembra lejos del comienzo del macollaje, teniendo en cuenta la movilidad de dicho nutriente y las precipitaciones ocurridas en el mes de realizada la

aplicación, el mismo pudo haberse perdido siendo insuficiente al momento del comienzo de macollaje.

A su vez, Colabelli et al. (1998) expresan que la TAF de una especie determina las características que definen en gran medida la estructura y flujo de material de las pasturas, la festuca presenta una baja TAF si se compara con raigrás, esto provoca que el crecimiento y la senescencia sean lentos, teniendo como consecuencia pocos macollos de mayor tamaño. Por consiguiente, si los intervalos de aparición de hojas se prolongan como se observa en este caso, debido a las bajas temperaturas y baja luminosidad, la senescencia ocurre más tarde en el tiempo y la máxima acumulación neta de tejido foliar se posterga en igual medida.

4.5.2. Peso de macollos

Profundizando el estudio del proceso de macollaje y la posible influencia de los tratamientos sobre el mismo, en el siguiente cuadro se presenta el peso promedio de cada macollo en las fechas estudiadas, así como también discriminando por tratamiento.

Cuadro No. 6. Peso de macollos (g) según tratamiento a través del tiempo

Tratamiento	77 dps	103 dps
0 UN	0,31 a	0,30 a
32 UN	0,20 a	0,22 a

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

Al observar los resultados presentados en ambos tratamientos, no se observaron diferencias significativas ni entre tratamientos, ni entre las fechas evaluadas.

Tomando en cuenta los resultados que se obtuvieron para número de macollos por planta, y relacionándolo con el peso de macollos obtenidos, dichos resultados no concuerdan con lo que era de esperarse, ya que al incrementarse el número de macollos/planta se esperaba una reducción en el peso de los mismos.

Saldanha et al. (2010) sostienen que la relación entre macollos/planta y peso, depende de la morfología del macollo y del índice de área foliar, compensándose el tamaño y densidad de los mismos cuando se alcanza el potencial ambiental. Sin embargo, como fue desarrollado anteriormente, el proceso de macollaje en este trabajo se retrasó debido a condiciones ambientales, lejos de alcanzar un potencial ambiental. En este caso, como el

período de estudio es en implantación, etapa temprana en que ambos tratamientos presentan un bajo IAF y ambiente no limitado por competencia lumínica, el incremento en el número de macollos acompaña el peso de los mismos (Ong, 1978), sin la necesidad de compensación reduciendo el peso de los mismos.

4.6. NÚMERO TALLOS LEGUMINOSAS

4.6.1. Efecto de la fertilización

A continuación, se presenta el efecto de la fertilización sobre las ramificaciones de leguminosas, tomando la suma de tallos tanto de *Trifolium repens* como *Lotus corniculatus*.

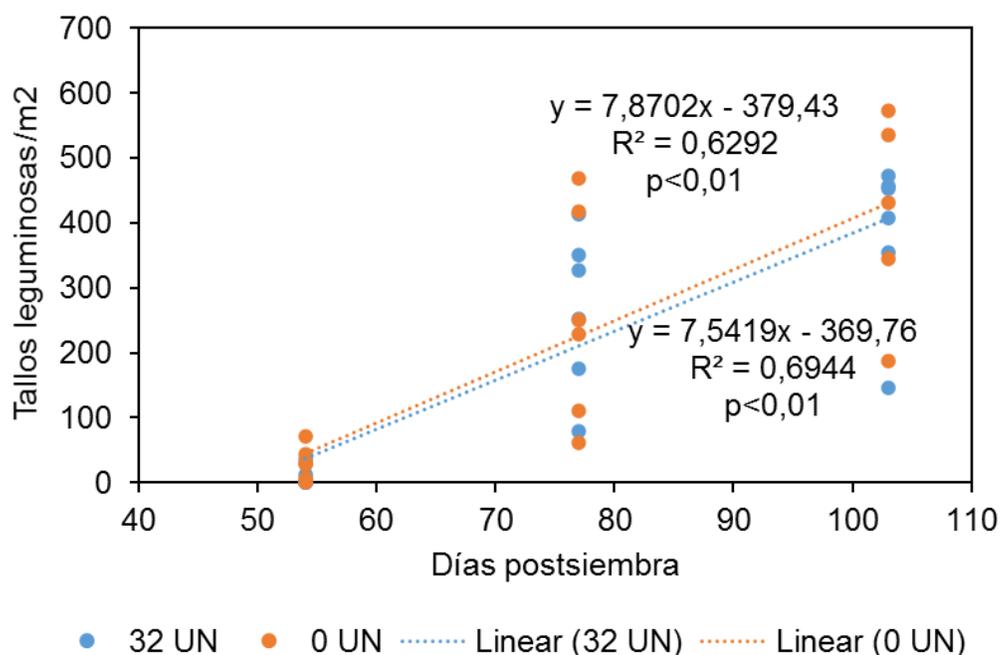


Figura No. 17. Tallos de leguminosas por m² según nivel de fertilización a través del tiempo

Los tallos de leguminosas en ambos tratamientos presentan una regresión significativa ($p < 0,1$), aumentando en ambos casos la cantidad de tallos por metro cuadrado a medida que avanzan los días post siembra. De la gráfica se desprende que no existen grandes diferencias entre los tratamientos, ya que ambas regresiones presentan similar coeficiente de ajuste y similar pendiente, indicando esto último que a medida que transcurren los días postsiembra, las ramificaciones de leguminosas tienden a aumentar en similar medida en ambos tratamientos.

Con el fin de analizar el efecto del agregado de nitrógeno sobre las ramificaciones de leguminosas para cada especie, en los siguientes cuadros se presentan la evolución del número promedio de tallos/m² tanto como para *Lotus corniculatus* como para *Trifolium repens*, según el nivel de fertilización a los 54, 77 y 103 días post siembra.

Cuadro No. 7. Evolución del número de tallos de lotus/m² según tratamiento

Tratamiento	54 dps	77 dps	103 dps
0 UN	24,27 b	91,87 ab	121,67 a
32 UN	8,20 b	120,80 a	144,93 a

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

Cuadro No. 8. Evolución del número de tallos de trébol blanco/m² según tratamiento

Tratamiento	54 dps	77 dps	103 dps
0 UN	5,47 b	164,53 a	241,27 a
32 UN	0,00 b	145,40 a	236,20 a

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

Se puede observar para ambas especies que existen diferencias significativas en relación a la primera fecha de evaluación con respecto a las siguientes, incrementándose el número de ramificaciones para ambos tratamientos. Sin embargo, en relación a la incorporación de nitrógeno, no se observa un efecto de dicho nutriente para ninguna de las especies, en ninguna de las fechas evaluadas. Cabe destacar que si bien no se observó un efecto significativo de la incorporación de nitrógeno, en el caso del lotus los tratamientos fertilizados aumentaron en mayor magnitud sus ramificaciones desde 54 dps hasta 103 dps con respecto a los no fertilizados (136,73 vs. 97,4 respectivamente) presentando en la última fecha evaluada un mayor valor numérico de ramificaciones en los tratamientos con aporte de N.

Esto no concuerda con lo expresado por diversos autores, los cuales plantean que el agregado de nitrógeno presenta un efecto negativo en la producción y desarrollo de las leguminosas. En este sentido, Ayala y Carámbula (2009) plantean que para el caso del género lotus, el agregado de dosis mayores a 30 kg/ha en siembras tardías podrían afectar seriamente la nodulación, así como también incrementar la competencia de otras especies de la pastura provocando de esta manera una menor producción y desarrollo de

dicha especie. No obstante, los resultados obtenidos en el presente experimento no concuerdan con lo planteado por dichos autores.

Lo mismo ocurre para el caso del trébol blanco, ya que debido a su hábito de crecimiento postrado es muy susceptible a la competencia por luz, por lo que era de esperarse que en una pastura mezcla con gramíneas que a su vez se le incorporó nitrógeno, se vea resentida la producción de estolones pudiendo ser eliminado en gran medida (Langer, 1981a). Beinhart (1963) en este sentido plantea que la respuesta del trébol blanco a ambientes de baja intensidad lumínica es la reducción de la formación de estolones por parte de las yemas axilares, incrementándose dicho impacto cuando las temperaturas son elevadas. Sin embargo, en contraposición con lo expresado por estos autores, las ramificaciones no se vieron afectadas, siendo el ambiente lumínico adecuado para el crecimiento y desarrollo de esta especie.

Estos resultados demuestran que no existió una competencia marcada por parte del componente gramínea, ya que el mismo fue afectado en gran medida por las condiciones adversas en el período de evaluación, que sumado al bajo vigor que presenta festuca, se tradujeron en poco crecimiento y desarrollo como para ejercer competencia sobre la fracción leguminosa. Es posible que si las temperaturas del período hubiesen sido mayores, posiblemente el efecto de la competencia se hubiera manifestado.

4.7. NÚMERO HOJAS

4.7.1. Número de hojas de festuca

Las gramíneas forrajeras tienen un máximo de número de hojas vivas y una vez que se llega a ese valor, por cada hoja nueva que se produce, la hoja más vieja muere (Davies, citado por Colabelli et al., 1998). Agnusdei et al. (1998) en este sentido, plantean que para las gramíneas templadas generalmente la capacidad para acumular hojas vivas no es superior a tres.

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

Se cuantificó el grado de desarrollo mediante la evaluación del número de hojas siendo 2,65 hojas por macollo el valor promedio obtenido. Según lo expresado por Colabelli et al. (1998) la velocidad de aparición de hojas para festuca es 1 cada 23 días (a temperatura diaria promedio de 10 °C), existiendo un número máximo de hojas por macollo de 2,5, lo que concuerda con lo obtenido en el presente experimento. De acuerdo con esto, datos recabados por Lemaire (1985) también reportaron que festuca presenta un número de hojas vivas máximas por macollo de 2,5.

Beraza et al. (2017), obtuvieron valores de número medio de hojas por macollo en festuca de 3,66, presentando diferencias con los datos obtenidos en el experimento en estudio. Una de las posibles explicaciones podría estar relacionada con la temperatura, ya que la mayor tasa de aparición de hojas se da cuando la temperatura se encuentra dentro del rango óptimo de crecimiento de cada especie, siendo el rango óptimo para las especies templadas de 15 a 20 °C (Carámbula, 2008). Sin embargo, en el año en estudio las temperaturas promedio se encontraron por debajo del óptimo de crecimiento para las especies estudiadas, afectando de esta forma su crecimiento, por lo que el factor temperatura podría estar explicando el alto valor del filocrón, es decir se requieren más °C día para que aparezca una hoja.

Con respecto a la fertilización nitrogenada no se encontraron diferencias significativas en el número de hojas (2,60 y 2,63 para 0 y 32 UN respectivamente). En este sentido, concuerda con lo expresado por Wilman y Wright, citados por Colabelli et al. (1998), donde el agregado de nitrógeno muestra ausencia de efectos significativos sobre la tasa de aparición de hojas para gramíneas forrajeras adaptadas a regiones templado-húmedas. En general pocos tallos tienen más de tres hojas al mismo tiempo, siendo la aparición de una nueva hoja balanceada por la muerte de la primera formada (Whitehead, 1995).

A continuación, se presenta el número de hojas de festuca según días post siembra.

Cuadro No. 9. Número de hojas de festuca por macollo según días post siembra

Días post siembra	Número de hojas
54	1,90 b
77	2,95 a
103	3,00 a

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

Se puede ver un aumento en el número de hojas por macollo entre los 54 y 77 días post siembra, manteniéndose dicho valor en las mediciones siguientes. Teniendo en cuenta que el número de hojas es cercano a 3 hojas por macollo y que la fertilización no afecta demasiado la TAF, se puede decir que a los 77 días la festuca ya se encontraba próximo a su valor de vida media foliar (VMF) para ser pastoreada, sin embargo es importante resaltar que el número de macollos es muy bajo, por lo que sería recomendable esperar para pastorear aunque ocurra senescencia de hojas.

4.7.2. Número de hojas de leguminosas

Los siguientes cuadros comparan el número de hojas de cada especie de leguminosas según los días post siembra.

Cuadro No. 10. Número de hojas de trébol blanco por planta según días post siembra

Días post siembra	Número de hojas
54	1,82 b
77	2,92 a
103	2,98 a

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

Cuadro No. 11. Número de hojas de lotus por planta según días post siembra

Días post siembra	Número de hojas
54	1,48 b
77	2,58 a
103	2,80 a

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

Se observa que luego de la primer medición, el número de hojas de leguminosas aumenta, presentándose diferencias significativas entre la primer fecha evaluada con las dos siguientes. Tanto como para el lotus como para el trébol blanco, la evolución del número de hojas es similar presentando a los 77 días el desarrollo de 2 hojas trifoliadas completas en el caso de trébol y 2 pentafoliadas completas en el caso de lotus, no encontrándose diferencias significativas en la fecha siguiente estudiada, llegando a los 103 días aproximadamente a 3 hojas desarrolladas. Para las leguminosas, cuando las mismas llegan a este valor se puede decir que se encuentran implantadas, permitiendo así la aplicación de herbicidas.

En cuanto a la fertilización nitrogenada no se encontraron diferencias significativas cuando se suministra nitrógeno para ninguna de las especies evaluadas, siendo 2,52 y 2,63 para 0 y 32 UN respectivamente en el caso de trébol blanco y para el caso del lotus los valores promedio de número de hojas fueron de 2,29 para ambos tratamientos.

4.8. COMPOSICIÓN BOTÁNICA

Para lograr una mejor comprensión del comportamiento de cada fracción en cada tratamiento, a continuación se presentan figuras para las tres

fechas estudiadas, del porcentaje correspondiente a cada fracción según el nivel de fertilización.

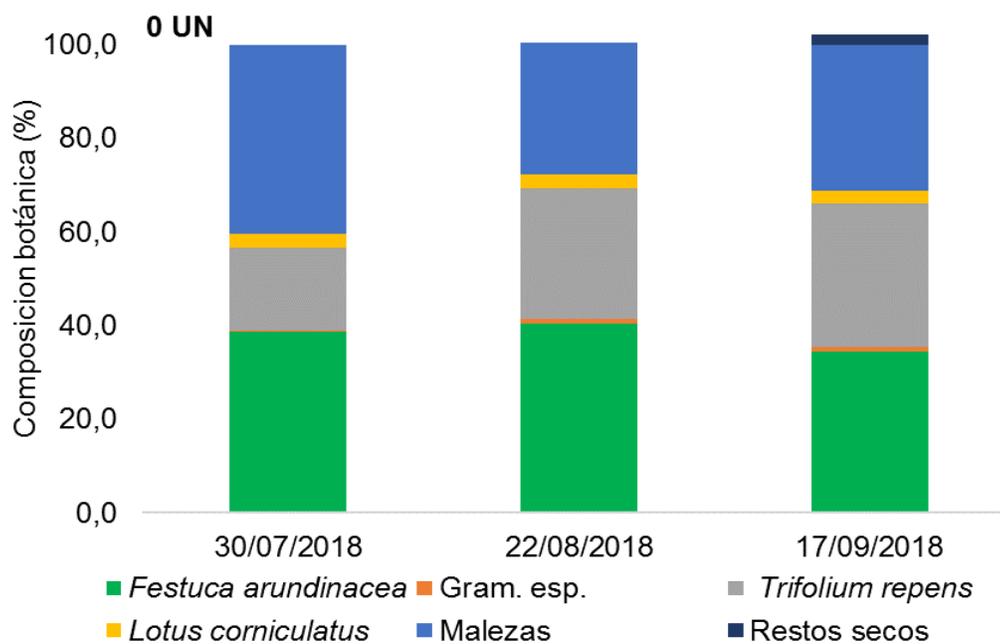


Figura No. 18. Porcentaje de cada componente dentro de la mezcla sin aporte de nitrógeno

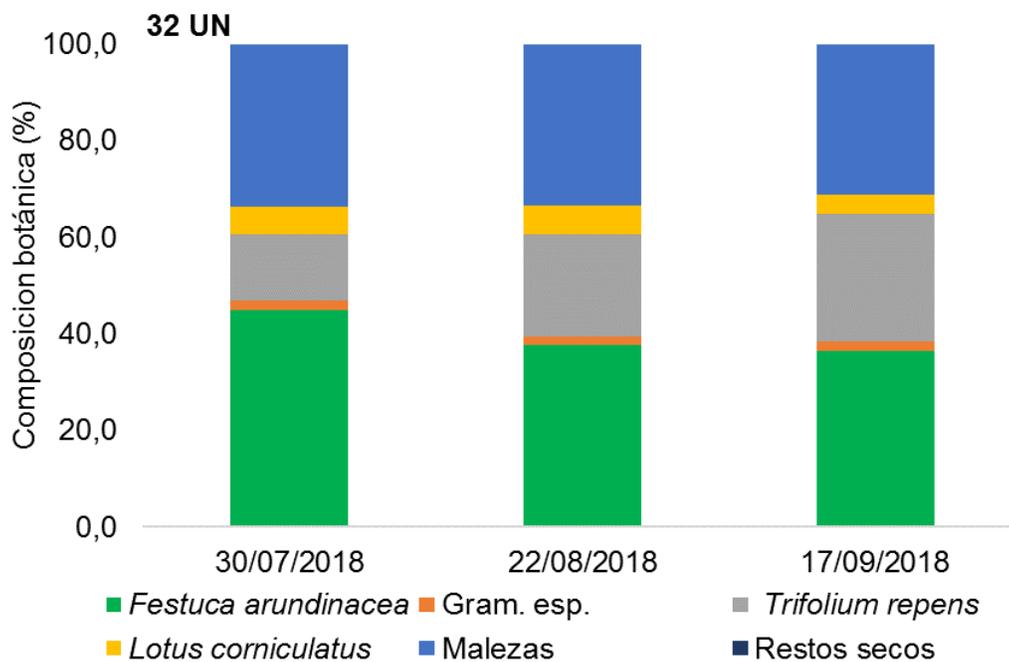


Figura No. 19. Porcentaje de cada componente dentro de la mezcla con aporte de nitrógeno

Dentro de las especies sembradas, la especie que dominó en porcentaje fue la festuca siendo levemente superior a la suma de las leguminosas en ambos tratamientos, sin embargo, no presentó diferencias significativas entre los tratamientos. En una pradera mezcla es esperable que ocurra una superioridad marcada ejercida por parte de la fracción gramínea hacia la leguminosa, en cambio en el presente experimento la composición de forraje en porcentaje en general no varió significativamente a lo largo del tiempo, ni entre tratamientos (ver Anexo No. 29).

Dentro de las gramíneas espontáneas encontradas se destaca la presencia de *Lolium multiflorum*, *Paspalum notatum* y *Paspalum dilatatum*. En cuanto al enmalezamiento, cabe destacar que el mismo fue muy alto desde un principio, siendo las principales malezas encontradas *Medicago lupulina* y *Bowlesia incana*, también se constató la presencia de *Cerastium gomeratum*, *Conyza spp*, entre otras.

En este sentido, es de suma importancia reparar en el nivel de enmalezamiento que presentó la pastura, debido a que el potencial de respuesta al aporte de nitrógeno está inversamente relacionado con el grado de enmalezamiento que presente la misma (Fernández, 1996). Esto concuerda con los resultados obtenidos, ya que desde un principio el nivel de enmalezamiento

fue elevado, constituyendo una de las variables causantes de restringir la respuesta al nitrógeno. Al retrasarse en la festuca el proceso de macollaje, se vió perjudicada la producción de área foliar la cual permite interceptar luz y así tener un mejor comportamiento competitivo frente a las malezas, teniendo como resultado de dichas interacciones menor establecimiento y pérdida en el rendimiento de las pasturas. La baja tasa de crecimiento y poco macollaje por parte de la festuca, no permitieron cerrar rápidamente el entresurco dejando espacios disponibles para la colonización de malezas, siendo estas capaces de ocupar el nicho ecológico vacío que dejó la pastura.

El porcentaje de festuca se encuentra en el rango de 30-40 % siendo bastante inferior al deseado en una pradera mezcla, mientras que la fracción leguminosa sí se encuentra entre los rangos óptimos (20-30 %). Dentro de esta fracción, se destaca la presencia del trébol blanco. Teniendo en cuenta que esta especie soporta mejor las bajas temperaturas en relación al lotus, que las condiciones de humedad fueron buenas y la competencia ejercida por el componente gramínea no se expresó, eran esperables estos resultados. Ayala et al. (2010) en este aspecto, plantean que las cualidades más destacadas de esta especie, en especial del cultivar utilizado, es su rápido establecimiento y excelente producción invernal.

Sin bien en general no se observaron diferencias significativas en la mayoría de las especies, el lotus sí presentó diferencias estadísticamente significativas representando mayor proporción en los tratamientos con agregado de nitrógeno, lo que refleja un efecto positivo del nitrógeno en dicha especie, favoreciendo su implantación. Al igual que para el caso de lotus, las gramíneas espontáneas también presentaron mayor proporción en los tratamientos fertilizados (ver Anexo No. 29) reflejando un posible efecto positivo en las especies espontáneas al agregar nitrógeno. Sin embargo, en términos generales se dice que no ocurre un cambio en la composición botánica ya que agronómicamente los valores de ambas especies son muy bajos encontrándose para lotus entre 3-5% y para las gramíneas espontáneas entre 1-2%.

En resumen, los resultados demuestran que no hubo efecto de la fertilización nitrogenada en la composición de la mezcla forrajera. Como se comentó anteriormente, es esperable que las gramíneas presentes en la mezcla respondan al agregado del nitrógeno, sin embargo, la respuesta de dicho nutriente siempre será menor cuando se utilizan mezclas de gramíneas y leguminosas (Whitehead, citado por Carámbula, 2002a). A su vez, la composición de la mezcla se encuentra muy alejada al ideal planteado por Carámbula (2002a), siendo este 70-60 % de gramínea, 20-30% de leguminosas y hasta un 10 % de malezas. En contraposición, el obtenido en el presente trabajo no concuerda con estos valores, dónde las gramíneas apenas

superaron el 40 % en algunas mediciones y el enmalezamiento es cercano a 40% en todo el período, encontrándose muy lejos al 10 % recomendado como máximo. Dado el nivel de precipitaciones ocurrido es posible que el nivel de residualidad del herbicida aplicado haya sido insuficiente para llegar a la implantación libre de malezas, comprometiendo de este modo el establecimiento, la respuesta a la fertilización y consecuentemente la producción de la pastura.

5. CONCLUSIONES

La producción de materia seca de la mezcla no presentó efectos significativos con respecto a la fertilización nitrogenada.

El tratamiento con N en forma de urea no causó diferencias significativas en la composición botánica de la pastura, presentando valores alejados al óptimo deseable. A su vez no se observó efectos significativos del nitrógeno sobre los componentes de rendimiento.

Las condiciones ambientales, bajas temperaturas y precipitaciones, tuvieron mayor peso en la producción de la pastura y sus componentes de rendimiento, que el agregado de nitrógeno.

6. RESUMEN

El presente experimento se realizó durante el período comprendido entre junio y septiembre del año 2018 en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (Universidad de la República. Facultad de Agronomía; Paysandú, Uruguay) ubicada sobre Ruta 3, Km 363. El diseño experimental utilizado fue en cuatro bloques generalizados al azar con un arreglo factorial 2x2 con dos tratamientos, siendo la unidad experimental la parcela. Los dos tratamientos evaluados fueron: pradera mezcla de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* sin fertilizar y la misma pradera mezcla fertilizada con 32 kg de N/ha en forma de urea. Se sembró el 08/06/2018. El objetivo fue evaluar el efecto de la incorporación de nitrógeno sobre los componentes de rendimiento de la pradera. Para ello se realizaron mediciones post siembra del número de plantas, número de hojas, número de ramificaciones tanto para gramíneas como leguminosas a los 54, 77 y 103 días post siembra. Además, en las fechas ya mencionadas se realizaron relevamientos de la composición botánica en rectángulos de 0,2*0,5m y posteriormente cortes con el fin de cosechar toda la biomasa presente dentro del rectángulo. Las producciones en los tratamientos fertilizados no presentaron diferencias significativas con respecto al testigo. El agregado de nitrógeno no promovió el número de plantas de la pastura, ni favoreció el macollaje en las gramíneas, como tampoco las ramificaciones en leguminosas, sin embargo en cuanto a las especies sembradas se observó mayor proporción de *Lotus corniculatus* en los tratamientos fertilizados. La composición botánica no presentó diferencias entre tratamientos, pero sí difirió en relación al óptimo, obteniéndose valores en promedio de 40% gramíneas, 20% leguminosas y 40% malezas. Las condiciones climáticas tales como la baja temperatura y alta humedad en el período influyeron más en los componentes de rendimiento que la incorporación de nitrógeno.

Palabras clave: Implantación; Fertilización; Mezcla; Nitrógeno; Componentes de rendimiento; Producción de forraje.

7. SUMMARY

The experiment was carried out in the period between June and September 2018 at the Experimental Station “Dr. Mario A. Cassinoni” (Republic University. University of Agronomy; 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 two treatments each, being the plot the experimental unit. The two treatments evaluated were a pasture mixture of festuca, white clover and lotus without fertilizing and the same pasture mixture fertilized with 32 kg of nitrogen per hectare in form of urea. It was planted on 06/08/2018. The objective was to evaluate the effect of the incorporation of nitrogen on the meadow yield components. For this, post-seeding measurements were made of the number of plants, number of leaves, number of branches for both grasses and legumes were made at 54, 77 and 103 days. In addition, on the aforementioned dates, surveys of the botanical composition were made in rectangles of 0.2 * 0.5m and subsequently cut in order to harvest all the biomass present within the rectangle. The productions in the fertilized treatments did not present significant differences respect to the control. The addition of nitrogen did not promote the number of plants in the pasture, nor did it favor tillering in grasses, nor did branching in legumes, however, regarding the sown species, a higher proportion of *Lotus corniculatus* was observed in the fertilized treatments. The botanical composition did not present differences between treatments, but it did differ in relation to the optimum, obtaining average values of 40% grasses, 20% legumes and 40% weeds. Climatic conditions such as low temperature and high humidity in the period, influenced yield components more than nitrogen incorporation.

Key words: Implantation; Fertilization; Mixture; Nitrogen; Yield components;
Forage production.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agnusdei, M.; Colabelli, M.; Mazzanti, A.; Lavreveux, M. 1998. Fundamentos para el manejo de pastizales y pasturas cultivadas de la pampa húmeda bonaerense. INTA Balcarce. Boletín Técnico no.147.16 p.
2. _____. 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. 2019. Disponible en http://docnum.univ-lorraine.fr/public/INPL_T_1999_AGNUSDEI_M.pdf
3. _____.; Di Marco, O. N.; Insúa, J. 2014. Calidad nutritiva de festuca alta (en línea). Balcarce, Buenos Aires, INTA. s.p. Consultado abr. 2019. Disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/calidad-nutritiva-de-festuca-alta>
4. Altier, N. 1996. Impacto en las enfermedades en la producción de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 47-56 (Serie Técnica no. 80).
5. _____. 2010. Enfermedades de pasturas. In: Altier, N.; Rebuffo, M.; Cabrera, K. eds. Enfermedades y plagas en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 19-35 (Serie Técnica no. 183).
6. Ayala, W.; Carámbula, M. 1994. Respuesta a la fertilización nitrogenada de tres gramíneas sembradas en cobertura. In: Seminario de Actualización Técnica (1°. , 1994, La Estanzuela, Colonia). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 43-48 (Serie Técnica no. 51).
7. _____.; _____. 2009. El valor agronómico del género Lotus. Montevideo, INIA. 424 p.
8. _____.; Bemhaja, M.; Cotro, B.; Docanto, J.; García, J.; Olmos, F.; Real, D.; Rebuffo, M.; Reyno, R.; Rossi, C.; Silva, J. 2010.

Forrajeras: catálogo de cultivares 2010. Montevideo, Uruguay, INIA. 131 p. (Otros Documentos no. 38)

9. Barker, D. J.; Caradus, J. R. 2001. Adaptation of forage species to drought. (en línea). In: International Grassland Congress (19th, 2001, Sao Paulo). Proceedings. Palmerston North, AgResearch – Grasslands. pp. 241-246. Consultado 2 sep. 2019. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/280102953_Adaptation_of_forage_species_to_drought
10. Bartholomew, P. W. 2014. Effect of varying temperature regime on phyllochron in four warm season pasture grasses. (en línea). *Agricultural Sciences*. 5(11):1000-1006. Consultado 2 sep. 2019. Disponible en <http://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=50061>
11. Baruch, Z.; Fisher, M. J. 1991. Factores climáticos y de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de una pastura. In: Reunión del Comité Asesor de la RIEPT (6^a, 1988, Veracruz). Establecimiento y renovación de pasturas. México, D. F., s.e. pp. 103-142.
12. Beinhart, G. 1963. Effects of environment on meristematic development, leaf area and growth of white clover. *Crop Science*. 3(3):209-213.
13. Berasain, I.; Duret, L.; Sosa, E. 2015. Evaluación de la implantación de tres mezclas forrajeras en siembra directa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 91 p.
14. Beraza, S.; Guerisoli, G.; Rodríguez, E. 2017. Morfogénesis en *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 67 p.
15. Berreta, E. J. 1996. Campo natural: valor nutritivo y manejo. In: Risso, D. F.; Berreta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 113-127 (Serie Técnica no. 80).
16. Bordoli, M. 1998. Fertilización fosfatada de pasturas. In: Jornada de Actualización Técnica de Pasturas (1998, Concepción del

Uruguay). Trabajos presentados. Concepción del Uruguay, INTA. s.p.

17. Brito del Pino, G.; Colella, A.; Crosta, D.; Morales, C. J. 2008. Relevamiento de implantación de pasturas con gramíneas perennes en Basamento Cristalino. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 125 p. Consultado 09 abr. 2019. Disponible en <http://biblioteca.fagro.edu.uy/iah/textostesis/2008/3525bri.pdf>
18. Brown, D. 1954. Methods of surveying and measuring vegetation. Hurley, Commonwealth Agricultural Bureaux. 233 p.
19. Campbell, M. H.; Swain, F. G. 1973. Factors causing losses during the establishment of surface-sown pastures. (en línea). Journal of Range Management. 26(5):355-359. Consultado 27 nov. 2019. Disponible en <https://journals.uair.arizona.edu/index.php/jrm/article/view/6233/5843>
20. Carámbula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 464 p.
21. _____. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, Uruguay, INIA. 46 p. (Serie Técnica no. 19).
22. _____. 2002a. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
23. _____. 2002b. Pasturas y forrajes: insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 2, 371 p.
24. _____. 2008. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 530 p.
25. Castaño, J. P.; Giménez, A.; Ceroni, M.; Furest, J.; Aunchayna, R.; Bidegain, M. 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-1990. (en línea). Montevideo, INIA. 34 p. (Serie Técnica no. 193). Consultado oct. 2019. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2538/1/1842902121104157.pdf>

26. Colabelli, M.; 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.
27. Córdoba, S.; Pigurina, J.; Stirling, G.; Urioste, F. 2017. Efecto del nitrógeno sobre la producción de verdeos invernales puros y mezclas con leguminosas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 121 p.
28. Cowan, J. R. 1956. Tall fescue. *Advances in Agronomy*. 8:283-320.
29. Cruz, P.; Boval, M. 2000. Effect of Nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forage grasses. (en línea). In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; De Moraes, A.; Nabinger, C.; de Faccio Carvalho, P. C. eds. *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. Oxford, CAB International. pp. 151-168. Consultado 31 ago. 2019. Disponible en <https://books.google.com.uy/books?id=dXTv2OjIccMC&lpg=PR9&ots=Ke2426-UeE&dq=Grassland%20Ecophysiology%20and%20Grazing%20Ecology&lr&hl=es&pg=PA15#v=onepage&q=Grassland%20Ecophysiology%20and%20Grazing%20Ecology&f=false>
30. 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.
31. Deregibus, V.; Sánchez, R.; Casal, J.; Trlica, M. 1985. Tillering responses to enrichment of red light beneath the canopy in humid natural grassland. *Journal of Applied Ecology*. 22(1):199-206.
32. Durán, A. 1985. Los suelos del Uruguay. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 47-64.
33. 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 Forage Science*. 71:559-574.

34. Fernández, G. 1996. Dinámica del enmalezamiento en siembra directa. In: Curso de Actualización Técnica en Manejo de Malezas (2º., 1996, Colonia). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. s.p.
35. 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.
36. Formoso, F. 1993. *Lotus corniculatus*. I. Performance forrajera características agrónomicas asociadas. Montevideo, INIA. 23 p. (Serie Técnica no. 37).
37. _____. 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 1-17 (Serie Técnica no. 80).
38. _____. 2007. Conceptos sobre implantación de pasturas. (en línea). In: Jornada de Instalación y Manejo de Pasturas (2007, La Estanzuela). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 17-37 (Actividades de Difusión no. 483). Consultado oct. 2019. Disponible en http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ad/ad_483.pdf
39. _____. 2008. Instalación de pasturas. Revista del Plan Agropecuario. no.125:52-56.
40. _____. 2010. *Festuca arundinacea*, manejo para producción de forraje y semillas. Montevideo, Uruguay, INIA. 183 p. (Serie Técnica no. 182).
41. 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.
42. García, J.; Rebuffo, M.; Formoso, F. 1991. Las forrajeras de la Estanzuela. Montevideo, INIA. 15 p. (Boletín de Divulgación no. 7).
43. _____.; Labandera, C.; Pastorini, D.; Curbelo, S. 1994. Fijación de nitrógeno por leguminosas en La Estanzuela. In: Seminario de Actualización Técnica (1º., 1994, La Estanzuela, Colonia).

Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 13-18 (Serie Técnica no. 51).

44. _____. 1995. Variedades de trébol blanco. Montevideo, INIA. 19 p. (Serie Técnica no. 70).
45. _____. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. Montevideo, INIA. 26 p. (Serie Técnica no. 133).
46. Gastal, F.; Lemaire, G. 1988. Study of a tall fescue grown under nitrogen deficiency conditions. In: General Meeting of the European Grassland Federation (12th, 1998, Dublin). Proceedings. Dublin, Mecke Druck and Verlag. pp. 323-327.
47. _____.; Belanger, G.; Lemaire, G. 1992. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. *Annals of Botany*. 70:437-442.
48. 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.
49. 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.
50. Gutiérrez, F.; Calistro, E. 2013. *Festuca arundinacea* INIA Aurora e INIA Fortuna: nuevos cultivares para aumentar la estabilidad de las pasturas perennes. *El Tambo*. 193:70-74.
51. 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.
52. 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).

53. Haynes, R. J. 1980. Competitive aspects of the grass-legume association. Canterbury, New Zealand, Academic Press. pp. 227-261.
54. INIA; INASE (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY; Instituto Nacional de Semilla, UY). 2013. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras. Anuales, bianuales y perennes. Período 2012. (en línea). Montevideo, Uruguay. 107 p. Consultado jul. 2019. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4286/1/INIA-INASE-Forrajeras-2013.pdf>
55. _____; _____. 2014. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras. Anuales, bianuales y perennes. Período 2013. (en línea). Montevideo, Uruguay. 113 p. Consultado jul. 2019. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2013/PubForrajerasPeriodo2013.pdf
56. _____; _____. 2018. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras. Anuales, bianuales y perennes. Período 2018. (en línea). Montevideo, Uruguay. 89 p. Consultado jul. 2019. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2018/PubForrajerasPeriodo2018.pdf
57. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología, UY). 2018. Estadísticas climatológicas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado oct. 2019. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas>
58. Jewiss, O. R. 1972. Tillering in grasses its significance and control. *Journal of British Grassland Society*. 27:65-82.
59. Khaiti, M.; Lemaire, G. 1992. Dynamics of shoot and root growth of lucerne after seeding and after cutting. *European Journal of Agronomy*. 1(4):241-247.
60. Langer, R. H. M. 1981a. Crecimiento de gramíneas y tréboles. In: Langer, R. H. M. ed. *Las pasturas y sus plantas*. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 47-73.

61. _____. 1981b. Especies y variedades de gramíneas. *In*: Langer, R. H. M. ed. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 75-96.
62. _____. 1990. Pastures and pastures plants. Oxford, UK, Oxford University. 134 p.
63. Lemaire, G. 1985. Cinétique de croissance d'un peuplement de fétuque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb.) pendant l'hiver et le printemps. Effets es facteurs climatiques. Thèse Doctorat ésSciences Naturalles. Caen, France. Université de Caen. s.p.
64. _____.; Culleton, N. 1989. Effects of nitrogen applied after the last cut in autumn on a tall fescue sward. I. Analysis of morphogenesis during winter and subsequent growth in spring. *Agronomie, EDP Sciences*. 9(2):171-179.
65. _____.; 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.
66. _____.; Agnusdei, M. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. (en línea). *In*: Lemaire, G.; Hodgson, J.; De Moraes, A.; Nabinger, C.; de Faccio Carvalho, P. C. eds. *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. Oxford, CAB International. pp. 265-287. Consultado 17 jul. 2019. Disponible en <https://books.google.com.uy/books?hl=es&lr=&id=dXTv2OjIccMC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Grassland+Ecophysiology+and+Grazing+Ecology&ots=Ke2426-UeE&sig=jsojgs3HDBHYNnUiGVenOQpGKNA#v=onepage&q=Grassland%20Ecophysiology%20and%20Grazing%20Ecology&f=false>
67. Mangado, B.; Saint-Girons, F. 2017. Efecto de la implantación de verdes puros y en mezclas con leguminosas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 64 p.
68. Marino, M. A.; Agnusdei, M. 2007. Manejo estacional del suministro de nitrógeno en pasturas de *Festuca arundinacea* Scrheb. (Sudeste

bonaerense, Argentina): crecimiento y eficiencia en el uso de recursos. (en línea). Cusco, APPA-ALPA. 6 p. Consultado oct. 2019. Disponible en http://produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/33-Marino-Festuca_alta.pdf

69. 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.
70. Mazzanti, A.; Lemaire, G.; Gastal, F. 1994. The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. *Grass and Forage Science*. 49:111-120.
71. _____.; Wade, M. H.; García, M. C. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada de invierno sobre el crecimiento y la composición química del raigrás anual. *Revista Argentina de Producción Animal*. 17:25-33.
72. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2018. Anuario estadístico agropecuario 2018. Montevideo. 210 p.
73. Millot, J. C.; Risso, D.; Methol, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. (en línea). Montevideo, FUCREA. 199 p. Consultado sep. 2019. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6305/1/Relevamiento-de-pastnaturales-y-mejora-extensivos-en-areas-ganad-del-Urug-Millot-1987ainfo-incompleto.pdf>
74. Moliterno, E. A. 2000. Caracterización de la producción inicial de diversas mezclas forrajeras. *Agrociencia (Uruguay)*. 4(1):31-49.
75. Morón, A. 1996. El ciclo del nitrógeno en el sistema suelo- planta-animal. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. *Producción y manejo de pasturas*. Montevideo, INIA. pp. 21-32 (Serie Técnica no. 80).

76. Muslera, E.; Ratera, C. 1984. Praderas y forrajes. Madrid, España, Mundi-Prensa. 702 p.
77. Nabinger, C.; de Faccio Carvalho, P. C. 2009. Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para su sustentabilidad. *Agrociencia* (Uruguay). 13(3):18-27.
78. 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).
79. _____. 2004. Trébol blanco. *In*: Olmos, F. ed. Factores que afectan la persistencia y productividad de pasturas mejoradas con trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Montevideo, INIA. pp. 13-52 (Serie Técnica no. 145).
80. Ong, C. K. 1978. The physiology of tiller death in grasses. I. The influence of tiller age, size and position. *Journal of the British Grassland Society*. 33:197-203.
81. Perrachon, J. 2013. Instalación de pasturas perennes. (en línea). *Revista Plan Agropecuario*. no. 146:48-53. Consultado set. 2019. Disponible en http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/Revista_on_line/Revista_146/files/mobile/index.html
82. _____. 2015. Instalación y manejo de praderas. (en línea). Montevideo, Instituto Plan Agropecuario. 32 p. Consultado ago. 2019. Disponible en <http://www.planagropecuario.org.uy/uploads/librillos/31/files/assets/common/downloads/publication.pdf>
83. Rebuffo, M. 1994. Fertilización nitrogenada en pasturas mezcla. *In*: Seminario de Actualización Técnica (1°. 1994, La Estanzuela, Colonia, UY). Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 13-18 (Serie Técnica no. 51).
84. _____.; Altier, N.; Cuitiño, M. J. 2010. La resistencia a enfermedades en el mejoramiento genético de leguminosas forrajeras. *In*: Altier, N.; Rebuffo, M.; Cabrera, K. eds. Enfermedades y plagas en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 37-49 (Serie Técnica no. 183).

85. Rolhauser, A. G.; Cepeda, S.; Maseda, P. H.; Rotundo, J. L.; Srur, A. M.; Fernández, R. J.; Ghersa, C. M.; León, R. J.; Perelman, S. B.; Batista, W. B.; Aguiar, M. R. 2007. Efectos de la frecuencia de corte y fertilización nitrogenada sobre la estructura de una población implantada de *Festuca arundinacea* Schreb. (en línea). *Ecología Austral*. 17:89-98. Consultado 10 oct. 2019. Disponible en https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/ecologiaaustral/ecologiaaustral_v017_n01_p089.pdf
86. Saldanha, S.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2010. Intensidad del pastoreo sobre la estructura de una pastura de *Lolium perenne* cv. Horizon. (en línea). *Agrociencia* (Uruguay). 14(1):44-45. Consultado feb. 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/317448642_Intensidad_d_el_pastoreo_sobre_la_estructura_de_una_pastura_de_Lolium_perenne_cv_Horizon
87. Sawchik, J. 2001. Dinámica del nitrógeno en la rotación cultivo-pastura bajo laboreo convencional y siembra directa. *In*: Reunión Técnica sobre Siembra Directa (2001, Las Brujas, Canelones). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 323-345.
88. Scheneiter, J. O. 2016. Aportes del trébol blanco en pasturas para suelos con limitaciones para agricultura. *In*: Reunión Anual de Forrajeras (16ª., 2016, Buenos Aires). Opciones forrajeras para ambientes ganaderos. Buenos Aires, INTA. pp. 9-15.
89. Scott, W. R. 1981. Nutrición de la planta de pradera y “ciclaje” de nutriente. *In*: Langer, R. H. M. ed. *Las pasturas y sus plantas*. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 185-208.
90. Smethan, M. L. 1981. Especies y variedades de leguminosas forrajeras. *In*: Langer, R. H. M. ed. *Las pasturas y sus plantas*. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 97-147.
91. Smith, D. 1981. *Forage Management in the North*. 3rd. ed. Michigan, Kendall/Hunt. 237 p.

92. Stepler, H. A.; Knutti, H. J; Hargreaves, G. 1965. The establishment of the sward seeded pastures. *In*: International Grassland Congress (9th., 1965, San Pablo). Proceedings. s.n.t. pp. 273-278.
93. Stern, W. R.; Donald, C. M. 1962. Light relationships in grass-clover swards. *Australian Journal of Agricultural Research*. 13(4):599-614.
94. Trujillo, A. I.; Uriarte, G. 2011. Valor nutritivo de las pasturas (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 19 p. Consultado oct. 2019. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/ALIMENTOS%20RUMIANTES/Trujillo Uriarte.VALOR NUTRITIVO PASTURAS.pdf>
95. Turner, N. C.; Begg, J. E. 1978. Responses of pasture plant to water deficits. *In*: Wilson, J. R. ed. *Plants relations in pastures*. Melbourne, CSIRO. pp. 50-66.
96. UdelaR. FA (Universidad de la República. Facultad de Agronomía, UY). 2018. Resumen climatológico del año anterior. (en línea). Paysandú. 1 p. Consultado oct. 2019. Disponible en <https://ingbio.paap.cup.edu.uy/~estmet/NOAAPRYR.TXT>
97. White, J. G. H. 1981. Establecimiento de la pastura. *In*: Langer, R. H. M. ed. *Las pasturas y sus plantas*. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 149-184.
98. Whitehead, D. 1995. *Grassland nitrogen*. Wallingford, UK, CABI. 397 p.
99. Zanoniani, R.; Nöell, S. 1997. Verdeos de invierno; condicionantes de manejo de un buen verdeo. (en línea). Young, Río Negro, Instituto del Plan Agropecuario/Sociedad Rural de Río Negro. 5 p. Consultado oct. 2019. Disponible en <http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/uedy/Publica/Cart2/Cart2.htm>
100. _____.; Ducamp, F. 2004. Leguminosas forrajeras del género Lotus en el Uruguay. *Cangüé*. no. 25:5-11.
101. _____. 2010. Estado actual del conocimiento en producción de pasturas, brecha tecnológica. *Agrociencia (Uruguay)*. 3(14):26-30.

102. Zarza, R.; Calistro, E.; Martínez, E. 2013. Importancia de la implantación en las pasturas perennes. In: Reunión Técnica (2013, La Estanzuela, Colonia, Uruguay). El éxito productivo de una pastura con leguminosas perennes comienza en su implantación. Montevideo, INIA. pp. 1-9 (Actividades de Difusión no. 711).

9. ANEXOS

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

Mes	PP. (mm)*	ETP. (mm)**	PP-ETP. (mm)	B.H. (mm)***
Abr.	176	60	196	80
May.	158	30	208	80
Jun.	11	20	71	71
Jul.	107	20	167	80
Ago.	105	40	145	80
Set.	95	80	95	80

*Precipitaciones mensuales **Evapotranspiración potencial *** Balance hídrico

CAAD (capacidad de almacenaje de agua disponible) del suelo: 80 mm.

Anexo No. 2. Análisis estadístico de número de plantas de festuca/m² a través del tiempo

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	71,8471991	71,8471991	0,02414164	0,87744386
Residuos	34	101186,375	2976,06985		
Total	35	101258,222			

Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0,02663727
Coefficiente de determinación R ²	0,00070954
R ² ajustado	-0,0286814
Error típico	54,553367
Observaciones	36

Anexo No. 3. Análisis estadístico de número de plantas de festuca/m² según nivel de fertilización a través del tiempo

No. plantas de festuca/m² “0 UN” a través del tiempo

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	7,98668885	7,98668885	0,00185957	0,966137245
Residuos	16	68718,4578	4294,90361		
Total	17	68726,4444			

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,01078007
Coeficiente de determinación R ²	0,00011621
R ² ajustado	-0,0623765
Error típico	65,5355141
Observaciones	18

No. plantas de festuca/m² “32 UN” a través del tiempo

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	83,9273433	83,9273433	0,0420503	0,840109967
Residuos	16	31934,0727	1995,87954		
Total	17	32018			

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,05119819
Coeficiente de determinación R ²	0,00262126
R ² ajustado	-0,0597149
Error típico	44,6752677
Observaciones	18

Anexo No. 4. Análisis de varianza del número de plantas de festuca/m²

Variable	N.	R ² .	R ² Aj.	CV.
No. pl. festuca/m ²	36	0,01	0,00	43,62

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C.	gl.	CM.	F.	p-valor
Modelo	614,22	5	122,84	0,04	0,9992
DPS	80,22	2	40,11	0,01	0,9881
Tratamiento	513,78	1	513,78	0,15	0,6983
DPS*tratamiento	20,22	2	10,11	3,0E-03	0,9970
Error	100644,00	30	3354,80		
Total	101258,22	35			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=50,44889

Error: 3354,8000 gl: 30

DPS	Medias	n	E.E.
54	134,83	12	16,72 A
77	132,17	12	16,72 A
103	131,33	12	16,72 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=32,76881

Error: 3354,8000 gl: 30

Tratamiento	Medias	n	E.E.
S/urea	136,56	18	13,65 A
Urea	129,00	18	13,65 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=91,06082

Error: 3354,8000 gl: 30

DPS	Tratamiento	Medias	n	E.E.
54	S/urea	137,67	6	23,65 A
103	S/urea	136,00	6	23,65 A
77	S/urea	136,00	6	23,65 A
54	Urea	132,00	6	23,65 A
77	Urea	128,33	6	23,65 A
103	Urea	126,67	6	23,65 A

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

Anexo No. 5. Análisis estadístico de número de plantas de leguminosas/m² a través del tiempo

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	8849,47338	8849,47338	1,75116212	0,19456107
Residuos	34	171818,527	5053,48608		
Total	35	180668			

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,22131869
Coeficiente de determinación R ²	0,04898196
R ² ajustado	0,02101084
Error típico	71,0878757
Observaciones	36

Anexo No. 6. Análisis estadístico de número de plantas de leguminosas/m² según nivel de fertilización a través del tiempo

No. plantas de leguminosas/m² "0 UN" a través del tiempo

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	2381,13367	2381,13367	0,33522543	0,5706602
Residuos	16	113649,311	7103,08192		
Total	17	116030,444			

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,14325372
Coeficiente de determinación R ²	0,02052163
R ² ajustado	-0,0406958
Error típico	84,2797836
Observaciones	18

No. plantas de leguminosas/m² "32 UN" a través del tiempo

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	7096,46644	7096,46644	1,97331981	0,17921239
Residuos	16	57539,3113	3596,20696		
Total	17	64635,7778			

Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0,33134818
Coefficiente de determinación R ²	0,10979162
R ² ajustado	0,05415359
Error típico	59,968383
Observaciones	18

Anexo No. 7. Análisis de varianza del número total de plantas de leguminosas/m²

Variable	N.	R ² .	R ² Aj.	CV.
No. pl. leguminosas/m ²	36	0,06	0,00	44,10

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C.	gl.	CM.	F.	p-valor
Modelo	11380,00	5	2276,00	0,40	0,8426
DPS	10694,00	2	5347,00	0,95	0,3990
Tratamiento	1,78	1	1,78	3,2E-04	0,9860
DPS*tratamiento	684,22	2	342,11	0,06	0,9413
Error	169288,00	30	5642,93		
Total	180668,00	35			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=65,42908

Error: 5642,9333 gl: 30

DPS	Medias	n	E.E
103	185,17	12	21,69 A
77	179,67	12	21,69 A
54	146,17	12	21,69 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=42,49911

Error: 5642,9333 gl: 30

Tratamiento	Medias	n	E.E.
S/urea	170,56	18	17,71 A
Urea	170,11	18	17,71 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=118,10022

Error: 5642,9333 gl: 30

DPS	Tratamiento	Medias	n	E.E.
103	Urea	189,33	6	30,67 A
77	Urea	181,00	6	30,67 A
103	S/urea	181,00	6	30,67 A
77	S/urea	178,33	6	30,67 A
54	S/urea	152,33	6	30,67 A
54	Urea	140,00	6	30,67 A

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

Anexo No. 8. Análisis de varianza del número de plantas de lotus/m² y del número de plantas de trébol blanco/m²

No. plantas lotus/m²

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No. plantas lotus/m ²	36	0,17	0,04	47,95

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C.	gl.	CM.	F.	p-valor
Modelo	4662,33	5	932,47	1,26	0,3085
Tratamiento	920,11	1	920,11	1,24	0,2745
DPS	3714,67	2	1857,33	2,50	0,0989
DPS*tratamiento	27,56	2	13,78	0,02	0,9816
Error	22276,67	30	742,56		
Total	26939,00	35			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=23,73465

Error: 742,5556 gl: 30

DPS	Medias	n	E.E.
103	64,83	12	7,87 A
77	63,17	12	7,87 A
54	42,50	12	7,87 A

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

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=15,41671

Error: 742,5556 gl: 30

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Urea	61,89	18	6,42 A
S/urea	51,78	18	6,42 A

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

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=42,84131

Error: 742,5556 gl: 30

DPS	Tratamiento	Medias	n	E.E.
103	Urea	70,67	6	11,12 A
77	Urea	68,67	6	11,12 A
103	S/urea	59,00	6	11,12 A
77	S/urea	57,67	6	11,12 A
54	Urea	46,33	6	11,12 A
54	S/urea	38,67	6	11,12 A

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

No. plantas de trébol blanco/m²

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No. plantas de trébol blanco/m ²	36	0,03	0,00	54,09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C.	gl.	CM.	F.	p-valor
Modelo	3270,33	5	54,07	0,17	0,9704
Tratamiento	1002,78	1	1002,78	0,27	0,6098
DPS	1828,67	2	914,33	0,24	0,7861
DPS*tratamiento	438,89	2	219,44	0,06	0,9435
Error	113060,67	30	3768,69		
Total	116331,00	35			

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=34,73142

Error: 3768,6889 gl: 30

Tratamiento	Medias	n	E.E.
S/urea	118,78	18	14,47 A
Urea	108,22	18	14,47 A

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

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=53,47041

Error: 3768,6889 gl: 30

DPS	Medias	n	E.E
103	120,33	12	17,72 A
77	116,50	12	17,72 A
54	103,67	12	17,72 A

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

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=96,51468

Error: 3768,6889 gl: 30

DPS	Tratamiento	Medias	n	E.E.
103	S/urea	122,00	6	25,06 A
77	S/urea	120,67	6	25,06 A
103	Urea	118,67	6	25,06 A
54	S/urea	113,67	6	25,06 A
77	Urea	112,33	6	25,06 A
54	Urea	93,67	6	25,06 A

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

Anexo No. 9. Análisis estadístico del número de plantas totales/m² según nivel de fertilización a través del tiempo

No. plantas totales/m² “0 UN” a través del tiempo

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	2113,31337	2113,31337	0,10063143	0,75517515
Residuos	16	336008,464	21000,529		
Total	17	338121,778			

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,07905792
Coeficiente de determinación R ²	0,00625015
R ² ajustado	-0,0558592
Error típico	144,915593
Observaciones	18

No. plantas totales/m² “32 UN” a través del tiempo

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	5636,90738	5636,90738	0,59318356	0,452413335
Residuos	16	152044,87	9502,8044		
Total	17	157681,778			

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,18907308
Coeficiente de determinación R ²	0,03574863
R ² ajustado	-0,0245171
Error típico	97,4823287
Observaciones	18

Anexo No. 10. Análisis estadístico del número de plantas de festuca/m² en relación a la producción total de materia seca (kg/ha)

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	95466,1087	95466,1087	0,24605709	0,62305677
Residuos	34	13191441,3	387983,567		
Total	35	13286907,4			

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,08476424
Coeficiente de determinación R ²	0,00718498
R ² ajustado	-0,0220155
Error típico	622,883269
Observaciones	36

Anexo No. 11. Análisis estadístico del número de plantas de leguminosas/m² en relación a la producción total de materia seca (kg/ha)

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	1114870,76	1114870,76	3,11415476	0,08659731
Residuos	34	12172036,6	358001,077		
Total	35	13286907,4			

Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0,28966786
Coefficiente de determinación R ²	0,08390747
R ² ajustado	0,05696357
Error típico	598,331912
Observaciones	36

Anexo No. 12. Análisis estadístico del número de macollos/m² y disponibilidad de materia seca (kg/ha) a través del tiempo

Disponible (kg/ha de materia seca)

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	9677856,27	9677856,27	91,17275	3,7576E-11
Residuos	34	3609051,1	106148,562		
Total	35	13286907,4			

Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0,85344911
Coefficiente de determinación R ²	0,72837539
R ² ajustado	0,72038643
Error típico	325,804484
Observaciones	36

Número de macollos/m²

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	512217,668	512217,668	80,925708	1,6304E-10
Residuos	34	215202,328	6329,48022		
Total	35	727419,996			

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,83914046
Coeficiente de determinación R ²	0,70415671
R ² ajustado	0,69545543
Error típico	79,5580305
Observaciones	36

Anexo No. 13. Análisis estadístico de la relación entre disponibilidad de materia seca (kg MS/ha) y macollos/m²

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	6557935,92	6557935,92	33,1357954	1,7849E-06
Residuos	34	6728971,45	197910,925		
Total	35	13286907,4			

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,70254093
Coeficiente de determinación R ²	0,49356376
R ² ajustado	0,47866857
Error típico	444,871808
Observaciones	36

Anexo No. 14. Análisis estadístico del número de tallos de leguminosas/m² y disponibilidad de materia seca (kg/ha) a través del tiempo

Disponible (kg/ha de materia seca)

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	9677856,27	9677856,27	91,17275	3,7576E-11
Residuos	34	3609051,1	106148,562		
Total	35	13286907,4			

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,85344911
Coeficiente de determinación R ²	0,72837539
R ² ajustado	0,72038643
Error típico	325,804484
Observaciones	36

Número de tallos de leguminosas/m²

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	735681,652	735681,652	48,7698471	4,6895E-08
Residuos	34	512881,988	15084,7644		
Total	35	1248563,64			

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,76760823
Coeficiente de determinación R ²	0,58922239
R ² ajustado	0,5771407
Error típico	122,820049
Observaciones	36

Anexo No. 15. Análisis estadístico de la relación entre disponibilidad de materia seca (kg MS/ha) y número de tallos de leguminosas/m²

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	6849139,5	6849139,5	36,1725908	8,25051E-07
Residuos	34	6437767,87	189346,114		
Total	35	13286907,4			

Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0,71796959
Coefficiente de determinación R ²	0,51548034
R ² ajustado	0,50122976
Error típico	435,139189
Observaciones	36

Anexo No. 16. Análisis de varianza del disponible en materia seca (kg/ha) para las tres fechas de corte

Variable	N.	R ² .	R ² Aj.	CV.
Prod. (kg de materia seca/ha)	36	0,73	0,68	40,49

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C.	gl.	CM.	F.	p-valor
Modelo	9679288,58	5	1935857,72	16,10	<0,0001
Tratamiento	505,50	1	505,50	4,2E-03	0,9487
DPS	9677866,26	2	4838933,13	40,24	<0,0001
Tratamiento*DPS	916,82	2	458,41	3,8E-03	0,9962
Error	3607618,79	30	120253,96		
Total	13286907,37	35			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=196,19008

Error: 120253,9596 gl: 30

Tratamiento	Medias	n	E.E.
S/urea	860,14	18	81,74 A
Urea	852,65	18	81,74 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=302,04248

Error: 120253,9596 gl: 30

DPS	Medias	n	E.E.
103	1504,32	12	100,11 A
77	829,75	12	100,11 B
54	235,13	12	100,11 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=545,19006**

Error: 120253,9596 gl: 30

Tratamiento	DPS	Medias	n	E.E.
S/urea	103	1508,47	6	141,57 A
Urea	103	1500,17	6	141,57 A
S/urea	77	839,47	6	141,57 B
Urea	77	820,03	6	141,57 B
Urea	54	237,75	6	141,57 C
S/urea	54	232,50	6	141,57 C

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

Anexo No. 17. Análisis de varianza de la producción de festuca (kg MS/ha)

Variable	N.	R ² .	R ² Aj.	CV.
Prod. festuca (kg de materia seca/ha)	36	0,41	0,31	75,53

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C.	gl.	CM.	F.	p-valor
Modelo	1304541,02	5	260908,20	4,20	0,0052
Tratamiento	13970,06	1	13970,06	0,23	0,6387
DPS	1275452,39	2	637726,19	10,27	0,0004
Tratamiento*DPS	15118,57	2	7559,29	0,12	0,8858
Error	1862664,26	30	62088,81		
Total	3167205,28	35			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=140,97237

Error: 62088,8087 gl: 30

Tratamiento	Medias	n	E.E.
S/urea	349,60	18	58,73 A
Urea	310,20	18	58,73 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=217,03261

Error: 62088,8087 gl: 30

DPS	Medias	n	E.E.
103	560,13	12	71,93 A
77	330,50	12	71,93 B
54	99,07	12	71,93 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=391,74630**

Error: 62088,8087 gl: 30

Tratamiento	DPS	Medias	n	E.E.
S/urea	103	598,24	6	101,73 A
Urea	103	522,02	6	101,73 A
S/urea	77	360,37	6	101,73 A B
Urea	77	300,62	6	101,73 A B
Urea	54	107,96	6	101,73 B
S/urea	54	90,18	6	101,73 B

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

Anexo No. 18. Análisis de varianza de la producción de leguminosas (kg MS/ha)

Variable	N.	R ² .	R ² Aj.	CV.
Prod. de leg. (kg de materia seca/ha)	36	0,46	0,37	80,46

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C.	gl.	CM.	F.	p-valor
Modelo	1124218,29	5	224843,66	5,03	0,0018
Tratamiento	24,34	1	24,34	5,4E-04	0,9815
DPS	1123857,48	2	561928,74	12,57	0,0001
Tratamiento*DPS	336,47	2	168,24	3,8E-03	0,9962
Error	1341166,08	30	44705,54		
Total	2465384,38	35			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=119,62116

Error: 44705,5361 gl: 30

Tratamiento	Medias	n	E.E.
S/urea	263,61	18	49,84 A
Urea	261,97	18	49,84 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=184,16156

Error: 44705,5361 gl: 30

DPS	Medias	n	E.E.
103	485,13	12	61,04 A
77	250,38	12	61,04 B
54	52,87	12	61,04 C

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=332,41368

Error: 44705,5361 gl: 30

Tratamiento	DPS	Medias	n	E.E.
Urea	103	488,38	6	86,32 A
S/urea	103	481,87	6	86,32 A
S/urea	77	252,00	6	86,32 A B
Urea	77	248,75	6	86,32 A B
S/urea	54	56,97	6	86,32 B
Urea	54	48,77	6	86,32 B

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

Anexo No. 19. Análisis estadístico de la evolución de macollos/planta y macollos/m² a través del tiempo

Macollos/planta

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	29,6712174	29,6712174	458,80907	2,55414E-21
Residuos	34	2,19878258	0,06467008		
Total	35	31,87			

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,96488744
Coeficiente de determinación R ²	0,93100776
R ² ajustado	0,92897858
Error típico	0,25430312
Observaciones	36

Macollos/m²

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	512217,668	512217,668	80,925708	1,6304E-10
Residuos	34	215202,328	6329,48022		
Total	35	727419,996			

Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0,83914046
Coefficiente de determinación R ²	0,70415671
R ² ajustado	0,69545543
Error típico	79,5580305
Observaciones	36

Anexo No. 20. Análisis de varianza de macollos/planta

Variable	N.	R ² .	R ² Aj.	CV.
Macollos/planta	24	0,78	0,75	15,29

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C.	gl.	CM.	F.	p-valor
Modelo	5,19	3	1,73	23,49	<0,0001
DPS	5,04	1	5,04	68,44	<0,0001
Tratamiento	0,01	1	0,01	0,20	0,6567
DPS*tratamiento	0,14	21	0,14	1,83	0,1909
Error	1,47	20	0,07		
Total	6,67	23			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,19111

Error: 0,0737 gl: 20

DPS	Medias	n	E.E.	
103	2,23	12	0,08	A
77	1,32	12	0,08	B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,19111

Error: 0,0737 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Urea	1,80	18	0,08 A
S/urea	1,75	18	0,08 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,34841**

Error: 0,0737 gl: 20

DPS	Tratamiento	Medias	n	E.E.
103	Urea	2,33	6	0,11 A
103	S/urea	2,13	6	0,11 A
77	S/urea	1,37	6	0,11 B
77	Urea	1,27	6	0,11 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)Anexo No. 21. Análisis de varianza de macollos/m²

Variable	N.	R ² .	R ² Aj.	CV.
No. macollos/m ²	24	0,31	0,21	43,92

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C.	gl.	CM.	F.	p-valor
Modelo	94565,35	3	31521,78	3,06	0,0518
Tratamiento	426,73	1	426,73	0,04	0,8407
DPS	93001,50	1	93001,50	9,03	0,0070
Tratamiento*DPS	1137,13	1	1137,13	0,11	0,7431
Error	205905,04	20	10295,25		
Total	300470,39	23			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=71,44322

Error: 10295,2520 gl: 20

DPS	Medias	n	E.E.
103	293,27	12	29,29 A
77	168,77	12	29,29 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=72,15911

Error: 10295,2520 gl: 20

DPS	Medias	n	E.E.
S/urea	235,23	12	29,29 A
Urea	226,80	12	29,29 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=130,24801**

Error: 10295,2520 gl: 20

Tratamiento	DPS	Medias	n	E.E.
Urea	103	295,93	6	41,42 A
S/urea	103	290,60	6	41,42 A
S/urea	77	179,87	6	41,42 A
Urea	77	157,67	6	41,42 A

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

Anexo No. 22. Análisis de varianza del peso de macollos

Variable	N.	R ² .	R ² Aj.	CV.
Peso de macollos (g)	24	0,05	0,00	83,99

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C.	gl.	CM.	F.	p-valor
Modelo	0,05	3	0,02	0,36	0,7830
Tratamiento	0,05	1	0,05	1,06	0,3166
DPS	5,0E-07	1	5,0E-07	1,1E-05	0,9974
Tratamiento*DPS	1,0E-03	1	1,0E-03	0,02	0,8821
Error	0,93	20	0,05		
Total	0,98	23			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,09960

Error: 0,0465 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
S/urea	0,30	12	0,06 A
Urea	0,21	12	0,06 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,15333

Error: 0,0465 gl: 20

DPS	Medias	n	E.E.
103	0,26	12	0,06 A
77	0,26	12	0,06 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,27677**

Error: 0,0310 gl: 30

Tratamiento	DPS	Medias	n	E.E.
S/urea	77	0,31	6	0,09 A
S/urea	103	0,30	6	0,09 A
Urea	103	0,22	6	0,09 A
Urea	77	0,20	6	0,09 A

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

Anexo No. 23. Análisis estadístico del número de tallos de leguminosas/m² (lotus+ trébol blanco) según nivel de fertilización a través del tiempo.

Tallos totales de leguminosas/m² “0 UN” a través del tiempo

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	327773,766	327773,766	15,8909693	0,00106208
Residuos	16	330022,678	20626,4174		
Total	17	657796,444			

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,705897
Coeficiente de determinación R ²	0,49829057
R ² ajustado	0,46693373
Error típico	143,619001
Observaciones	18

Tallos totales de leguminosas/m² "32 UN" a través del tiempo

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	410217,646	410217,646	36,3612255	1,7501E-05
Residuos	16	180507,732	11281,7332		
Total	17	590725,378			

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0,83332489
Coeficiente de determinación R ²	0,69443038
R ² ajustado	0,67533227
Error típico	106,215504
Observaciones	18

Anexo No. 24. Análisis de varianza del número de tallos de lotus/m²

Variable	N.	R ² .	R ² Aj.	CV.
No. tallos de lotus/m ²	36	0,52	0,44	63,74

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C.	gl.	CM.	F.	p-valor
Modelo	95109,10	5	19021,82	6,44	0,0004
DSP	90199,26	2	45099,63	15,26	<0,0001
Tratamiento	1305,62	1	1305,62	0,44	0,5114
DSP*tratamiento	3604,22	2	1802,11	0,61	0,5501
Error	88670,13	30	2955,67		
Total	183779,24	35			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=47,35288

Error: 2955,6711 gl: 30

DPS	Medias	n	E.E.
103	133,30	12	15,69 A
77	106,33	12	15,69 A
54	16,23	12	15,69 B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=30,75781

Error: 2955,6711 gl: 30

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Urea	91,31	18	12,81 A
S/urea	79,27	18	12,81 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=85,47248**

Error: 2955,6711 gl: 30

DSP	Tratamiento	Medias	n	E.E.
103	Urea	144,93	6	22,19 A
103	S/urea	121,67	6	22,19 A
77	Urea	120,80	6	22,19 A
77	S/urea	91,87	6	22,19 A B
54	S/urea	24,27	6	22,19 B
54	Urea	8,20	6	22,19 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)Anexo No. 25. Análisis de varianza del número de tallos de trébol blanco/m²

Variable	N.	R ² .	R ² Aj.	CV.
No. tallos de trébol blanco/m ²	36	0,60	0,53	66,81

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C.	gl.	CM.	F.	p-valor
Modelo	344816,29	5	68963,26	8,85	<0,0001
Tratamiento	880,11	1	880,11	0,11	0,7392
DPS	343551,37	2	171775,68	22,04	<0,0001
Tratamiento*DPS	384,81	2	192,40	0,02	0,9756
Error	233833,04	30	7794,43		
Total	578649,33	35			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=49,94818

Error: 7794,4347 gl: 30

Tratamiento	Medias	n	E.E.
S/urea	137,09	18	20,81 A
Urea	127,20	18	20,81 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=76,89722

Error: 7794,4347 gl: 30

DPS	Medias	n	E.E.
103	238,73	12	25,49 A
77	154,97	12	25,49 B
54	2,73	12	25,49 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=138,80035**

Error: 7794,4347 gl: 30

Tratamiento	DPS	Medias	n	E.E.
S/urea	103	241,27	6	36,04 A
Urea	103	236,20	6	36,04 A
S/urea	77	164,53	6	36,04 A
Urea	77	145,40	6	36,04 A
S/urea	54	5,47	6	36,04 B
Urea	54	0,00	6	36,04 B

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

Anexo No. 26. Análisis de varianza de número de hojas de festuca/planta

Variable	N.	R ² .	R ² Aj.	CV.
No. hojas de festuca/planta	36	0,90	0,88	7,09

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C.	gl.	CM.	F.	p-valor
Modelo	9,32	5	1,86	54,10	<0,0001
Tratamiento	0,01	1	0,01	0,29	0,5940
DPS	9,26	2	4,63	134,42	<0,0001
Tratamiento*DPS	0,05	2	0,02	0,68	0,5155
Error	1,03	30	0,03		
Total	10,35	35			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,10500

Error: 0,0344 gl: 30

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Urea	2,63	18	0,04 A
S/urea	2,60	18	0,04 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,16165

Error: 0,0344 gl: 30

DPS	Medias	n	E.E.
103	3,00	12	0,05 A
77	2,95	12	0,05 A
54	1,90	12	0,05 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,29178**

Error: 0,0344 gl: 30

Tratamiento	DPS	Medias	n	E.E.
Urea	103	3,00	6	0,08 A
S/urea	103	3,00	6	0,08 A
S/urea	77	2,97	6	0,08 A
Urea	77	2,97	6	0,08 A
Urea	54	1,97	6	0,08 B
S/urea	54	1,83	6	0,08 B

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

Anexo No. 27. Análisis de varianza de número de hojas de trébol blanco/planta

Variable	N.	R ² .	R ² Aj.	CV.
No. hojas de trébol blanco/planta	36	0,90	0,88	7,75

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C.	gl.	CM.	F.	p-valor
Modelo	10,42	5	2,08	52,39	<0,0001
DPS	10,30	2	5,15	129,50	<0,0001
Tratamiento	0,09	1	0,09	2,26	0,1430
DPS*tratamiento	0,03	2	0,01	0,34	0,7178
Error	1,19	30	0,04		
Total	11,61	35			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,17372

Error: 0,0398 gl: 30

DPS	Medias	n	E.E.
103	2,98	12	0,06 A
77	2,92	12	0,06 A
54	1,82	12	0,06 B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,11284

Error: 0,0398 gl: 30

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Urea	2,62	18	0,05 A
S/urea	2,52	18	0,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,31356**

Error: 0,0398 gl: 30

DPS	Tratamiento	Medias	n	E.E.
103	Urea	3,00	6	0,08 A
77	Urea	3,00	6	0,08 A
103	S/urea	2,97	6	0,08 A
77	S/urea	2,83	6	0,08 A
54	Urea	1,87	6	0,08 B
54	S/urea	1,77	6	0,08 B

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

Anexo No. 28. Análisis de varianza de número de hojas de lotus/planta

Variable	N.	R ² .	R ² Aj.	CV.
No. hojas de lotus/planta	36	0,56	0,49	24,42

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C.	gl.	CM.	F.	p-valor
Modelo	12,02	5	2,40	7,70	0,0001
DPS	11,96	2	5,98	19,14	<0,0001
Tratamiento	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
DPS*tratamiento	0,06	2	0,03	0,10	0,9087
Error	9,37	30	0,31		
Total	21,40	35			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,48686

Error: 0,3124 gl: 30

DPS	Medias	n	E.E.
103	2,80	12	0,16 A
77	2,58	12	0,16 A
54	1,48	12	0,16 B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,31624

Error: 0,3124 gl: 30

Tratamiento	Medias	n	E.E.
S/urea	2,29	18	0,13 A
Urea	2,29	18	0,13 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,87879**

Error: 0,3124 gl: 30

DPS	Tratamiento	Medias	n	E.E.
103	Urea	2,80	6	0,23 A
103	S/urea	2,80	6	0,23 A
77	S/urea	2,63	6	0,23 A
77	Urea	2,53	6	0,23 A
54	Urea	1,53	6	0,23 B
54	S/urea	1,43	6	0,23 B

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

Anexo No. 29. Análisis de varianza de la composición botánica de la pastura (%)

***Festuca arundinacea* (%)**

Variable	N.	R ² .	R ² Aj.	CV.
<i>Festuca arundinacea</i> (%)	36	0,05	0,00	39,41

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C.	gl.	CM.	F.	p-valor
Modelo	382,92	5	76,58	0,33	0,8918
Tratamiento	30,25	1	30,25	0,13	0,7212
Fecha	235,50	2	117,75	0,50	0,6086
Tratamiento*fecha	117,17	2	58,58	0,25	0,7795
Error	6995,83	30	233,19		
Total	7378,75	35			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=8,63946

Error: 233,1944 gl: 30

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Urea	39,67	18	3,60 A
S/urea	37,83	18	3,60 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=13,30079

Error: 233,1944 gl: 30

<u>Fecha</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
30/07/2018	41,75	12	4,41 A
22/08/2018	39,00	12	4,41 A
17/09/2018	35,50	12	4,41 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=24,00807**

Error: 233,1944 gl: 30

<u>Tratamiento</u>	<u>Fecha</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Urea	30/07/2018	44,83	6	6,23 A
S/urea	22/08/2018	40,33	6	6,23 A
S/urea	30/07/2018	38,67	6	6,23 A
Urea	22/08/2018	37,67	6	6,23 A
Urea	17/09/2018	36,50	6	6,23 B
S/urea	17/09/2018	34,50	6	6,23 B

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

<u>Variable</u>	<u>N.</u>	<u>R².</u>	<u>R² Aj.</u>	<u>CV.</u>
Gramíneas espontáneas (%)	36	0,11	0,00	149,20

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>S.C.</u>	<u>gl.</u>	<u>CM.</u>	<u>F.</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	13,81	5	2,76	0,73	0,6082
Tratamiento	12,25	1	12,25	3,23	0,0824
Fecha	0,39	2	0,19	0,05	0,9501
Tratamiento*fecha	1,17	2	0,58	0,15	0,8582
Error	113,83	30	3,79		
Total	127,64	35			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,10205

Error: 3,7944 gl: 30

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Urea	1,89	18	0,46 A
S/urea	0,72	18	0,46 B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,69665

Error: 3,7944 gl: 30

<u>Fecha</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
22/08/2018	1,42	12	0,56 A
17/09/2018	1,33	12	0,56 A
30/07/2018	1,17	12	0,56 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=3,06247**

Error: 3,7944 gl: 30

<u>Tratamiento</u>	<u>Fecha</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Urea	30/07/2018	2,00	6	0,80 A
Urea	17/09/2018	1,83	6	0,80 A
Urea	22/08/2018	1,83	6	0,80 A
S/urea	22/08/2018	1,00	6	0,80 A
S/urea	17/09/2018	1,83	6	0,80 A
S/urea	30/07/2018	0,33	6	0,80 A

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

<u>Variable</u>	<u>N.</u>	<u>R².</u>	<u>R² Aj.</u>	<u>CV.</u>
<i>Trifolium repens</i> (%)	36	0,14	0,00	70,72

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>S.C.</u>	<u>gl.</u>	<u>CM.</u>	<u>F.</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1290,92	5	258,18	0,99	0,4410
Tratamiento	222,01	1	222,01	0,85	0,3638
Fecha	1052,99	2	526,49	2,02	0,1508
Tratamiento*fecha	15,92	2	7,96	0,03	0,9700
Error	7833,43	30	261,11		
Total	9124,35	35			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=9,14203

Error: 261,1144 gl: 30

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
S/urea	25,33	18	3,81 A
Urea	20,37	18	3,81 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=14,07453

Error: 261,1144 gl: 30

<u>Fecha</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
17/09/2018	28,55	12	4,66 A
22/08/2018	24,42	12	4,66 A
30/07/2018	15,58	12	4,66 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=25,40468**

Error: 261,1144 gl: 30

<u>Tratamiento</u>	<u>Fecha</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
S/urea	17/09/2018	30,67	6	6,60 A
S/urea	22/08/2018	27,83	6	6,60 A
Urea	17/09/2018	26,43	6	6,60 A
Urea	22/08/2018	21,00	6	6,60 A
S/urea	30/07/2018	17,50	6	6,60 A
Urea	30/07/2018	13,67	6	6,60 A

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

<u>Variable</u>	<u>N.</u>	<u>R².</u>	<u>R² Aj.</u>	<u>CV.</u>
<i>Lotus corniculatus</i> (%)	36	0,23	0,10	63,51

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>S.C.</u>	<u>gl.</u>	<u>CM.</u>	<u>F.</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	59,78	5	11,96	1,77	0,1487
Tratamiento	43,56	1	43,56	6,46	0,0164
Fecha	11,82	2	5,91	0,88	0,4268
Tratamiento*fecha	4,41	2	2,20	0,33	0,7238
Error	202,33	30	6,74		
Total	262,12	35			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=1,46927

Error: 6,7444 gl: 30

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Urea	5,19	18	0,61 A
S/urea	2,99	18	0,61 B

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=2,26199

Error: 6,7444 gl: 30

<u>Fecha</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
22/08/2018	4,57	12	0,75 A
30/07/2018	4,42	12	0,75 A
17/09/2018	3,28	12	0,75 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=4,08292**

Error: 6,7444 gl: 30

<u>Tratamiento</u>	<u>Fecha</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Urea	22/08/2018	6,00	6	1,06 A
Urea	30/07/2018	5,67	6	1,06 A
Urea	17/09/2018	3,90	6	1,06 A
S/urea	30/07/2018	3,17	6	1,06 A
S/urea	22/08/2018	3,13	6	1,06 A
S/urea	17/09/2018	2,67	6	1,06 A

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

<u>Variable</u>	<u>N.</u>	<u>R².</u>	<u>R² Aj.</u>	<u>CV.</u>
Malezas (%)	36	0,06	0,00	49,73

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>S.C.</u>	<u>gl.</u>	<u>CM.</u>	<u>F.</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	509,54	5	101,91	0,38	0,8604
Tratamiento	1,07	1	1,07	4,0E-03	0,9503
Fecha	293,14	2	146,57	0,54	0,5870
Tratamiento*fecha	215,34	2	107,67	0,40	0,6749
Error	8108,77	30	270,29		
Total	8618,31	35			

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=9,30131

Error: 270,2922 gl: 30

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
S/urea	33,23	18	3,88 A
Urea	32,89	18	3,88 A

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

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=14,31974

Error: 270,2922 gl: 30

<u>Fecha</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
30/07/2018	37,08	12	4,75 A
17/09/2018	31,33	12	4,75 A
22/08/2018	30,77	12	4,75 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=25,84729**

Error: 270,2922 gl: 30

<u>Tratamiento</u>	<u>Fecha</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
S/urea	30/07/2018	40,33	6	6,71 A
Urea	30/07/2018	33,83	6	6,71 A
Urea	22/08/2018	33,50	6	6,71 A
Urea	17/09/2018	31,33	6	6,71 A
S/urea	17/09/2018	31,33	6	6,71 A
S/urea	22/08/2018	28,03	6	6,71 A

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

<u>Variable</u>	<u>N.</u>	<u>R².</u>	<u>R² Aj.</u>	<u>CV.</u>
Restos secos (%)	36	sd	sd	sd

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>S.C.</u>	<u>gl.</u>	<u>CM.</u>	<u>F.</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	0,00	5	0,00	sd	sd
Tratamiento	0,00	1	0,00	sd	sd
Fecha	0,00	2	0,00	sd	sd
Tratamiento*fecha	0,00	2	0,00	sd	sd
Error	0,00	30	0,00		
Total	0,00	35			