

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA EN LA PRODUCTIVIDAD DE  
SEGUNDO AÑO DE UN MEJORAMIENTO EN COBERTURA DE *Trifolium*  
*repens*  
y *Trifolium pratense*

por

Fernando OLAIZOLA  
Santiago SOARES DE LIMA  
Alejandro VELICHCO

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2015

Tesis aprobada por:

Director: -----  
Ing. Agr. Esp. MSc. Ramiro Zanoniani

-----  
Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano

-----  
Ing. Agr. MSc David Silveira

Fecha: 25 de setiembre de 2015

Autores: -----  
Fernando OLAIZOLA BELOQUI

-----  
Santiago Martin SOARES DE LIMA GOMEZ DE MENEZES

-----  
Alejandro VELICHCO ECHENAGUSÍA

## AGRADECIMIENTOS

Al director de la tesis Ing. Agr. Ramiro Zanoniani por darnos la posibilidad de realizar esta tesis y por el apoyo brindado.

Al Ing. Agr. Pablo Boggiano por los aportes conceptuales brindados durante el desarrollo del trabajo.

Agradecemos especialmente a nuestras familias y amigos por el apoyo brindado a lo largo de toda la carrera.



2.4.7.	<u>Requerimientos de fósforo de las leguminosas y su eficiencia de uso</u> .....	28
2.4.8.	<u>Influencia de la fertilización fosfatada en la producción de forraje</u> .....	29
2.4.9.	<u>Respuesta a la fertilización fosfatada en mejoramientos extensivos</u> .....	29
2.5.	MANEJO DEL PASTOREO .....	31
2.5.1.	<u>Manejo estacional para el mejoramiento establecido</u> .....	31
2.5.2.	<u>Defoliación y parámetros que la afectan</u> .....	32
2.5.2.1.	Intensidad .....	33
2.5.2.2.	Frecuencia .....	34
2.5.2.3.	Carga animal .....	34
2.5.2.4.	Selección .....	35
2.5.2.5.	Método de pastoreo y evolución del tapiz .....	35
2.5.2.6.	Persistencia .....	37
2.5.2.7.	Dinámica de leguminosas bajo pastoreo .....	37
2.6.	PRODUCCIÓN ANIMAL EN MEJORAMIENTOS EXTENSIVOS.....	39
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	40
3.1	CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES.....	40
3.1.1.	<u>Localización y período experimental</u> .....	40
3.1.2.	<u>Descripción del área experimental</u> .....	40
3.1.3.	<u>Antecedentes del área experimental</u> .....	40
3.1.4.	<u>Información climatológica</u> .....	41
3.1.5.	<u>Descripción del experimento</u> .....	41
3.1.6.	<u>Diseño experimental</u> .....	42
3.2.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	42
3.2.1.	<u>Variables evaluadas</u> .....	43
3.2.1.1.	Disponibilidad de materia seca .....	43
3.2.1.2.	Altura del forraje disponible.....	43
3.2.1.3.	Composición botánica .....	43
3.2.1.4.	Producción de peso vivo por hectárea .....	44
3.2.1.5.	Ganancia media diaria .....	44
3.3.	HIPÓTESIS .....	44
3.3.1.	<u>Hipótesis biológicas</u> .....	44
3.3.2.	<u>Hipótesis estadísticas</u> .....	44
3.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	44
3.4.1.	<u>Modelo estadístico</u> .....	44
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	45
4.1.	DATOS METEOROLÓGICOS .....	45
4.2.	CANTIDAD, ALTURA Y EVOLUCIÓN DEL FORRAJE DISPONIBLE .49	
4.2.1.	<u>Cantidad de forraje disponible</u> .....	49

4.2.2. <u>Altura de forraje disponible</u> .....	50
4.2.3. <u>Evolución del forraje disponible</u> .....	51
4.3. <u>COMPOSICIÓN BOTÁNICA</u> .....	52
4.4. <u>PRODUCCIÓN ANIMAL</u> .....	59
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	65
5.1. <u>CONSIDERACIONES FINALES</u> .....	65
6. <u>RESUMEN</u> .....	66
7. <u>SUMMARY</u> .....	67
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	68
9. <u>ANEXOS</u> .....	77

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Niveles críticos de fósforo para leguminosas forrajeras utilizadas en el país .....	29
2. Cantidad de forraje disponible promedio.....	50
3. Altura promedio del forraje disponible.....	50
4. Niveles óptimos de luz para máximas tasas de crecimiento relativo en diferentes especies.....	55
5. Contribución de la fracción leguminosa en kg/Ms/ha en el disponible promedio. ....	57
6. Producción animal por hectárea .....	61
7. Ganancia individual (kg/animal/día) .....	62
Figura No.	
1. Preparación del tapiz natural. ....	14
2. Localización del experimento.....	42
3. Registro de precipitaciones.....	45
4. Precipitaciones de veranos anteriores. ....	46
5. Balance hídrico .....	47
6. Temperaturas medias mensuales del período y medias históricas .....	48
7. Temperaturas mínimas y máximas medias del período y medias históricas .....	49
8. Evolución del forraje disponible .....	51
9. Relación entre forraje disponible y temperatura media .....	52
10. Composición botánica en %.....	53

11. Evolución del componente leguminosa .....	57
12. Evolución del peso vivo .....	60
13. Relación entre peso vivo y temperatura media .....	62



## 1. INTRODUCCIÓN

Las pasturas naturales en el Uruguay representan la riqueza básica del país y su función no sólo consiste en proteger el suelo, sino que también constituyen el primer recurso forrajero para la producción pecuaria (Carámbula, 1996). Ellas ocupan alrededor 14,5 millones de hectáreas, lo que representa una 64,3 % de la superficie del país (MGAP. DIEA, 2011).

En Uruguay existe una alta variabilidad en cuanto a suelos y clima, lo que hace, que la producción de las pasturas naturales se vea muchas veces limitada, y además se presente con una marcada estacionalidad. Esto último se acentúa principalmente por la presión que ejerce el pastoreo sobre aquellas especies de tipo productivo tierno-fino de producción invernal, generando que la producción de forraje en esta estación crítica del año se vea afectada (Bermúdez y Ayala, 2005).

La falta del ajuste de carga y el método de pastoreo continuo que prima en el país ponen en muy malas condiciones a las pasturas naturales para poder ofrecer forraje en cantidad y calidad a la altura de su potencial (Carámbula, 1996).

En nuestro país el pastoreo continuo con cargas relativamente elevadas y fijas a lo largo del año, ha contribuido a la predominancia de especies rastreras estivales (que escapan a la cosecha del animal) y a aumentar el área ocupada por malezas enanas y de alto porte, lo que ha provocado una importante y continua pérdida de especies finas, principalmente invernales. Esta erosión genética es frecuentemente poco perceptible ya que muchas veces sólo desaparecen los eco-tipos más productivos de la especie, quedando ésta representada por plantas con hábitos de crecimiento más postrados, con mayor concentración del forraje a nivel del suelo, con ciclos de crecimiento más cortos, en los que la prioridad es la etapa reproductiva frente a la producción de hojas (Mc Naughton, Sala et al., citados por Saldanha, 1990).

Por otra parte a su vez las pasturas naturales presentan algunas limitantes para la producción pecuaria, destacándose la predominancia de especies ordinarias, ausencia parcial de leguminosas y la acentuación de diferencias en la producción de materia seca a lo largo del año, producto de la variación estacional (Minson, citado por Millot et al., 1987).

Así, los mejoramientos en cobertura son una buena alternativa para cumplir con objetivos que aminoren limitantes del campo natural ya mencionadas, además de contar con la ventaja de tener menores costos de

producción que otras alternativas forrajeras. En nuestro país su uso se extiende principalmente en zonas más extensivas en donde las condiciones edáficas para la implantación de pasturas sembradas y las tecnologías de producción son muchas veces limitantes (Risso et al., 2002a).

A diferencia de lo que ocurre con la implantación normal de las pasturas cultivadas, tanto perennes como anuales, en las que es necesaria la destrucción total del tapiz natural, en las siembras en cobertura este se mantiene presente. El tapiz donde se sembrara el mejoramiento debe ser preparado con antelación para lograr el debilitamiento momentáneo de la vegetación, pero evitando que se genere un tapiz rastrero y entramado que competirá con las especies sembradas, como ocurriría con excesos en el pastoreo (Carámbula et al., 1994).

La bibliografía consultada brinda información consistente en cuanto a la respuesta obtenida al modificar la variable fertilización fosfatada tanto en la implantación como en la producción de forraje y persistencia de las pasturas.

Esta práctica va en línea con la principal deficiencia que presentan los campos donde el recurso mejoramiento de campo es llevado a cabo en mayor proporción que en zonas más fértiles.

En este contexto, el objetivo planteado en este trabajo fue el de investigar el efecto de la fertilización fosfatada en la productividad de segundo año de un mejoramiento en cobertura con *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS ESPECIES SEMBRADAS

#### 2.1.1. Generalidades del género *Trifolium*

Las leguminosas constituyen componentes invaluableles de las pasturas. Sus propiedades de “dadoras” de nitrógeno y su alto valor nutritivo, especialmente por sus proteínas y minerales, las ubican como elementos imprescindibles en la producción de forraje. Este aspecto es tan real que, como se ha expresado oportunamente, dar con la leguminosa apropiada para cada circunstancia específica es asegurarse el éxito de la pastura (Carámbula, 2002a).

Las leguminosas del genero *Trifolium* presentan mayores niveles de proteína cruda que las gramíneas presentes en nuestras pasturas. Presentan niveles de proteína cruda de 10,1% y 19,3% para campo natural y mejoramientos extensivos con inclusión de leguminosas, respectivamente, lo cual cuantifica la mejora en la calidad de la dieta ofrecida a los animales (Ayala et al., 1996a).

Por un lado, las especies de este género presentan una alta apetecibilidad y digestibilidad para el animal debido a su mayor relación contenido celular/pared que las gramíneas. Esto promueve un mayor consumo, resultado de la mayor velocidad de digestión que genera un aumento de pasaje por tracto. Presenta además un alto valor nutritivo dado por el tenor de proteína y minerales (Mg y Ca), menor fibra y mayor proporción de carbohidratos solubles (Carámbula, 2002a).

#### 2.1.2. Generalidades de la especie *Trifolium repens*

El trébol blanco, es una de las más importantes leguminosas forrajeras de clima templado. Es una especie de alto valor nutritivo y que por su hábito postrado está muy bien adaptada al pastoreo (García, 1996).

Es una leguminosa estolonífera, perenne inercial que en condiciones particulares de verano puede comportarse como anual, bianual o de vida corta. Su pico de producción se sitúa en primavera, se adapta perfectamente a condiciones de buena oferta hídrica y veranos con temperaturas moderadas. Es una especie que integra las mejores praderas del mundo (Carámbula, 2002a).

La plántula de trébol blanco desarrolla inicialmente una raíz pivotante y un tallo principal. Pasado cierto período comienza a producir estolones que se desarrollan radialmente, los que a su vez desarrollan raíces adventicias en sus nudos. La raíz primaria normalmente muere entre el primer y el segundo año, y a partir de ese momento la sobrevivencia de la planta depende de las raíces adventicias de los estolones, las que normalmente se concentran en los primeros 15 centímetros del suelo (García, 1996).

A causa de esto, los problemas de sequía pueden afectar la población de estolones y por lo tanto la presencia de esta especie en praderas y mejoramientos quedaría condicionada por el reclutamiento de nuevas plantas a partir de resiembra (Carámbula, 2002a).

La gran adaptación del trébol blanco al manejo intenso y los altos rendimientos de materia seca que produce, se debe a que posee cinco atributos muy positivos: porte rastrero, meristemas contra el suelo, índice de área foliar (IAF) bajo, hojas jóvenes ubicadas en el estrato inferior y hojas mayores en el superior. El manejo ideal de pastoreo para esta especie sería rotativo con frecuencias de 12 a 15 cm en invierno, y de 18 cm en primavera a una intensidad de 3 a 5 cm respectivamente (Carámbula, 2002a).

*Trifolium repens* presenta plasticidad fenotípica ya que frente a incrementos en la presión de pastoreo modifica su morfología y la estructura de la población para mantener un crecimiento relativamente constante (homeostático). La plasticidad frente a incrementos en la defoliación se manifiesta modificando el largo de los pecíolos y el tamaño de los folíolos (Escuder et al., citados por Guggeri et al., 2012).

Brock, citado por Escuder et al. (1987), observó que los cultivares de *Trifolium repens* de porte alto y folíolos grandes mantenían un porcentaje alto de plantas con pastoreo rotativo, pero disminuían con pastoreo continuo, mientras que los cultivares de folíolos pequeños, por el contrario, mostraban mayor plasticidad al reducir la longitud de los pecíolos y el tamaño de los folíolos, para mantener un equilibrio en la formación y pérdida de hojas por la defoliación.

En cuanto a su valor nutritivo y su valor de fijar nitrógeno en cantidades muy importantes se puede decir que trébol blanco presenta caracteres destacables como forrajera. En contra partida encontramos en el fenómeno del meteorismo un obstáculo a ser resuelto en la utilización de esta especie (Carámbula, 2002a).

Los cultivares de trébol blanco se agrupan o clasifican en tipos asociados a determinadas características. El tamaño de hoja ha sido el principal carácter de diferenciación y normalmente se reconocen tres grandes grupos, según sean de hoja pequeña, intermedia o grande (García, 1996).

En general se considera que el tamaño de hoja ha resultado satisfactorio como elemento de clasificación, pero debe tenerse en cuenta que es un carácter de variación continua cuya expresión completa depende del fotoperiodo y la temperatura (García, 1996).

Hay importantes caracteres asociados al tamaño de hoja. Los de hoja grande tienen en general menor número de estolones pero estolones más gruesos y son más erectos que los de hoja pequeña, que son muy postrados y estoloníferos. Otro elemento importante es el sistema radicular: los de hoja pequeña tienen raíces fibrosas y superficiales, mientras que los de hoja grande tienen un sistema radicular más profundo con raíces pivotantes primarias y secundarias (García, 1996).

Para las condiciones de Uruguay, se ha tratado de desarrollar e insistir con cultivares de hoja media. Estos tendrían una aceptable producción de forraje pero inferior a los de hoja grande pero con una producción de semilla aceptable también que permite contar con la resiembra en casos de antigüedad de la pastura o mejoramiento o por problemas de déficit hídrico (Carámbula, 2002a).

En un experimento realizado por Díaz et al., citados por García (1996), desde 1972-1992, encontraron en nuestro país una distribución estacional en la producción de forraje en *Trifolium repens* de 52%, 13%, 12% y 23% en primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente. Los mismos autores, presentan que durante el primer año la producción es mínima en otoño-invierno y se concentra entre octubre y diciembre. En el segundo año, las mayores tasas de crecimiento se registraron desde marzo a octubre, lográndose la máxima tasa de crecimiento en el mes de octubre con valores de 46 kg MS/ha/día.

#### 2.1.2.1. Cultivar Zapicán

El Zapicán es un cultivar nacional de hoja intermedia, con muy buena producción invernal, de floración temprana y buena producción de semilla. Al ser de hoja intermedia presenta baja cianogénesis, es decir glucósidos que por hidrólisis enzimática liberan ácido cianhídrico (García, 1996).

Dentro de los cultivares de tipo intermedio evaluados a nivel nacional es el que presenta mayor floración, y mayor producción, con tasas ligeramente

superiores durante otoño-invierno frente al cultivar Regal (su principal competidor, de tipo ladino) (García, 1996).

### 2.1.3. Generalidades de la especie *Trifolium pratense*

El trébol rojo es una leguminosa bianual que se puede comportar como trianual o perenne. Requiere suelos moderadamente fértiles de texturas medias a pesadas pero con buen drenaje. Esta especie tolera pH más ácidos que *Medicago sativa*, aunque si las condiciones son más adversas aún, no se adapta tanto como *Trifolium repens* (Carámbula, 2002a).

Dentro de las leguminosas se destaca por el buen vigor inicial y rápido establecimiento, una excelente implantación cuando las siembras se realizan en otoño temprano (marzo-abril). Esta especie ha demostrado tener una buena implantación tanto en siembras convencionales como en siembra directa, y admite una mayor amplitud de fechas de siembra que se puede extender hasta agosto inclusive (Ayala et al., 2010).

Presenta entre otras ventajas, alta capacidad de fijar nitrógeno, ofrecer forraje de forma temprana, alto valor nutritivo y muy apropiado para siembras asociadas, debido a su gran tolerancia a la sombra (Carámbula, 2002a).

La inclusión de esta leguminosa en el sistema mejora el balance de nitrógeno a través de la fijación biológica de este nutriente. Mejora la productividad de los cereales incluidos en la rotación de cultivos y de las gramíneas que componen las praderas mixtas, explotando así las ventajas de ambas familias (Carámbula, 1977).

Según Carámbula (2002a), entre sus debilidades se podría destacar la problemática que tiene con el pastoreo excesivo debido a su corona superficial, alta susceptibilidad de enfermedades de corona y raíz, alto riesgo de meteorismo y no se resiembra naturalmente.

En *Trifolium pratense* la persistencia depende en buena medida de la perennidad de la planta original, dado que la resiembra natural es errática (García, 1992).

Presenta una escasa persistencia debido a la muerte de plantas por marchitez y podredumbre radicular, fundamentalmente causadas por hongos del género *Fusarium* (Rebuffo y Altier, 1996).

Con respecto a su manejo bajo régimen de pastoreo, esta especie se adapta a pastoreos intensos (5cm.) pero poco frecuentes (18-24cm. o 60 días).

Esta especie se clasifica en tres tipos, floración temprana, intermedia o tardía teniendo una diferencia de hasta un mes entre los primeros y los últimos (Carámbula, 2002a).

Su producción de materia seca en dos años puede alcanzar las 17 tt/ha/año teniendo una distribución de 10%, 15%, 50%, 25% en otoño, invierno, primavera y verano respectivamente (Carámbula 2002a).

En cuanto a su desempeño en siembras en cobertura el tamaño de sus semillas permite un vigoroso crecimiento inicial y un rápido establecimiento, atributos que le otorgan ventajas competitivas en siembras en cobertura. A pesar de esto, su reducida capacidad de extenderse, sus requerimientos de manejo cuidadoso (Madero et al., citados por Urrutia, 2013) y su escasa resiembra, determinan una reducida probabilidad de persistencia en mejoramientos extensivos (Methol y Solari, citados por Urrutia, 2013).

#### 2.1.3.1 Cultivar La Estanzuela 116

El cultivar LE116 es uno de los más productivos considerando el rendimiento total de los dos primeros años (García, 1992).

En la misma línea, Rebuffo y Altier (1996), encontraron rendimientos para el primer y segundo año de 5300 y 14300 kg MS/ha respectivamente. Se trata de un cultivar con una destacada precocidad y alta producción invernal y total, característica que lo diferencia de los cultivares con latencia (Ayala et al., 2010).

Asimismo este cultivar no ha podido sortear el principal escollo que encuentra esta especie en el país que es la persistencia. Este cultivar (al igual que la mayoría de los cultivares en nuestro país) no sobrevive luego de la primavera del segundo año, consecuencia de la alta susceptibilidad al ataque de patógenos, siendo la principal causa de muerte la podredumbre de raíz. Es por esto que la producción en el tercer año tiene comportamiento errático, traduciéndose la baja persistencia en un fenómeno que contrarresta la consistente oferta de forraje durante los dos primeros años (García, 1992).

Se encuentra dentro del grupo de floración temprana (Carámbula, 2002a), y abundante siendo capaz de producir buenos rendimientos de semillas, potencial que se ve limitado en Uruguay por dificultades en la polinización con abejas (Ayala et al., 2010).

## 2.2. GENERALIDADES DEL USO DE MEJORAMIENTOS EXTENSIVOS

Según MGAP. DIEA (1998), para el 2013 el área ocupada por mejoramientos de campo natural suman un total de 642000 hectáreas, lo que representa el 4,5% del área total explotada en producción animal. Estas se conforman en 472600 has. en el sector ganadero, 133700 has. en el escenario agrícola-ganadero y 35600 has. participando en la lechería.

Los mejoramientos de campo natural constituyen una herramienta sencilla y económica para mejorar en forma sostenible la producción forrajera de los campos naturales en las áreas ganaderas del país (Risso, 1998).

Estas se ubican principalmente en las regiones de cristalino central y del este, basalto, y areniscas, donde el campo natural se destaca por su escasa y variable oferta tanto invernal como estival, así como por su baja calidad (Rebuffo et al., citados por Guggeri et al., 2012).

Los principales factores que afectan el crecimiento de las pasturas naturales son la influencia estacional (luz, temperatura, agua disponible), tipo y condición del suelo (propiedades físicas, fertilidad natural y pH), composición botánica del tapiz (genotipos), y el manejo de la defoliación (Santiñaque, 1984).

Los tapices naturales presentan una dominancia de especies perennes estivales sobre las especies perennes invernales, lo que lleva por lo tanto a una tendencia a poseer una mayor producción de forraje en el período primavera-estivo-otoño (Carámbula 1996, Olmos 1997). La predominancia de especies C4 se ha debido a que éstas están mejor adaptadas a las condiciones prevalentes de clima, suelo y manejo de la región. Como consecuencia de este comportamiento, resulta ineludible el incremento de la fertilidad y la siembra en el tapiz de nuevas especies (C3) que presenten buen crecimiento en la época de escasez, o que su forraje producido en épocas favorables pueda ser diferido en pie hacia el invierno sin perder calidad (Carámbula, 1996).

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



Los mejoramientos de campo no pretenden sustituir a las pasturas naturales sino complementarlas. Se intenta incrementar la producción de forraje, corregir la estacionalidad y mejorar la calidad del tapiz nativo (Carámbula 1977, Castro, citado por Berretta et al. 1990, Risso, citado por Berretta et al. 1990, Carámbula et al. 1994, Carámbula 1996, Berretta et al. 2001) con una mayor estabilidad en el tiempo que las pasturas cultivadas, al introducir menos modificaciones en el ecosistema y por lo tanto aumentar la productividad animal (Millot et al. 1987, Olmos 2001a).

El mejoramiento extensivo constituye una etapa intermedia entre la evolución lenta del campo, a través de los procesos de macollaje, resiembra natural y la destrucción del tapiz con el establecimiento rápido de una pastura cultivada. Por lo tanto, a través de un mejoramiento no se reemplaza la vegetación sino que sólo se la modifica favorablemente (Carámbula, 1996).

La introducción de leguminosas en los tapices naturales permite triplicar la producción de forraje sin afectar el entorno natural. Es una tecnología conservadora en el empleo de insumos que requiere una inversión inicial menor que la necesaria para una mejora convencional. Mejora la calidad del recurso suelo, a través de la incorporación de nitrógeno. Y finalmente, provoca una distorsión menor sobre el equilibrio de las especies, existiendo menores posibilidades de avances de malezas, y aún en los casos en que se pierda el mejoramiento, la situación se presenta igual o superior al punto de partida. Solamente en casos extremos puede ocurrir un avance de gramilla (Carámbula 1977, 1996, Risso, citado por Silveira 2005).

Esta vía de intensificación se podría decir que presenta algunas ventajas frente a la opción de pasturas convencionales. En primer término se destaca la economía que es ampliamente favorable para el caso de los mejoramientos, la facilidad de implementación en zonas de escasa o nula infraestructura agrícola, menor riesgo de erosión y la posibilidad de una mayor estabilidad debido a la menor distorsión del ecosistema natural (Millot et al., 1987).

#### 2.1.1. Características del tapiz vegetal

El principal componente son las gramíneas, estas alcanzan un número cercano a 400 especies (Del Puerto, citado por Carámbula, 1996). Las leguminosas y las malezas aparecen en frecuencia variable acompañando esta comunidad. El componente gramínea está constituido por dos grupos fundamentales: especies invernales (C3) y especies estivales (C4). Ambos grupos se encuentran mezclados en proporciones variables de suelo a suelo,

potrero a potrero y metro a metro, lo que da una idea de la complejidad del tapiz natural y de su manejo (Rosengurtt, citado por Carámbula, 2002a).

Esta vegetación compuesta de gramíneas C4 en su mayoría, C3, malezas y leguminosas, presupone un ambiente hostil, en cuanto a competencia de luz, nutrientes, agua y compactación para la especies introducidas con el mejoramiento (Carámbula et al., 1994).

Según Berretta (1996), el campo natural presenta deficiencias en cuanto a proteína en verano y energía en invierno. Estas limitantes pueden verse minimizadas con la utilización de los mejoramientos.

El aporte de fósforo permite lograr y mantener el stand de plantas de las leguminosas, quienes además por la fijación biológica de nitrógeno hacen un aporte de este nutriente a las gramíneas nativas, significando un aumento en la cantidad de forraje producido (Carámbula, 2002b).

Según Carámbula (1996), el valor nutritivo de las pasturas no resulta pobre en la mayoría de los casos, siendo más importante como factores limitantes la cantidad de forraje disponible y la distribución estacional de este. Pareciera ser que el principal inconveniente que deben de enfrentar los animales en pastoreo es la falta de energía, ya que los bajos rendimientos de las pasturas, especialmente en invierno restringen seriamente el consumo animal.

La digestibilidad del campo natural recorre un rango que promedia el 48% en verano a 62% en primavera, dando como promedio un 56% de digestibilidad en lo producido anualmente. Los niveles de proteína cruda que el tapiz natural ofrece según Souza, citado por Carámbula (1996) van desde 8,5 % en primavera verano hasta 12,5 en invierno.

Berretta, citado por Esteves Núñez et al. (2013), en estudios sobre campo natural de suelos de basalto en la Unidad Itapebí – Tres Arboles, determinó un contenido promedio de proteína cruda para forraje disponible de 10,1% para suelos superficiales pardos rojizos, 9,4% para suelos superficiales negros, 8,2% para suelos medios y 7,5% para suelos profundos.

La predominancia de las especies estivales sobre las invernales, lleva a una tendencia generalizada de disponer de una mayor producción de forraje en el periodo primavero-estivo-otoñal. Este comportamiento del tapiz natural estaría dado porque las especies C4 son más eficientes en la utilización del agua y del nitrógeno que las especies C3 predominantes del invierno. Esta idea se puede constatar con el análisis de que en los suelos más fértiles es donde la proporción de especies invernales se ve incrementada (Carámbula, 1996)

Las leguminosas que el tapiz natural presenta son hemicriptófitas perennes, con yemas a nivel del suelo, pero algunas son anuales como medicago, ornithopus y vicia. Muchas son de ciclo invernal o indefinido que florecen en verano, existiendo solo algunas estivales como galáctica. Las malezas predominantes componen un grupo muy grande y van desde malezas enanas hasta malezas de gran porte (Carámbula, 1996).

### 2.1.2. Nicho ecológico

Para que las especies pratenses a ser introducidas en los mejoramientos de campo puedan colonizar y extenderse sobre el tapiz natural, es imprescindible que la vegetación presente pequeños espacios, huecos o aberturas que faciliten la instalación de las nuevas plántulas (Carámbula, 1996).

Este aspecto tiene una importancia tan relevante en los mejoramientos de campo que es posible afirmar que la persistencia sostenida de una especie en determinado tapiz, sólo puede registrarse si la ocurrencia de nichos adecuados se produce en forma oportuna, con antelación y con suficiente frecuencia, con lo cual se promoverán condiciones adecuadas para una buena germinación y desarrollo de plántulas (Carámbula et al., citados por Carámbula, 1996).

Existen algunas características que identifican a los nichos y que son de gran valor por su incidencia sobre el proceso de implantación. El tamaño, la forma, el momento de formación y la duración del mismo son los de mayor importancia (Carámbula et al., citados por Carámbula, 1996).

## 2.3. IMPLANTACIÓN DE MEJORAMIENTOS EN COBERTURA

Las condiciones ambientales que deben de enfrentar los mejoramientos extensivos, difieren radicalmente de las condiciones de siembra que propone una pradera convencional. De ahí, que el mayor propósito que la preparación considera indispensable para poder realizar la siembra de un mejoramiento, sea controlar o reducir la competencia impuesta por la vegetación existente (Carámbula, 1996).

El éxito en el mejoramiento de campos es dependiente de un método de siembra adecuado, de que la combinación de especies a introducir sean las más productivas y persistentes, de que el manejo y la utilización esté relacionada con la fisiología de las especies y de que la fertilización fosfatada sea la adecuada (Morón, citado por Silvera, 2005).

Para un exitoso mejoramiento, se deben cumplir una serie de requisitos que promuevan su instalación, con una adecuación en el manejo y la utilización. La correcta planificación e implementación de esta tecnología incluye diversos pasos que se inician con la elección del potrero, afectada por: tipo de suelo (profundidad, riesgos de erosión y sequía, topografía, drenaje, pedregosidad) y tipo de tapiz (especies que lo componen, sus ciclos, sus tipos productivos y vegetativos). Se requiere además una precisa definición de los objetivos de uso del mejoramiento (para bovinos u ovinos, cría, destetes, engorde, etc.) y por tanto su dimensionamiento (Risso, citado por Urrutia, 2013).

### 2.3.1. Preparación del tapiz

En el desarrollo de un mejoramiento de campo es importante planear con anticipación su siembra, de manera de adecuar el manejo del pastoreo que se practique desde meses previo al otoño, ya que el acondicionamiento del tapiz juega un importante papel (Dowling et al., citados por Risso y Berretta, 1996).

Existen numerosos métodos para efectuar la preparación del tapiz previo a la siembra y la aplicación de unos u otros depende del tipo y cantidad de vegetación presente, de la pedregosidad, de la accesibilidad del potrero, del nivel de fertilidad, de la susceptibilidad de erosión del costo de las operaciones. Entre estos los más utilizados son el pastoreo, los métodos mecánicos, la quema y los herbicidas (Carámbula, 1996).

El aspecto más discutido desde el punto de vista agronómico es el grado de remoción del tapiz antes de la siembra, tratando de minimizar la competencia que éste ejerce sobre las especies introducidas, debido a que la supervivencia de las plántulas es dependiente de una adecuada cantidad de luz, humedad y nutrientes, los cuales están disponibles en los nichos generados más que en la pastura cerrada. Este factor es el más importante cuando se trata de siembras en cobertura (Janson et al., Howe et al., Chapman, Wedderburn et al., citados por Silvera, 2005).

El acondicionamiento del tapiz deberá regular la densidad de la cubierta vegetal, favorecer el contacto semilla suelo y disminuir la capacidad de competencia de la pastura nativa, mediante un agotamiento progresivo de las reservas de los componentes del tapiz (Risso y Berreta, 1996), de forma que el rebrote a comienzos de primavera no sea agresivo y acompañe el crecimiento de las leguminosas introducidas (Risso 1994, Arias y Paperán 2001).

Los objetivos que se persiguen al acondicionar un tapiz son, disminuir la altura y el volumen de la biomasa presente y reducir la trama que pueda presentar el tapiz a la siembra. Los escenarios de partida son diversos y para

tal realidad existen distintas opciones. Lo más adecuado y en el caso de ser por la vía del pastoreo el acondicionamiento del tapiz, se deben de iniciar los procedimientos de preparación del tapiz en la primavera anterior al otoño de la siembra. En el caso de estar sobre un escenario de tapiz bajo y entramado que no presenta nichos favorables para las semillas, lo adecuado sería efectuar pastoreos intensos y pocos frecuentes, buscando que el campo tome una postura más erecta. El objetivo es llegar a fecha de siembra con un tapiz de unos 5 cm con huecos suficientes para lograr un contacto semilla-suelo aceptable. Cuando este escenario es el de la fecha de siembra, la utilización de alguna herramienta de laboreo moderada sería lo adecuado. Cuando nos encontramos con volúmenes importantes de pastos altos en primavera, lo indicado sería generar pastoreos intensos y frecuentes. Y en caso de que encontrar esta situación en el otoño, la quema o la aplicación de herbicidas sería lo recomendable. La quema solo debería ser utilizada en casos en que el tapiz presente excesivas cantidades de restos secos y duros, no controlables mediante pastoreo. Este proceso debe llevarse a cabo en condiciones de suelo húmedo y con cierto viento que permita que el fuego corra rápidamente (Zanoniani, 1997).

Esto permite que no ocurran altas temperaturas por demasiado tiempo, lo cual es desfavorable para la vegetación existente y el banco de semillas del suelo (Carambula, 1996).

El uso de herbicidas debería reservarse para casos en que existan crecimientos extremos de la vegetación, y solo con productos que detengan el crecimiento del tapiz. De otro modo se corre el riesgo de perder mucho forraje, ocasionar la muerte de especies perennes y promover especies anuales invernales de escaso valor forrajero (Carámbula et al., 1994).

En el caso de la aplicación de herbicidas es importante tener en cuenta que ante la presencia de especies finas como *Bromus auleticus*, *Stipa setigera* y *Poa lanígera*, es muy probable de extinguirlas del tapiz<sup>1</sup>.

Según Zanoniani (1997), los procedimientos antes descritos se pueden presentar de forma gráfica como se expone en la figura No. 1.

---

<sup>1</sup> Zanoniani, R. 2011. Curso de pasturas. Paysandú, FA. EEMAC. s.p. (sin publicar).



Figura No. 1. Preparación del tapiz natural  
Fuente: Zanoniani (1997)

### 2.3.2. Elección de la especie

La elección de la especie es un factor determinante. Las especies que se utilizan para mejoramientos deben de presentar algunas características que le sean favorables a la situación edáfica, topográfica y de fertilidad que va a enfrentar. En estas siembras sobre el tapiz, la especie seleccionada debe de presentar habilidad para competir, ser tolerante a niveles nutritivos bajos, ser eficiente en la utilización del fósforo, en algunos casos tolerar acidez, tener larga estación de crecimiento, habilidad de rebrote, adecuarse al pastoreo y presentar buena persistencia por resiembra entre otras (Carámbula, 1996).

Según Risso (1998), las leguminosas mejor adaptadas a este tipo de siembra son *Lotus corniculatus*, *Lotus subbiflorus*, y *Trifolium repens*. Otras leguminosas utilizadas en el país para este tipo de mejoramientos son el *Lotus pedunculatus*, *Lotus tenuis* y *Trifolium pratense*. En caso de ser zonas inundables, la/s especie/s deberían de tolerar periodos más o menos prolongados de anegamiento. Las más utilizadas en el país para tales condiciones son *Lotus tenuis*, *Lotus maku* y *Trifolium repens*.

### 2.3.3. Método de siembra

Las leguminosas debido a su modo de germinación (epigeo) y a las fuerzas de crecimiento de la radícula que tienden a alargarla hacia su extremo, así como por la extensión del hipocótilo que eleva los cotiledones, se combinan

para empujar la semilla lejos del lugar de entrada de la radícula en el suelo. Esta situación provoca que si no existiera un contacto directo de la semilla con el suelo, sus irregularidades le brindarían cierta barrera física, las cuales restringen su movimiento al germinar. En la medida que la radícula penetre rápidamente en el suelo, se reduce la posibilidad de fallas en el establecimientos de las plántulas (Carámbula, 1996).

La siembra en el tapiz debe realizarse siempre que existan en el suelo condiciones de humedad adecuadas que favorezcan una rápida germinación y el establecimiento inmediato de las plántulas. El método de siembra que se elija de acuerdo a las condiciones particulares del potrero a mejorar, debe asegurar que exista un íntimo contacto entre las semillas y el suelo (Campbell, citado por Carámbula, 1996).

El uso de cualquier método de siembra no origina diferencias significativas en los resultados finales, siempre y cuando se aplique en forma correcta. El éxito obtenido pasa en la mayoría de los casos por la ocurrencia de condiciones climáticas favorables post-siembra. Cada método ofrece ventajas y desventajas, la elección de cuál utilizar va a depender del tipo de suelo, especies predominantes, tipo de tapiz, condiciones de humedad a la siembra, aspectos económicos y disponibilidad de maquinaria (Millot et al., citados por Olmos 2001a, 2001b).

Esto concuerda con lo que dice Olmos (2001a), que cuando las especies se encuentran bien adaptadas a la región o cuando las condiciones climáticas son favorables, el método de siembra se hace independiente del éxito de la implantación.

A grandes rasgos se podría decir que el método de voleo es el más adecuado para suelos con buena capacidad de almacenaje de agua y pasturas no muy cerradas (Breackwell, citado por Millot et al., 1987).

Las condiciones en que el método de zapata podría resultar más adecuado serían para el caso de escasa humedad y/o pasturas densas. Esta también presenta algunas ventajas como lo es la posibilidad de concentrar la dosis de fertilizante cercano a la semilla favoreciendo el crecimiento inicial y nodulación de la planta. Como limitante habría que destacar que sobre suelos de mal drenaje el exceso de humedad en el surco puede generar limitantes y arrastre (Millot et al., 1987).

#### 2.3.4. Época de siembra

La época de siembra de los mejoramientos de campo es más crítica que la de las siembras convencionales. El éxito de la siembra está fuertemente condicionado a las condiciones climáticas de las semanas que le siguen a esta. Niveles sostenidos de humedad y temperaturas apropiadas a nivel del suelo, entre 15 y 25 °C son condiciones óptimas para que la radícula pueda penetrar al suelo (Campbell, citado por Carámbula, 1996).

Sin embargo Olmos (2001a), hace referencia que el mes más apropiado para la siembra es abril, ya que este proporciona condiciones de humedad y temperatura aceptable para la instalación del mejoramiento. También se destaca otra ventaja muy importante para las fechas de siembra tempranas que tiene que ver con la eficiencia en la utilización del fósforo. El Uruguay como ya es sabido tiene entre otras limitantes una gran capacidad en sus suelos de fijar fósforo, por lo tanto a medida que se atrasan las fechas de siembra, más tiempo llevara la planta en llegar a tener la posibilidad de absorber este nutriente y cuanto más demore en esto más tiempo tendrá el suelo para poder fijarlo.

Según Vallentine, citado por Carámbula (1996), el espacio de tiempo entre la germinación y la penetración es crítico. Si falta humedad y el extremo de la radícula se seca esta deja de crecer y rápidamente muere; esta situación pone a la plántula en adversas condiciones de poder anclarse al suelo y queda casi totalmente dependiendo de las raíces secundarias que pueda desarrollar. Por lo tanto, un periodo de 20 a 30 días en torno de la siembra, con condiciones favorables, sería suficiente para asegurar la siembra.

Los mejoramientos pueden ser sembrados en otoño o en primavera. En el primer caso se dispone de una temperatura y luminosidad en descenso, las especies introducidas trataran de desarrollarse en estas condiciones adversas, pero debido al tiempo de oportunidad que tendrán en el campo podrán llegar en una fecha, en donde el desarrollo radicular es vital, en mejores condiciones que los mejoramientos sembrados en primavera. Estos últimos tendrán la ventaja de permitir desarrollos más acelerados de las plántulas, aumentando su competitividad, y disminuyendo el período que disponen estas para desarrollar una raíz que les permita absorber agua de niveles inferiores del suelo. Otra ventaja que presentan las siembras tempranas es la oferta de forraje que será mayor en estas que en las primaverales y a su vez permiten el alivio necesario para que se de la semillazón (Carámbula, 1996).



## 2.4. FÓSFORO Y FERTILIZACIÓN FOSFATADA

El fósforo (P) es el nutriente más importante debido a que todos los suelos del país presentan niveles naturales muy bajos de P disponible, lo cual limita el crecimiento de pasturas, especialmente de leguminosas. Esto significa que la fertilización fosfatada es un costo importante en el establecimiento y mantenimiento de pasturas sembradas. Esta fertilización puede representar el 30% del costo de establecimiento de pasturas convencionales y entre el 50% al 65% del costo total durante la vida productiva de la pastura, si se considera el mantenimiento mediante refertilizaciones anuales. En el caso de siembras en cobertura de leguminosas sobre el tapiz natural estos costos representan desde el 50% del costo de establecimiento hasta el 75-80% del costo total al considerar refertilizaciones anuales de mantenimiento (Bordoli, s.f.).

Aun cuando últimamente se presta mayor atención a la búsqueda y uso de especies con bajo requerimiento de fósforo es una realidad que la gran mayoría de los suelos del país son deficitarios en este elemento, siendo decisiva la política de fertilización que se siga, tanto en el potencial productivo como en la persistencia del mejoramiento. El objetivo de fertilizar un mejoramiento en la implantación es favorecer el establecimiento de la leguminosa y también acelerar su crecimiento para obtener una pastura vigorosa que pueda ser utilizada temprana con el consiguiente resultado económico (Millot et al., 1987).

Tanto la experiencia práctica, como la investigación científica, confirman la importancia de agregar por medio de los fertilizantes los elementos minerales necesarios para alcanzar rendimientos adecuados de forraje en las pasturas (Carámbula, 2002b).

El establecimiento de las leguminosas se ve notoriamente favorecido por la fertilización fosfatada, sin embargo se nota claramente que existen diferencias importantes entre especies. Así mientras el género lotus muestra una gran eficiencia en la utilización de ese nutriente a bajas concentraciones, el trébol blanco requiere una disponibilidad más alta (Carámbula, 1996).

### 2.4.1. El ciclo del fósforo en el suelo

Según Morón (1996), en un sistema natural, el ciclo del fósforo es virtualmente cerrado, en donde básicamente todo el nutriente utilizado por las plantas es devuelto al suelo por residuos animales y vegetales.

El ciclo que se da entre la absorción de las plantas, los desechos animales y vegetales, la mineralización e inmovilización, fijación y solubilización

generan el concepto de “turnover” biológico de este nutriente (Stevenson y Cole, 1999).

En este sistema las salidas se pueden dar por la extracción de reservas, por transferencia a través de heces fuera del área de extracción, producción animal y erosión (Morón, 1996).

Según Morón (1996), la única entrada significativa al sistema de este nutriente es por la vía de la incorporación de fertilizante fosfatado.

#### 2.4.2. Formas de fósforo en el suelo

Según Hernández (1999), el fósforo en el suelo lo podemos encontrar de forma orgánica, inorgánica y en solución.

Para Morón (1996), las plantas absorben el fósforo por las raíces desde la solución del suelo bajo las formas inorgánicas de  $H_2PO_4$  y  $HPO_4$ .

En condiciones promedio del país la concentración de P en el suelo estaría en el entorno de 25 g P/ha. Cualquier cultivo o pastura en crecimiento demandaría varias veces esta cantidad lo que genera una demanda de un flujo de reposición del nutriente desde la fase sólida (Morón, 1996).

La disponibilidad de P en los suelos está regulada por procesos geoquímicos y biológicos. En la mayoría de los ecosistemas naturales, los procesos geoquímicos determinan su distribución en el largo plazo, pero, en el corto tiempo, influyen preferentemente los procesos biológicos, ya que el P asimilable por la planta deriva de la materia orgánica (Cross y Schelesinger, 1995).

Debido a la baja solubilidad de este nutriente, las concentraciones que se encuentran en este formato son extremadamente bajas. En condición de campo natural no es factible encontrar cantidades superiores a 0,05 ppm (Hernández, 1999).

Zamalvide (1996), determina un rango que va desde 0,05ppm y 0,2 ppm lo que equivale a unos 50 g/ha en los primeros 20 cm de suelo. En este contexto cobra importancia la fracción más lábil del fósforo inorgánico que es la de menor estabilidad química para acudir a la demanda de fósforo en solución generada por las plantas.

#### 2.4.2.1. Fósforo inorgánico

El fósforo inorgánico se encuentra combinado con metales como hierro, aluminio y calcio; así como con minerales arcillosos de tipo 1:1 o 2:1. La proporción relativa de los compuestos inorgánicos de fósforo con hierro, aluminio o calcio es dependiente del pH y de la cantidad y tipo de minerales existentes en la fracción arcilla. En suelos ácidos los minerales más comúnmente encontrados son los fosfatos de hierro y aluminio mientras que en suelos calcáreos o neutros predomina el fosfato de calcio (Hernández, 1999).

A pH 6 el fosfato predomina como  $H_2PO_4^-$  (94%) frente al  $HPO_4^{2-}$  (6%), mientras que a pH 7 la relación se torna más pareja encontrándose el fosfato en un 60 % como  $H_2PO_4^-$  y como  $HPO_4^{2-}$  en un 40 % (Stevenson, citado por Whitehead, 2000).

#### 2.4.2.2. Fósforo orgánico

El P orgánico está compuesto por varias fracciones que varían desde las más fácilmente utilizables por la planta hasta las más resistentes a la mineralización. Puede representar desde un 15 al 80 % del contenido total de P en el suelo, siendo normal encontrar valores entre el 30 y 50 % en muchos suelos. Cuando se trata de suelos pobres en fósforo, la mineralización de la fracción orgánica, es importante en el reciclado ya que libera fósforo inorgánico a la solución, contribuyendo a mantener un nivel adecuado de fósforo disponible para las plantas. Algunos investigadores como Boshetti et al. (s.f.), encontraron que la cantidad de P mineralizado en suelos de regiones templadas puede alcanzar valores entre 5 a 20 kg/ha/año.

La principal fuente de fósforo orgánico está compuesta por los residuos animales y vegetales que se adicionan al suelo. La mineralización y/o inmovilización del nutriente dependerá de la relación C/P de la materia orgánica siendo su valor crítico de aproximadamente 200 (Whitehead, 2000). Hernández (1999), determina que para los suelos de Uruguay la relación C/P crítica es 170:1.

Borman y Cole, Adeptu y Corey, Tiessen et al., citados por Henriquez et al. (1992), señalan que el P orgánico constituye una reserva que es gradualmente utilizada de acuerdo al equilibrio del elemento en el suelo. En suelos altamente meteorizados el papel del P orgánico en la nutrición de las plantas es de particular importancia.

Según Rabuffetti, citado por Guggeri et al. (2012), el fósforo orgánico forma parte de la materia orgánica y varía su contenido en los suelos según el

aumento o pérdida de la misma, por esto es que es más abundante en los horizontes superficiales que en los profundos.

La relación C/P de la materia orgánica proveniente de los restos animales y vegetales es la determinante para el sentido del flujo entre la mineralización e inmovilización. En Uruguay el valor crítico de dicha relación es de aproximadamente 170:1 (Hernández, 1999).

Según Magid et al., citados por Guggeri et al. (2012), el fósforo orgánico representa más del 90% del fósforo total en los microorganismos del suelo.

García y Morón, citados por Morón (1996), determinaron en un año de seguimiento, que una rotación cultivo-pasturas tenía tres veces más cantidad de fósforo en la biomasa microbiana que un sistema continuo de cultivos sin fertilización. Su valor promedio fue de 24 Ug P/g de suelo en la biomasa microbiana.

Por esto, la biomasa microbiana presente en el suelo es de gran importancia, actuando además de como agente transformador de la materia orgánica, como fuente y depósito de nutrientes (Morón, 1996).

#### 2.4.3. Factores que afectan la disponibilidad de fósforo en el suelo

##### 2.4.3.1. Mineralización-inmovilización de fósforo

Según Hernández (1999), la predominancia de la mineralización sobre la inmovilización está regulada por la relación C/P de restos vegetales que se encuentran en descomposición en el suelo.

La mineralización del P ocurre por acción de los microorganismos del suelo, que actúan sobre estos restos vegetales, provocando mediante este proceso la liberación de fósforo en forma inorgánica. Esta mineralización se denomina neta cuando el fósforo de los restos es suficiente para cubrir los requerimientos de dichos microorganismos. De lo contrario se puede dar una inmovilización del fósforo por parte de los microorganismos provocando una competencia entre estos y las plantas. Estos procesos (mineralización e inmovilización) se encuentran en constante ocurrencia en el suelo (Whitehead, 2000).

Hernández (1999), establece que con una relación C/P por debajo a 200, el predominio sería de una mineralización de fósforo orgánico; una relación entre 200 y 300 no significaría pérdida ni ganancia de fósforo inorgánico; y

superior a los 300 estaría predominando una inmovilización de fósforo inorgánico.

El mismo autor establece que la enzima fosfatasa cataliza una reacción que favorece a la mineralización del fósforo. Esta enzima es producida tanto por algunos microorganismos como por raíces de plantas.

Tate, citado por Whitehead (2000), indica que la cantidad de fósforo mineralizado está entre 1 y 20 Kg/ha/año dependiendo del tipo de suelo.

Por otra parte en ambientes tropicales la mineralización de fósforo se encuentra alrededor de los 100 Kg/ha/año (Steward y Sharpley, citados por Hernández, 1999).

Y en cambio en sistemas del medio oeste americano la mineralización oscila entre 4 a 10 Kg/ha/año (Hernández, 1999).

#### 2.4.3.2. Acidez del suelo

El grado de acidez del suelo, o sea el pH, afecta la producción de forraje a través de su efecto sobre la disponibilidad de nutrientes. Un pH adecuado constituye así una precondition esencial para lograr pasturas de elevada producción y alta calidad (Carámbula, 2002b).

La mayor parte de la fijación de fósforo ocurre a muy bajos o muy altos valores de pH. Dado a que cuando el pH aumenta, los fosfatos de aluminio y hierro se hacen menos solubles, y cuando el mismo disminuye, afecta a los fosfatos de calcio haciéndolos más solubles; se puede decir que en suelos minerales la fijación de fosfatos es baja, cuando el pH se mantiene entre 6 y 7. En estos valores la disponibilidad puede ser muy baja haciendo que los fosfatos solubles sean fijados por el suelo. El bajo aprovechamiento por las plantas del fosfato agregado al suelo en una estación dada, es debido parcialmente a esta fijación. Un gran aprovechamiento deberá esperarse en los suelos orgánicos y en las mezclas preparadas de suelo, donde las concentraciones de calcio, hierro, y aluminio no son tan altas como en los suelos minerales (Sanzano, s.f.).

La mayor disponibilidad de fósforo se encuentra a pH 6,6, pero su rango va de 5,5 a 7 (Carámbula, 2002b).

Como ya se expresó antes, la relación entre pH y disponibilidad de fósforo en el suelo está dada fundamentalmente por la relación entre el pH y los diferentes compuestos de fósforo. Así, mientras los P-Ca (fosfatos de calcio) y los P-Al (fosfatos de aluminio) tienden a presentar más solubilidad en pH altos,

mostrando su menor solubilidad a pH ácidos (Carámbula, 2002b). En este sentido el grado de acidez del suelo, medido a través de su pH, ha sido relacionado en forma notable con la eficiencia relativa de las fosforitas: a menor pH mayor eficiencia (Carámbula, 2002b).

Se debe tener siempre en cuenta que la disponibilidad del fósforo presente en el superfosfato, así como la habilidad de las leguminosas para absorberlo es menor en suelo ácido y prácticamente inefectiva en los suelos muy ácidos. De ahí entonces que de utilizar dicho fertilizante bajo las citadas condiciones se debería aplicar dosis mayores (Carámbula, 2002b).

Se debe recordar que en suelos con pH no muy ácidos los superfosfatos resultan ser más eficientes que las fosforitas, dado que estos fertilizantes son relativamente más independientes de la acidez de los suelos y se pueden usar en un amplio rango de situaciones (Carámbula, 2002b).

También se debe recordar que en todas las situaciones en que se registran niveles elevados de acidez, puede ocurrir intoxicación de las plantas por la presencia de cantidades elevada de aluminio y magnesio, así como puede suceder que la actividad de los rizobios y la fijación del nitrógeno se vea alterada (Carámbula, 2002b).

Pero el pH influye no solo en forma muy especial sobre diferentes tipos y velocidades de reacciones que se registran en los suelos frente a distintos fertilizantes fosfatados, sino además sobre el desarrollo radicular y la habilidad del mismo para absorber fósforo (Carámbula, 2002b).

Según Rabuffetti et al. (1983), en suelos ácidos el efecto del pH del suelo sobre el comportamiento de los fosfatos de Al, Fe y los hidróxidos asociados se puede representar de forma simplificada de la siguiente manera:  $AlPO_4 + 3OH = Al(OH)_3 + PO_4^{3-}$ .

Con un aumento en el pH o actividad del  $OH^-$ , los fosfatos de Al y Fe liberan fosfato en forma soluble y el Al y Fe permanecen en forma insoluble como hidróxidos. Por el contrario con una disminución del pH o actividad del ión  $OH^-$ , o con un aumento en la actividad del ion fosfato aumenta la tendencia de los hidróxidos de Al y Fe a reaccionar con el fosfato formando fosfatos de Al y Fe respectivamente (Rabuffetti et al., 1983).

En suelos calcáreos la concentración de fosfato en solución del suelo es gobernado principalmente por la formación y disolución de fosfato de calcio que dependerá del pH del suelo y de la concentración de Ca en el mismo.

Cuanto más baja la relación Ca/P del fosfato de calcio más alta es su solubilidad en agua (Mengel y Kirkby, 2001).

El efecto del pH que tiene que ver con los fosfatos de calcio puede verse a través de la siguiente ecuación convencional para la hidroxiapatita:  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2 + 20\text{H}^+ = 10\text{Ca}^{+2} + 2\text{H}_2\text{O} + 6\text{H}_3\text{PO}_4$ . Los fosfatos de calcio se disuelven a medida que el pH aumenta debido a la tendencia de los iones  $\text{H}^+$  de asociarse con los iones fosfato. Con la hidroxiapatita que contiene iones  $\text{OH}^-$ , la tendencia de los iones  $\text{H}^+$  a asociarse con los  $\text{OH}^-$  para formar agua es otro factor en la disolución del compuesto, ante una disminución del pH (Rabuffetti et al., 1983).

#### 2.4.3.3. Pérdidas por acción de la lluvia

El fósforo puede ser perdido en solución por lixiviación dentro del perfil del suelo, en solución por escurrimiento superficial y en las partículas del suelo por el mismo proceso. Estos procesos ocurren de forma natural aunque la actividad del hombre aumenta sus efectos. Las pérdidas por lixiviación dentro del perfil del suelo son de magnitudes muy bajas, mientras que las pérdidas por escurrimiento suponen pérdidas mayores del nutriente (Morón, 1992).

En cuanto a las pérdidas de fósforo del fertilizante agregado, Whitehead (2000), menciona que los factores que influyen en la magnitud de las pérdidas son la pendiente, altura y densidad de la cobertura vegetal, así como el tipo de fertilizante agregado y su forma de aplicación.

#### 2.4.3.4. Pérdidas por extracción

Según Morón<sup>2</sup>, para el caso de salidas por la vía de producción animal, para una producción de carne de 300 kg/ ha, la extracción sería de unos 4,7kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha lo que equivale a un 0,68% por kg de producción de carne. Para el caso de producción de leche, con una producción de 5300 lt/ha la cantidad de  $\text{P}_2\text{O}_5$  extraída del sistema es de 11,1 kg de nutriente/ha lo que representa un 0,09% de la producción.

#### 2.4.3.5. Pérdidas por erosión

El fósforo biológicamente disponible se concentra en las fracciones más finas y materia orgánica y la erosión es un proceso selectivo por la pérdida del sedimento enriquecido en estas (Morón, 1994).

---

<sup>2</sup> Morón, A. 2013. Seminario de fertilización de pasturas para lechería y ganadería. s.p. (sin publicar).

Según Hoffman<sup>3</sup>, en caso de existir erosión las pérdidas de este nutriente se ven notoriamente incrementadas a causa de su distribución en el perfil.

#### 2.4.3.6. Cambios en las condiciones de óxido-reducción de los suelos

La dinámica del fósforo en suelos donde se produce alternancia de saturación y secado difiere marcadamente de los suelos normales. La inundación incrementa la disponibilidad de fósforo nativo y del fósforo agregado (Patrick et al., Sanyal et al., citados por Morón, 1994).

Cuando por exceso de agua en el suelo se establecen condiciones de anaerobiosis, los microorganismos del suelo deben hacer uso de otros elementos como aceptores de electrones. Tal es el caso del hierro el cual se reduce de su forma oxidada  $Fe^{+3}$  a  $Fe^{+2}$ . Esta reducción del hierro trae como consecuencia la liberación del fosfato a la solución del suelo, aumentando la disponibilidad del fósforo (Hernández, 1999).

La disponibilidad de fósforo en suelos inundados puede aumentar debido a otros mecanismos como lo son el consumo de iones hidrógeno, aumentando el pH del suelo lo cual provoca un aumento de la solubilidad de compuestos fosfatados con aluminio y mineralización de la materia orgánica (Hernández, 1999).

Se han encontrado altos incrementos de fósforo disponible luego de picos de lluvias los que pueden asociarse a períodos de alta mineralización, pudiendo existir una liberación de fósforo causada por condiciones de reducción en el suelo (Garbouchev, Saunders et al., citados por Ferrando et al., 1997).

#### 2.4.3.7. Retención de fósforo por los suelos

El fósforo aplicado sobre el suelo o incorporado no permanece totalmente efectivo a través del tiempo debido a una disminución de su disponibilidad para las plantas, como consecuencia de las reacciones entre el fósforo y el suelo a lo largo del tiempo (Chilibroste et al. 1982, Hernández 1999).

Básicamente se conocen dos mecanismos de retención de fósforo en los suelos: precipitación y adsorción.

---

<sup>3</sup> Hoffman, E. 2012. Curso de pasturas. Paysandú, FA. EEMAC. s.p. (sin publicar).



- La precipitación es un fenómeno que ocurre en la solución del suelo, estando presentes en la misma  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Al}^{+3}$  y  $\text{Fe}^{+3}$  ya que el fosfato reacciona con estos cationes resultando en compuestos que precipitan (Hernández, 1999).

- La adsorción es un proceso de retención aniónica que se da sobre la superficie de óxidos, hidróxidos y carbonatos. Esta reacción de retención de fosfato es menos reversible que la de retención de cationes ya que se tienden a formar compuestos cada vez más estables y menos reversibles (Hernández, 1999). En general es mayor a medida que aumenta el contenido de arcilla en el suelo.

Con respecto al proceso de adsorción, en suelos ácidos los componentes de la fracción arcilla responsables de que ocurra el proceso son las arcillas aluminosilicatadas y los óxidos de Fe e hidróxidos de Al. Por otro lado, en suelos calcáreos la adsorción se da sobre carbonato de calcio (siendo el proceso que domina a bajas concentraciones de fósforo) y/o sobre las partículas de arcilla que tienen en general una alta saturación en Ca, por lo que el fosfato se une a ellas a través de puentes de Ca (Rabuffetti et al., 1983).

A modo de síntesis, en suelos ácidos la adsorción de fosfatos es el proceso dominante afectando la disponibilidad de los mismos para las plantas (Mengel y Kirkby, 2001).

En estos suelos, el fósforo adsorbido es retenido con una energía de enlace 5 veces mayor que en suelos calcáreos (Hernández, 1999).

Según Hernández y Zamalvide (1998), con el objetivo de caracterizar la retención del fósforo a corto plazo se estudiaron 25 suelos desarrollados sobre distintas formaciones y en condición de campo natural sin historial de fertilización previa. Se encontraron diferencias importantes entre suelos en cuanto a los índices de retención de fósforo, las cuales estuvieron asociadas a variaciones en el contenido de óxidos de hierro, arcilla y aluminio intercambiable. Suelos desarrollados a partir de materiales del basamento cristalino, basalto y sedimentos pelíticos grises mostraron los valores más altos de retención de fósforo, en tanto que suelos de texturas livianas formados a partir de arenisca triásica y cretácica, presentaron baja retención de fósforo. En los mismos suelos se realizó un estudio macetero en invernáculo, con niveles variables de fósforo agregado (0,26, 2, 52.4 y 78.6 mg P maceta<sup>-1</sup>), evaluándose el fósforo absorbido por plantas de raigrás a través de dos cortes. Fueron observadas menores tasas de absorción de fósforo en suelos de alto poder de retención, lo que estaría indicando una baja eficiencia de utilización del fósforo agregado en dichos suelos. Hubo altas correlaciones entre los

índices de retención evaluados a través del suelo con la eficiencia de utilización por la planta del fósforo agregado.

#### 2.4.4. Absorción de fósforo por las plantas

Las plantas absorben el fósforo de la solución del suelo como el ión ortofosfato:  $\text{HPO}_4^{-2}$  o  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . La forma en que el fósforo es absorbido es afectada por el pH. En un pH más alto predomina la forma  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . La movilidad del fósforo en el suelo es muy limitada y por lo tanto, las raíces pueden absorber el fósforo solamente de su entorno inmediato. Desde que la cantidad del fósforo en la solución del suelo es baja, la mayor parte de la absorción del fósforo es activa, contra del gradiente de la concentración (es decir, la concentración del fósforo es mayor en las raíces que en la solución del suelo). La absorción activa es un proceso que consume energía, así que las condiciones que inhiben la actividad de las raíces, tales como las bajas temperaturas, el exceso de agua, etc., inhiben la absorción del fósforo (El fósforo,...s.f.).

Esto concuerda con lo expresado por Hernández (1999), la temperatura, el contenido de agua en el suelo y el factor tortuosidad afectan al mecanismo de difusión. La temperatura influye sobre el coeficiente de difusión del agua aumentando su viscosidad, por lo tanto en invierno la planta es más dependiente de altas concentraciones de fósforo en la solución para satisfacer sus necesidades. El contenido de agua en el suelo afecta el camino a recorrer en el mismo hasta que el nutriente llega a la superficie radicular. El factor tortuosidad implica el contenido de agua en el suelo y el tamaño de las partículas del mismo, por lo que en un suelo de textura pesada y seco, el camino se presentara mas tortuoso.

En condiciones de estrés hídrico se ve reducido el consumo de fósforo por parte de las plántulas. Sin embargo este efecto se puede ver minimizado por la capacidad del suelo de aportar el nutriente. En aquellos suelos de alta fertilidad natural y alto contenido de fósforo disponible, el consumo por parte de las plantas caerá significativamente y en términos relativos, en mayor medida que en un suelo de medio o bajo contenido de fósforo disponible. Sin embargo, en términos absolutos, la cantidad de fósforo absorbido por las plantas será mayor que en los otros casos (Guggeri et al., 2012).

#### 2.4.5. Importancia del fósforo en las plantas

El fósforo es un nutriente esencial, ya que sin él no podría vivir ningún ser vivo debido a que es su principal estructura energética (Carámbula, 2002b).

La gran mayoría de los procesos metabólicos implican liberación de energía. Esa energía es almacenada en el adenosintrifosfato (ATP) mediante enlaces P ricos en energía. Esa energía almacenada en el ATP es utilizada en otros procesos que demanden energía como son los procesos de síntesis o de absorción activa de iones en la raíz de las plantas. Similares consideraciones sobre el fósforo pueden realizarse como integrante de los ácidos nucleicos, fosfolípidos y coenzimas (Puig y Ferrando 1983, Morón 1996, Hernández 1999).

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

En la producción de pasturas, el bajo nivel de fósforo en el suelo disminuye la implantación, las tasas de crecimiento, y la concentración del nutriente en el forraje, disminuyendo la calidad nutritiva del mismo. Por lo tanto la corrección de los niveles de fósforo se tornan imprescindibles para el logro de un mejoramiento productivo y persistente (Carámbula, 1996).

#### 2.4.6. Efectos de la deficiencia de fósforo en las plantas

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

Se debe tener siempre presente que el déficit de fósforo en cualquier pastura no solo disminuye las tasas de crecimiento sino que además afecta la concentración de este elemento en el forraje y por lo tanto define decrementos en su calidad nutritiva, lo que constituye una seria limitante para las producciones animales (Carámbula, 2002b).

Al ser este nutriente muy móvil en la planta, al ocurrir deficiencias es transferido de los tejidos más viejos a las partes de más activo crecimiento, que son los meristemas, como resultado los síntomas de deficiencia se observan generalmente en las hojas más viejas, que frecuentemente se presentan de color verde oscuro (Hernández, 1999).

De acuerdo con esto, y aportando algún otro síntoma se puede esperar cuadros del tipo que presente clorosis primero en las hojas adultas y luego las más jóvenes debido a su movilidad. Enanismo y un color verde intenso, puntas de hojas necróticas, caída prematura de las hojas, coloración rojiza a causa de

la formación de antocianinas, necrosis de pecíolos y frutos, fallas reproductivas y escaso vigor (UAM, s.f.).

Se observa en condiciones de deficiencia de fósforo que las raíces no se ven resentidas en su crecimiento al nivel experimentado por tallos y hojas. Esto puede observarse a través de una disminución en la relación tallo/raíz en peso seco. Esta disminución, se correlaciona generalmente con un incremento en el flujo de carbohidratos hacia las raíces (Ferres et al., citados por Guggeri et al., 2012).

#### 2.4.7. Requerimientos de fósforo de las leguminosas y su eficiencia de uso

Según Carámbula (1977), afirma que para las leguminosas los niveles de fósforo que poseen los suelos del Uruguay no son los adecuados para la implantación y crecimiento de estas especies. Es por este motivo que se vuelve condición indispensable aumentar los niveles de fósforo en el suelo para que las leguminosas puedan establecerse y a su vez lograr alcanzar su potencial de rendimiento.

El aumento en el suministro de fósforo incrementa la proporción de las leguminosas en la producción total de forrajes en una pastura mezcla con gramíneas. Esto significa que la habilidad competitiva de las leguminosas, es comparativamente menor que la de las gramíneas en condiciones restrictivas en el nivel de nutriente (Rabuffetti et al., 1983).

La diferencia en la habilidad de absorber fósforo entre gramíneas y leguminosas puede ser explicada por la morfología diferencial. Por un lado, la mayoría de las gramíneas producen una densa red de raíces finas y fibrosas que ramifican completamente dentro de los estratos del suelo, capaz de explorar toda la masa del suelo y, de esta manera, extraer suficientes cantidades de fósforo. Las leguminosas, en cambio, presentan un sistema radicular con una raíz principal o ramificaciones de menor extensión y fibrosidad, lo cual disminuye comparativamente la capacidad de exploración (Ferres et al., citados por Guggeri et al., 2012).

La fertilización de arranque destinada a elevar el fósforo del suelo a un valor que se considere adecuado (nivel crítico), debe tener en cuenta en primer término la especie de leguminosa a ser implantada, y en caso de tratarse de una siembra en mezcla de dos o más leguminosas se utilizará un nivel de fósforo acorde con aquella que se requiera promover con mayor interés (Carámbula, 2002b).

Cuadro No. 1. Niveles críticos de fósforo para las leguminosas forrajeras más utilizadas en el país

Especie	Nivel crítico para P en Bray a (0-15 cm)
<i>Medicago sativa</i>	20-25
<i>Trifolium repens</i>	15-16
<i>Trifolium pratense</i>	12-14
<i>Lotus corniculatus</i>	10-12

Fuente: adaptado de Bordoli (1998).

Si bien la eficiencia inicial del fertilizante o equivalente fertilizante (kg de P<sub>205</sub> necesarios para elevar 1 ppm el P disponible Bray No. 1) varía dentro de estos suelos según el tipo (textura, etc.) y el nivel inicial del mismo.

#### 2.4.8. Influencia de la fertilización fosfatada en la producción de forraje

La adición de P en pasturas de leguminosas ha mostrado incrementos en la producción de forraje de hasta 8000 kg de MS/ha/año. La eficiencia de utilización de P aplicado disminuye con el incremento de la dosis y el aumento de la disponibilidad de P en el suelo. También es inferior en dosis divididas respecto a una aplicación única a la siembra. En términos generales se puede esperar una respuesta de 150 a 200 kg de materia seca por kg de P aplicado, aunque se han observado valores muy superiores (Quintero y Boschetti, s.f.).

La respuesta de las leguminosas a la adición de P es de mayor magnitud a la observada en otras familias botánicas debido posiblemente al efecto que tiene el agregado de este nutriente sobre la nodulación y la fijación de N, lo que repercute en una mayor calidad del forraje producido. Otro aspecto interesante de destacar es el efecto del P sobre el crecimiento y distribución de las raíces. En suelos deficientes cerca del 80% de la masa radical se encuentra en los primeros 20 cm de suelo, mientras que en suelos fertilizados esa proporción de raíces alcanza los 50 cm de profundidad; esto le confiere mayor resistencia a la sequía junto con un mayor volumen de suelo explorado (Quintero y Boschetti, s.f.).

#### 2.4.9. Respuesta a la fertilización fosfatada en mejoramientos extensivos

Mientras en los sistemas pasturas-cultivos, existen etapas de mineralización de la materia orgánica en las que debido al laboreo se liberan cantidades apreciables de nutrientes, esto no sucede en las pasturas naturales, donde la incorporación de la materia orgánica se procesa lentamente a través del reciclaje mediante la descomposición de los restos secos de la plantas

(parte área y raíces) y de la deyecciones de los animales (Zamalvide, citado por Carámbula, 1996).

Uno de los aspectos más importantes en el manejo de los mejoramientos de campo es el mantenimiento de la fertilidad del suelo. A menos que se restituyan los minerales removidos por las producciones animales, como consecuencia del pastoreo, los mejoramientos se deteriorarían rápidamente. Por ello, una vez que el mejoramiento ha sido establecido, es esencial mantener la densidad y el vigor del mismo mediante refertilizaciones con fósforo, las que deberían ser efectuadas regularmente a lo largo de la vida del mejoramiento, pero muy en particular, durante los primeros años después de su implantación (Carámbula, s.f.).

La diferente eficiencia interna del P para la producción de MS se ha adjudicado a distintos requerimientos o concentraciones de P necesarios en toda la planta o en los puntos de crecimiento, y a distinta eficiencia en la traslocación interna del P desde la raíz al tallo, estolones, y hojas (Carámbula, 2002b).

Los bajos requerimientos de algunas leguminosas tropicales con respecto a las leguminosas templadas podrían explicarse por esta distinta eficiencia interna del uso del P. Estas leguminosas tropicales tendrían menores requerimientos internos de P en sus tejidos debido a su capacidad de mantener mayor proporción del P para los procesos energéticos (P inorgánico) y menor proporción del mismo en forma estructural como fosfolípidos (Hart y Jessop, citados por Bordoli, 1988).

Según Bordoli (1998), los mayores requerimientos del trébol blanco respecto al trébol rojo y al lotus se deberían a los mayores requerimientos internos de P o una menor eficiencia interna del trébol blanco para producir MS por kg de P absorbido. De estudios comparativos de estas especies puede concluirse que el trébol blanco requirió 0.34% de P en sus tejidos (o produjo sólo 290 kg de MS/kg P absorbido) mientras que el trébol rojo y lotus requirieron sólo 0.27% P en sus tejidos para lograr producciones de forraje cercanas al máximo (produciendo 375 y 365 kg MS/kg P absorbido respectivamente). Desde el punto de vista de la fertilización fosfatada resulta más caro producir forraje con trébol blanco que con trébol rojo o lotus.

## 2.5. MANEJO DEL PASTOREO

Según Carámbula (2004), el pastoreo debe generar las condiciones ideales para un máximo crecimiento de las pasturas y un mínimo impacto sobre los recursos naturales, favoreciendo a la vez la producción animal. El principal objetivo en el año de instalación de un mejoramiento, debe ser dirigido a lograr el establecimiento de una pastura altamente productiva y bien equilibrada que asegure su vigor y salud en el futuro. Para ello será necesario fijar periodos de pastoreo y de protección de pastoreo alternados, los cuales son esenciales para que se cumpla sin inconvenientes el proceso de implantación.

Algunas de las ventajas del pastoreo son el aumento de la cantidad de luz en los estratos inferiores, la mejora en la cantidad de luz rojo/rojo lejano, el efecto sobre el número de hojas y la relación raíz/parte aérea (Curll et al., citados por Silveira, 2005).

Las distintas tasas de crecimiento que experimentan las especies bajo pastoreo, van cambiando según la etapa en la cual se encuentren y la época del año. El mayor rendimiento total de una pastura se obtienen si se aprovechan al máximo las ventajas que ofrecen las entregas de forraje en la etapa de crecimiento intermedio, para lo cual la pastura debe ser mantenida como regla general, en el tramo de crecimiento de rebrote rápido. La razón técnica que explica esta estrategia de realizar los pastoreos en el tramo intermedio, es que con estos se logra el mejor balance entre la presencia de muchas hojas con alta capacidad de fotosíntesis, una defoliación adecuada con un consumo apropiado para los animales y un porcentaje bajo de material muerto (Carámbula, 2002b).

El año de instalación es de vital importancia en el éxito del mejoramiento. En este proceso se prioriza el establecimiento de las plantas tomando como medidas fundamentales, el primer pastoreo, elección de la categoría animal, utilización y ausencia o baja carga en etapa de semillazón (Carámbula, 1996).

### 2.5.1. Manejo estacional para el mejoramiento establecido

Otoño: para fines de verano-principio de otoño es la época para limpiar los restos del forraje estival con pastoreos intensos y rápidos y favorecer el reclutamiento, macollaje y rebrote del mejoramiento en el cual la densidad de especies introducidas puede ser baja, dada la mortandad normal que se da aún en los veranos típicos (Carámbula, 1996).

Invierno: en esta época la intensidad de luz y su ángulo de incidencia son menores que en las demás estaciones por eso hay que utilizar la energía con áreas foliares menores. Para esto hay que tener la pastura en condición de pastoreo para lograr área foliar joven que soportan mejor las bajas temperaturas sin perder calidad. A modo de referencia la pastura no debería de superar los 15 cm (Carámbula, 1996).

Primavera: en este periodo es primordial tener la estrategia bien definida sobre el destino del mejoramiento. Debido a las altas tasas de crecimiento de la época se generan las posibilidades de destinar este a la confección de reservas, incrementos de carga o dejar áreas para semillazón. Hay que aplicar pastoreos de alta frecuencia evitando senescencia y desperdicios de forraje. Para las áreas destinadas a semillazón es necesario bajar la carga con el fin de permitir que un porcentaje aceptable de plantas complete su ciclo y logre semillar (Carámbula, 1996).

Verano: para tal estación el principal recurso a tener en cuenta es el agua. En base a esta situación el mejoramiento debe de ser pastoreado con menor carga o no ser pastoreado. Es muy importante en caso que se esté pastoreando tratar de impedir la selectividad, esto va en detrimento de las especies incorporadas. Para esta situación la presencia del lanar es un atenuante. La presencia de hojas en el mejoramiento es de vital importancia, debido a que es quien genera la bomba de succión de agua del suelo, genera sombreado y capta energía (Carámbula, 1996).

#### 2.5.2. Defoliación y parámetros que la afectan

Algunas de las ventajas del pastoreo son el aumento de la cantidad de luz en los estratos inferiores, la mejora en la cantidad de luz rojo/rojo lejano, el efecto sobre el número de hojas y la relación raíz/parte aérea. También existe un efecto benéfico de la defoliación sobre el establecimiento de plantas al aumentar la intensidad lumínica (Curl et al., citados por Silveira, 2005).

Desde el punto de vista de la pastura, el rebrote luego de una defoliación será el resultado de dos factores de importancia variable de acuerdo a características de las distintas especies que la componen: nivel de sustancia de reserva y área foliar remanente (Millot et al., 1987).

Las sustancias de reserva, son compuestos elaborados por las plantas a partir de la fotosíntesis y que se almacenan principalmente en raíces, rizomas, estolones y base de macollos, bajo forma de carbohidratos y proteínas siempre que exista un balance positivo entre respiración y crecimiento (Millot et al., 1987).



El área foliar remanente es determinante en el crecimiento de la pastura, ya que esta crece a mayor aceleración hasta que intercepta del 90 a 100 % de la energía disponible (Millot et al., 1987).

Por consiguiente, cuando una pastura en estado vegetativo se le permite crecer en forma ininterrumpida, los rendimientos en materia seca aumentan hasta cierto punto en que posteriormente no solo no hay incrementos en la producción de forraje, si no que aun estos pueden decrecer por descomposición y pérdida de material (Carámbula, 2002c).

Algunos de los factores que más afecta esta variable es la época del año, latitud geográfica, pero sin dudas que la forma de interceptar la luz que tenga la especie en estudio es determinante para encontrar el IAF óptimo (Carámbula, 2002c).

Para el caso de las gramíneas erectas la trasmisión de luz es mayor debido a la falta de continuidad de la trama de las hojas, las que a su vez se presentan en distintos ángulos. Ambos caracteres llevan a que la luz penetre en la trama de la vegetación, presentándose progresivamente más difusa desde el nivel superior hacia el nivel del suelo. En las leguminosas y en las gramíneas postradas sucede lo contrario, debiéndose destacar una trama continua de hojas y un cambio de rápido a brusco en la penetración de la luz (Carámbula, 2002c).

De ahí entonces que la estructura de la canopia tiene gran importancia sobre la eficiencia fotosintética de la pastura (Willians, citado por Carámbula, 2002c).

Con respecto a las leguminosas frente a las intensidades de luz y a la forma en que la interceptan muestran que estas especies tienen altas exigencias en este parámetro climático, mostrándose normalmente intolerantes al más leve sombreado (Black, citado por Carámbula, 2002c), aspecto que no se debe de olvidar cuando se trata de mantener el buen balance gramíneas leguminosas en una pastura.

#### 2.5.2.1. Intensidad

La intensidad de un pastoreo tiene que ver con el grado de defoliación que sufrió la pastura, con la altura del rastrojo al retirar los animales. Esto afecta directamente no solo la producción de la pastura, sino también el rebrote subsiguiente. Lo importante es que el rastrojo que quede sea realmente eficiente y para que esto suceda este debe estar formado por hojas nuevas, con

porcentajes mínimos de mortandad, lo cual compensa temporalmente IAF bajos (Carámbula, 2002b).

Para que el crecimiento posterior no sea afectado desfavorablemente hay que tener en cuenta la altura mínima adecuada para cada especie. Así, las especies postradas admiten alturas menores de defoliación que las especies erectas, aunque estas últimas pueden adaptar parcialmente su crecimiento hacia arquitecturas mas postradas como respuesta a un manejo intenso (Carámbula, 1996).

#### 2.5.2.2. Frecuencia

En el manejo de una pastura la frecuencia es la variable que representa el número de pastoreos o cortes que se hacen a una pastura. Cuanto mayor es el número de ellos, menor es el tiempo de crecimiento entre dos aprovechamientos sucesivos y por lo tanto más baja la producción de forraje de cada uno de ellos (Carámbula, 2002b).

La frecuencia de utilización depende de cada especie en particular o de la composición de la pastura y de la época del año en que aquella se realice, el elemento que determinara la longitud del período de crecimiento será la velocidad de la pastura en alcanzar el volumen adecuado de forraje que coincide con IAF óptimo (Carámbula, 2002b).

Así, en pasturas con IAF óptimos bajos, como aquellas dominadas por tréboles, es posible realizar un aprovechamiento más intenso con defoliaciones mas frecuentes que en pasturas dominadas por leguminosas erectas o por gramíneas erectas (Brougham, citado por Carámbula, 2002b).

#### 2.5.2.3. Carga animal

Es el peso animal por unidad de superficie o UG. Se lo puede expresar como cabezas por hectárea o equivalente vaca por hectárea. Es el aspecto de manejo más importante, el que define en gran parte la producción del rodeo y la estabilidad ecológica y productiva de los pastizales (Luisoni, 2010).

Otra forma de entender la relación que existe entre la MS ofrecida y los animales que ejercen presión sobre esa área es la asignación de forraje, que son los kg de pasto que se les ofrece a los animales, expresado en kg de materia seca (MS) de forraje cada 100 kg de peso vivo por día. Por ejemplo si un novillo pesa 300 kg, una asignación de forraje del 6 %, significa que le ofrecemos 18 Kg de materia seca por día (6 kg cada 100 kg de peso de novillo) (Lombardo, s.f.).

#### 2.5.2.4. Selección

La selectividad puede ser definida como el grado de “libertad” que se permite a los animales para que seleccionen sobre el forraje que se les ofrece, tanto lanares como vacunos recargaran sobre determinadas especies, hojas sobre tallos, hojas nuevas sobre viejas y mas proteína y carbohidratos que sobre lignina y carbohidratos estructurales (Watkin y Clements, citados por Carámbula, 1996).

Esta variable también puede ser definida como la diferencia entre la composición de la dieta y la de la pastura. El forraje pastoreado tiene más hojas y mas leguminosas por lo que la concentración de nutrientes digestibles, siempre es mayor en la dieta que en la pastura (Curl et al., citados por Carámbula, 1996).

La selección en el pastoreo es determinada por dos procesos altamente interrelacionados, la palatabilidad y la preferencia. La primera hace referencia a la combinación de características de las plantas que estimulan a los animales a preferir un forraje sobre otro y la segunda se refiere a la respuesta selectiva hecha por el animal, o sea el comportamiento (Vallentine, citado por Carámbula, 1996).

#### 2.5.2.5. Método de pastoreo y evolución del tapiz

A grandes rasgos, se podría decir que existen dos tipos de pastoreo que encierran diversas modificaciones cada uno de ellos. Por un lado está el pastoreo continuo como aquel que nunca permite descansos totales en la pastura. Por otro lado tenemos los pastoreos controlados que son aquellos en los cuales en el manejo se destina cierto tiempo para la recuperación de la pastura, para la conservación de la pastura o para diferimiento de la misma (Millot et al., 1987).

En general, la elección del método de pastoreo depende básicamente de las preferencias del productor, las que muchas veces son fijadas por el aspecto económico, la distribución, ubicación y tamaño de los potreros y aguadas, la disponibilidad de personal y la facilidad de manejo (Carámbula, 2002b).

El pastoreo continuo con cargas adecuadas, resulta eficiente en pasturas cuyo potencial productivo es limitado y con pocos riesgos de endurecimiento estacional, como lo son suelos superficiales de basalto y cristalino (Millot et al., 1987).

Dependiendo de los objetivos trazados, los potreros bajo este sistema de pastoreo van tomando distintos perfiles. Es así que las invernadas clásicas, son potreros seleccionados por su calidad y producción, son manejados a bajas cargas ya que la prioridad es la performance individual, normalmente no comparten ovinos y el enmalezamiento más esperable es de chirca y carqueja. Es a causa de esto que los potreros que no son destinados a la invernada vacuna se favorece un entramado de especies de bajo porte, tolerantes al pastoreo (Millot et al., 1987).

Cuando este se aplica con carga fija, es muy probable que el sistema en esa área puntual se enfrente a situaciones de pérdida de forraje por el excedente que se genera en la pastura en períodos como primavera y también tenga que enfrentar problemas de no cubrir los requerimientos de los animales en etapas invernales (Jamieson y Hogdson, citados por Carámbula, 2002b).

El pastoreo controlado tiene como principal finalidad utilizar la pastura en el momento en que esta alcanza un equilibrio adecuado entre un alto valor nutritivo y una alta producción de MS/ha. Para tal fin la pastura debe dividirse en potreros, parcelas o franjas de acuerdo a los objetivos, disponibilidad de ejecución, estado de la pastura, demanda de los animales y tiempo de descanso (Carámbula, 2002b).

De acuerdo con Miller, citado por Carámbula (1996), cuando se trata de sistemas de un pastoreo controlado este no es sinónimo de rotativo.

Se debe tener presente que para efectuar un pastoreo controlado se debe contar con una alta dotación para aprovechar eficientemente la disponibilidad de forraje. De esta forma se presume lograr una defoliación más uniforme, quedando en el rastrojo cantidades menores de forraje de baja calidad, lo que permite aumentar el valor nutritivo en el próximo pastoreo (Carámbula, 200b).

Entre las ventajas que este método puede representar se destacan: periodos de recuperación que permiten generar área foliar y sustancias de reserva, se desperdicia menos forraje debido a que se va en detrimento de la selectividad, se permite un mejor balance entre gramíneas y leguminosas, mejor control de malezas, consumo uniforme, mejor distribución de heces y orina, se ejerce un apoyo general a la habilidad competitiva de las especies, etc. (Carámbula, 200b).

#### 2.5.2.6. Persistencia

Luego de implantar un mejoramiento se va desarrollando una nueva vegetación con importantes interacciones entre las especies nativas y las introducidas, así como con el medio ambiente todo lo cual lleva a una evolución ciertamente compleja. Desde el punto de vista agronómico, el concepto de persistencia en los mejoramientos involucra el criterio de constancia de rendimientos dentro de un equilibrio dinámico, de balance entre la pastura natural y las especies introducidas (Carámbula, 1996).

De acuerdo con Sheath, citado por Carámbula (1996), dice que la persistencia se logra cuando las poblaciones de las especies introducidas están en una densidad estable, que alcanza a cubrir las expectativas de un ecosistema específico.

Según García (1992), la presencia de las leguminosas es un requerimiento altamente deseable, al punto que se puede pensar que dichos sistemas están delineados en función de este objetivo.

Al manejarse en los mejoramientos las opciones de incursionar en esta tecnología por vía de especies perennes y/o anuales, es que el concepto de persistencia se presente poco definido. Por ello, la aplicación del mismo depende fundamentalmente de la especie que se considere. Así es que en las especies anuales la persistencia está determinada totalmente por los éxitos o fracasos de la regeneración de las poblaciones por resiembra natural, la que forzosamente debe efectuarse todos los años. Para ello la estrategia a seguir es respetar la etapa de semillazón de las o las especies instaladas en el mejoramiento. Ya en el caso de las especies perennes normalmente la persistencia depende tanto de las plantas o partes de las plantas establecidas como de la población de semillas en el suelo (Carámbula, 1996).

#### 2.5.2.7. Dinámica de leguminosas bajo pastoreo

Las pasturas compuestas por leguminosas y gramíneas son una entidad dinámica y por lo tanto están expuestas a cambios botánicos gobernados por un amplio complejo de factores interactuantes que hacen que no resulte fácil conservar una pastura balanceada para que cumpla con los objetivos predeterminados (Carámbula, 2002c).

La persistencia y respuesta de las leguminosas al pastoreo está determinado por la especie de que se trate. Especies más postradas como trébol blanco y *Lotus pedunculatus* o *Lotus tenuis* tienen como recurso fundamental para el rebrote; una masa foliar en el extracto inferior que es

altamente eficiente fotosintéticamente y disponen de yemas en los estolones. Estas especies permiten un pastoreo más intenso y frecuente que *Trifolium pratense* o *Medicago sativa*. Las especies que utilizan en mayor grado las reservas en la raíz como estas últimas soportan pastoreos tan intensos como las primeras (5 cm) pero con períodos de descanso mayores justamente para volver a generar un balance positivo entre respiración y crecimiento y poder completar su capacidad de reserva a ser utilizada en el próximo rebrote.<sup>1</sup>

Se disponen de algunas prácticas para favorecer la persistencia de las leguminosas en una pastura polifítica como lo es un mejoramiento de campo. La fertilización nitrogenada estimula el desarrollo de las gramíneas afecta negativamente la población de *Trifolium repens* (Cowling, citado por Carámbula, 2002), sin embargo este comportamiento no es tan marcado en otras especies como *Medicago sativa* (Wedin, citado por Carámbula, 2002c).

Este efecto favorable para las gramíneas pero que iría en detrimento de las leguminosas en la mayoría de los casos se podría explicar por el hecho de que el desarrollo de la gramínea genera una gran competencia por luz, así como una reducción en la tasa de fijación de nitrógeno de los rizobios de las leguminosas. Esta situación desfavorable para las leguminosas puede desencadenar un proceso que redunde en mayores beneficios para las gramíneas ya que al verse en difíciles condiciones de competencia, empieza a aparecer mortandad de rizobios y raíces de leguminosas lo que conlleva en un traslado de nutrientes hacia las gramíneas (Carámbula, 2002c).

En el caso de la utilización de fósforo como principal nutriente de la aplicación en numerosos experimentos se ha demostrado la modificación de la composición botánica de la pastura a favor de las leguminosas (Anderson y MacLachlan, Willoughby, citados por Carámbula, 2002c).

La utilización de este elemento genera un efecto indirecto y muy benéfico para las gramíneas que componen el tapiz, debido a que el gran desarrollo que manifiestan las leguminosas redunde en un mayor traslado de nitrógeno hacia las gramíneas luego de que se cumpla cierto período donde ocurra mortandad de raíces y rizobios de leguminosas de forma natural (Carámbula, 2002c).

En cuanto a su respuesta al pastoreo como ya se ha mencionado esto es dependiente de la especie en estudio. Igualmente se podría decir al menos para las especies más utilizadas en mejoramientos como *Trifolium repens* que su IAF es mucho más bajo que el de las gramíneas (1 vs 2,5), hace que esta especie responda muy favorablemente al pastoreo intenso, pudiendo de esta

forma encontrar ventajas competitivas que permitan la perennidad y diseminación de esta especie (Carámbula, 2002c).

Como estas dos variables actúan de forma conjunta sobre la pastura, se podría decir que pastoreos frecuentes y dosis bajas de nitrógeno permiten una correcta participación de la leguminosa, mientras que con pastoreos poco frecuentes y dosis altas de este nutriente estaríamos favoreciendo a las gramíneas (Carámbula, 2002c).

## 2.6. PRODUCCIÓN ANIMAL EN MEJORAMIENTOS EXTENSIVOS

El Uruguay presenta diversas opciones para la producción de carne, teniendo en la alternativa forrajera su principal sustento. Desde campo natural, asumiendo todas las posibilidades de calidad y manejo que este permite a praderas y verdeos con o sin suplementación se podría estimar que la producción de carne/ha podría ir de 70 a 400 kg/ha según la opción y el éxito de esta. Los mejoramientos encontrarían en los 200 kg carne/ha un eje donde fluctuar su performance (Pigurina, s.f.).

Esto concuerda con lo que expresa Bemhaja (1996a), que encontró producciones de kg de carne/ha sobre un mejoramiento con *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens* sobre campos de basalto de 206, 179 y 161 kg PV/ha para cargas de 2,28, 1,95 y 1,38 novillos/ha respectivamente.

Según Zanoniani (2006), en un mejoramiento en la localidad de Guichón (Paysandú) con *Lotus subbiflorus*, se logró una producción total de 6500 kg de MS/ha, con una producción de carne/ha de 300 kg con ganancias diarias de 550g y una dotación de 1,5 nov/ha de 350 kg de PV.

La relación entre la performance individual y la producción/ha depende de la oportunidad que tenga el animal para seleccionar o no el forraje. De esta forma se entiende que a medida que la carga aumenta, la capacidad de selección disminuye, llegando al punto que todo lo cosechado por los animales será destinado a mantenimiento y por lo tanto logrando producciones/ha nulas (Carámbula, 1996).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

##### 3.1.1. Localización del experimento y período experimental

El presente experimento fue llevado a cabo en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía en el departamento de Paysandú, Uruguay. (Latitud S 32°22'27" Longitud W 58°03'28").

El mismo fue realizado durante el período de tiempo comprendido entre el 17/05/12 y el 19/12/12.

##### 3.1.2. Descripción del área experimental

Según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay, escala 1:1.000.000 (Altamirano et al., 1976), el área en donde se encuentra el ensayo está ubicada sobre la unidad de suelos San Manuel, desarrollada sobre la formación geológica Fray Bentos. Dicha formación se caracteriza por presentar como suelos dominantes Brunosoles Étricos Típicos (Háplicos), superficiales a moderadamente profundos de textura limo-arcillosa. En asociación con estos se encuentran Brunosoles Étricos Lúvicos de textura limosa y Solonetz Solodizados Melánicos de textura franca (Altamirano et al., 1976).

##### 3.1.3. Antecedentes del área experimental

En lo que se refiere a los antecedentes del área del experimento; en el otoño 2010 se realizó una interseembra de avena, raigrás y trébol rojo con una muy baja implantación. Para la realización de esta interseembra no se efectuó aplicación de herbicida, y se realizó la misma sobre una pradera vieja con alto grado de enmalezamiento.

En otoño de 2011 se realizó análisis de suelo para determinar el nivel de fósforo. El método fue el Bray 1 y arrojó un valor de 5,2 ppm de P.

El 1 de junio de 2011 se realiza la siembra de la pastura en estudio.



#### 3.1.4. Información climatológica

Uruguay está ubicado en una región de clima templado-subtropical, con un régimen de precipitaciones isohigro, siendo el promedio de precipitación mensual para la zona de 101 mm (MDN. DNM, 1996).

La temperatura media anual es de 17,9°C, ocurriendo en el mes de enero una temperatura máxima media de 31,5°C, y una mínima media a 6,9°C en el mes de junio, para la misma serie histórica.

#### 3.1.5. Descripción del experimento

La pastura en estudio fue instalada el 1 de junio de 2011 con el fin de evaluar la respuesta de *Trifolium repens* y *Trifolium pratense* a distintos niveles de agregado de fosforo.

La siembra se realizó en cobertura y al voleo con una sembradora pendular, calibrada para lograr las densidades deseadas.

Las densidades de siembra utilizadas fueron de 1,32 Kg/ha para *Trifolium repens* y de 5 kg/ha para *Trifolium pratense*.

La disponibilidad inicial de pastura en el tapiz fue estimada en 500 kg/ha en su primer año de estudio.

Cabe destacar que en la presente investigación la evaluación de la respuesta al agregado de distintos niveles fósforo de los materiales anteriormente nombrados, se realiza solo durante el segundo año de crecimiento de la pastura en cuestión.

Los tratamientos consistieron en dos dosis de fósforo: 34,5 y 69 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. La fuente utilizada fue superfosfato triple (0-46/46-0), aplicado al voleo al momento de la siembra y la refertilización de los tratamientos consistió en la aplicación de 34,5 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para uno de ellos, y de 69 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para el otro el 28 de abril del 2012.

La cantidad de animales en pastoreo en cada uno de los tratamientos en el período experimental fue de 2,5 novillos por hectárea. Los mismos reportaron un peso promedio de entrada al pastoreo de 261 kg/animal y 311 kg/animal para los tratamientos de 34,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 69 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> agregado respectivamente.

El período de pastoreo fue de 201 días comprendidos entre el 18/05/2012 y el 05/12/2012. Dicho pastoreo fue realizado con ocupaciones de 30 días con descansos posteriores de 30 días también.

### 3.1.6. Diseño experimental

El experimento abarca un área de 4 hectáreas las cuales están divididas en dos bloques de 2 hectáreas. Dentro de cada bloque hay dos parcelas de 1 hectárea cada una, correspondiente a cada uno de los tratamientos.

El diseño utilizado para el experimento es en bloques completos al azar.

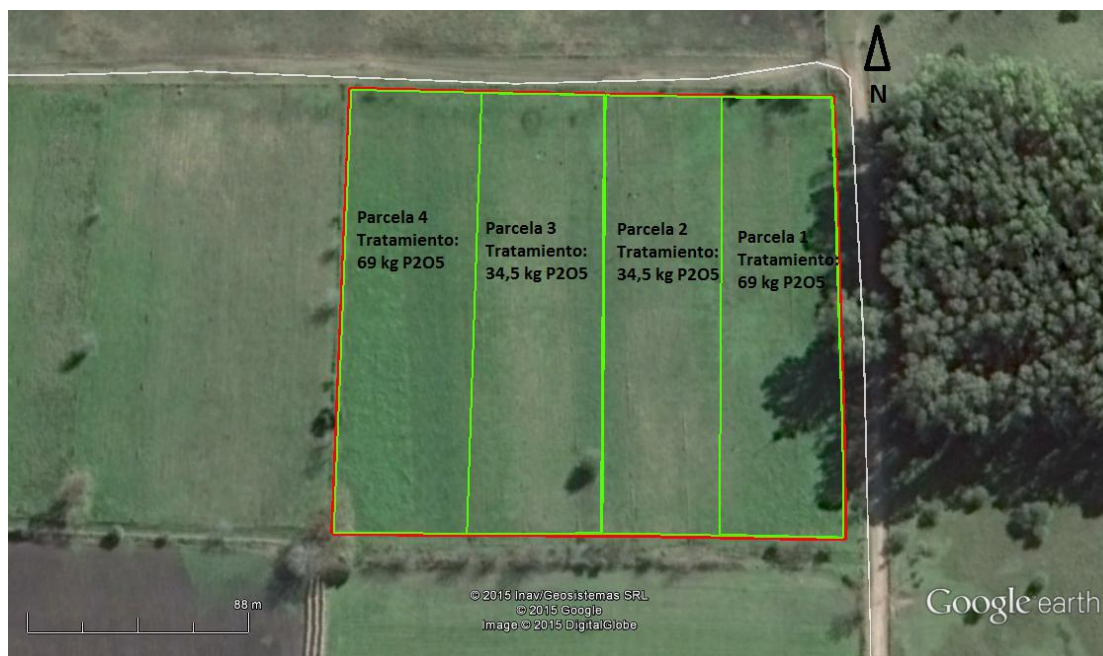


Figura No. 2. Localización del experimento

## 3.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Se realizaron diferentes mediciones tanto en el campo como en el laboratorio con el fin de poder determinar la respuesta de los distintos tratamientos en disponibilidad de materia seca, composición botánica de la pastura y producción de peso vivo.

### 3.2.1. Variables evaluadas

#### 3.2.1.1. Disponibilidad de materia seca

La disponibilidad de materia seca fue calculada a través de la medición de la altura de la pastura y la cosecha manual de muestras frescas en el campo para luego ser secadas en laboratorio.

Para esto se tomaron 30 muestras por parcela, utilizando un rectángulo de 20x50 cm, dentro del cual se realizaba la medición de tres alturas de la pastura (para realizar un promedio), y luego se procedía a realizar el corte mecánico de la pastura dentro de la muestra.

Una vez cosechada las muestras, estas son llevadas al laboratorio y pesadas frescas, luego secadas y pesadas nuevamente. A partir de esto se puede llegar a conocer la cantidad de materia seca disponible en la pastura.

#### 3.2.1.2. Altura del forraje disponible

La medición de altura del forraje disponible, como ya fue nombrada anteriormente, fue realizada a campo utilizando un rectángulo de 20 cm de ancho por 50 cm de largo para delimitar la zona donde se tomaría la muestra de la altura de la pastura.

Las muestras fueron sacadas al azar dentro de cada parcela, y en cada una de ellas se realizaban tres mediciones de altura de la pastura en la diagonal del rectángulo, para luego realizar un promedio por muestra.

Por parcela se realizaron 30 muestras de este tipo en cada uno de los muestreos realizados durante el período experimental.

#### 3.2.1.3. Composición botánica

Es la proporción que ocupa cada una de las fracciones de la pastura en el total del forraje disponible. Dichas fracciones son leguminosas, gramíneas, malezas y restos secos; y son estimadas mediante apreciación visual en el campo al mismo momento de recolectar las muestras. Además también se relevó el porcentaje de suelo descubierto presente en cada una de las muestras independientemente de la composición botánica, también estimado mediante apreciación visual.

#### 3.2.1.4 Producción de peso vivo por hectárea

Esta variable fue calculada realizando la diferencia de peso vivo total final y peso vivo total inicial, dividido la cantidad de hectáreas de pastoreo. Dicho cálculo fue efectuado para cada uno de los tratamientos.

#### 3.2.1.5. Ganancia media diaria

Para el cálculo de esta variable se realiza la división de la producción de peso vivo total (peso vivo final menos peso vivo inicial), entre la cantidad de días de duración del periodo de pastoreo por animal.

### 3.3. HIPÓTESIS

#### 3.3.1. Hipótesis biológicas

- \* El agregado de fósforo aumenta la disponibilidad de materia seca.
- \* El agregado de fósforo afecta la composición botánica de la pastura.
- \* El agregado de fósforo aumenta la producción de peso vivo por ha.

#### 3.3.2. Hipótesis estadísticas

Ho:  $\alpha_1 = \alpha_2 = 0$

Ha: al menos un efecto del tratamiento es diferente de cero

Ho:  $\beta = 0$

Ha: al menos un efecto del bloque es diferente de cero.

### 3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados experimentales fueron analizados estadísticamente, realizándose el análisis de la Varianza de medias de tratamientos y las comparaciones fueron utilizando el test LSD Fisher.

#### 3.4.1. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- $Y_{ij}$  corresponde a la variable de interés
- $\mu$  es la media general
- $T_i$  es el efecto del  $i$ ésimo tratamiento (dosis de fosforo)  $i = 34, 5, 69$
- $\beta$  es el efecto del  $j$ ésimo bloque  $j = 1, 2$
- $\epsilon_{ij}$  es el error experimental

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. DATOS METEOROLÓGICOS

En la siguiente figura se presentan los datos del registro de precipitaciones mensuales acumuladas para el período comprendido entre mayo-diciembre 2012, comparándolos con los datos promedios de precipitaciones de la serie histórica comprendida entre los años 2002-2012 para la localidad de Paysandú.

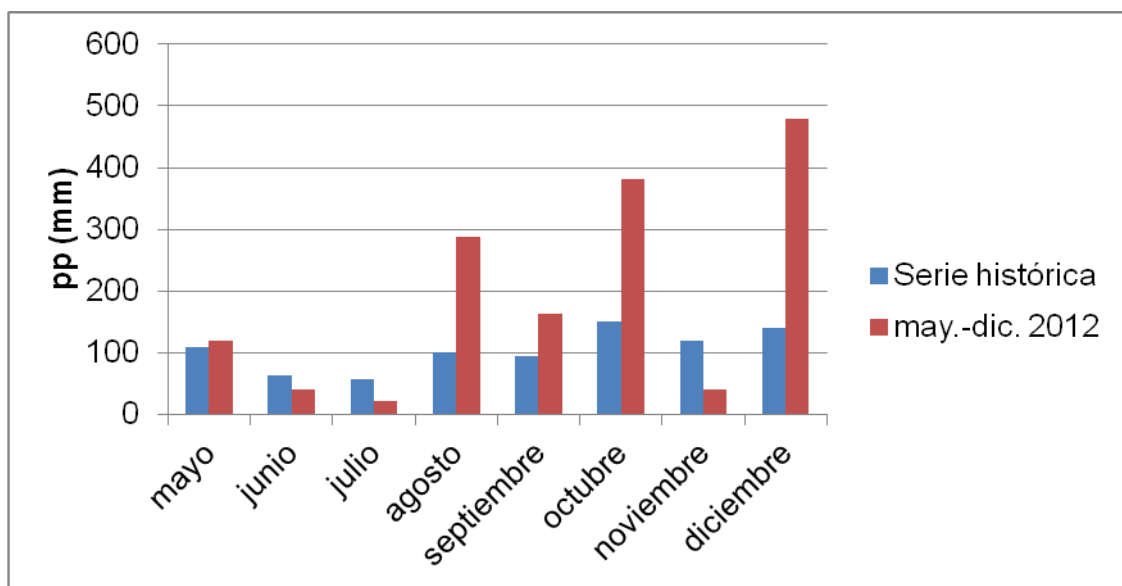


Figura No. 3. Registro de precipitaciones

Las precipitaciones acumuladas mensuales para el período mayo-diciembre 2012 fueron siempre superiores con respecto a los datos de la década 2002-2012 salvo para los meses de julio y noviembre.

Con estos datos de precipitaciones, que se encuentran muy por encima de la media de la serie histórica, se puede decir que para el período en estudio la cantidad de agua en el suelo es mayor a la evapotranspiración del mismo, dando lugar a un exceso hídrico en el suelo.

Este exceso hídrico en el suelo durante el período de crecimiento de las plantas puede haber provocado una detención en el crecimiento de las mismas.

Esto concuerda con la bibliografía consultada que indica que durante un período de anaerobiosis en el suelo, se reduce la concentración de oxígeno y la

absorción de agua y nutrientes por parte de las raíces con la consecuente disminución en el crecimiento de las plantas (Hernández, 1999).

A continuación se presentan los datos de precipitaciones ocurridas durante el verano previo al período experimental (2011-2012) comparándolos con los datos de precipitaciones promedio de los últimos diez veranos.

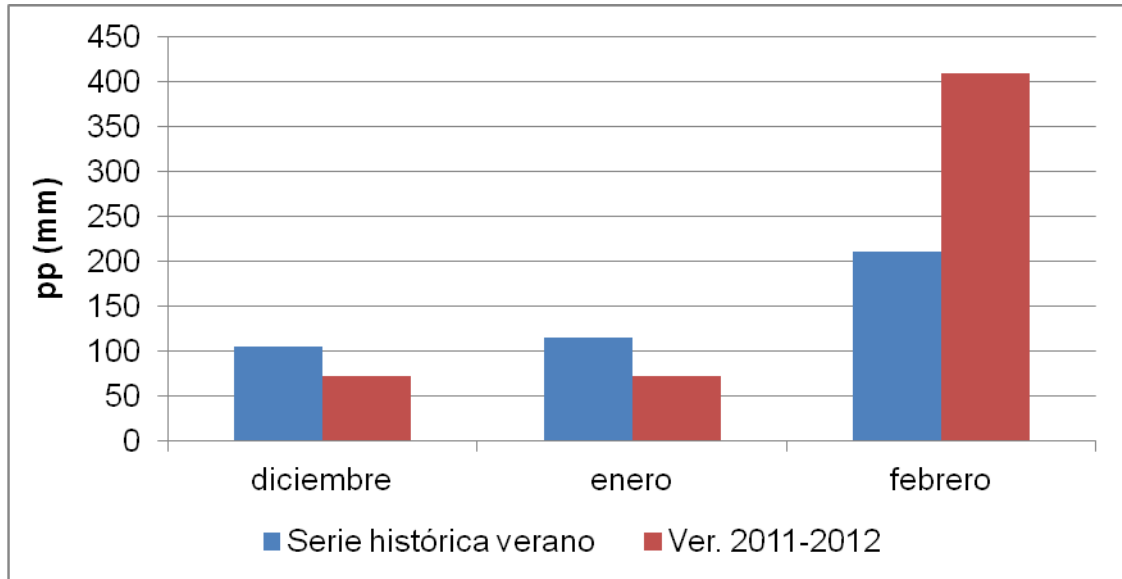


Figura No. 4. Precipitaciones de veranos anteriores

En el gráfico anterior se observa que los niveles de precipitaciones de diciembre 2011 y enero 2012 se encuentran por debajo de los niveles de la serie de los últimos diez años.

Dicha falta de agua en estos meses del año podría ser causante de inconvenientes en la persistencia de las especies en estudio ya que podría provocar la muerte de plantas por déficit hídrico.

También se observa en el gráfico que en el mes de febrero ocurre un exceso de precipitaciones en comparación con la serie histórica, lo cual puede causar una desventaja para las especies implantadas, sobre todo en *Trifolium pratense*, que es más susceptible a los excesos de agua en el suelo, pudiendo ser afectada por enfermedades como *Fusarium* (Altier, 2010).

Trébol blanco frente a condiciones de déficit hídrico toma un comportamiento anual y se perpetúa en el tiempo vía semilla. Trébol rojo es una especie que es más dependiente de la perennidad que desarrolla, o sea de la

sobrevivencia de plantas, ya que su resiembra es muy errática (Carámbula, 2002a).

Este primer verano es el más crítico para las especies introducidas, las cuales son especies de ciclo invernal y su perennidad es muy dependiente del manejo aplicado y de las condiciones de humedad y temperatura del verano.

En resumen del gráfico, la falta de agua en los primeros meses del verano puede presentar condiciones adversas a las especies implantadas, dejando lugares libres en el terreno para la proliferación de malezas y especies C4 como *Paspallum dilatatum*, *Paspalum notatum*, *Digitaria sanguinalis*, entre otras que perfectamente podrían capitalizar el espacio vacío y el aporte de nitrógeno dejado por la leguminosas.

Y a demás el exceso de precipitaciones del mes de febrero podría provocar condiciones también adversas a las especies en estudio, por exceso de agua en el suelo, y favorables para las malezas nombradas anteriormente.

Para sustentar lo mencionado anteriormente se presenta a continuación un balance hídrico elaborado a partir de datos de precipitaciones y evapotranspiración para el periodo comprendido entre julio de 2011 (momento de implantación) y diciembre de 2012 (fin del período del presente experimento).

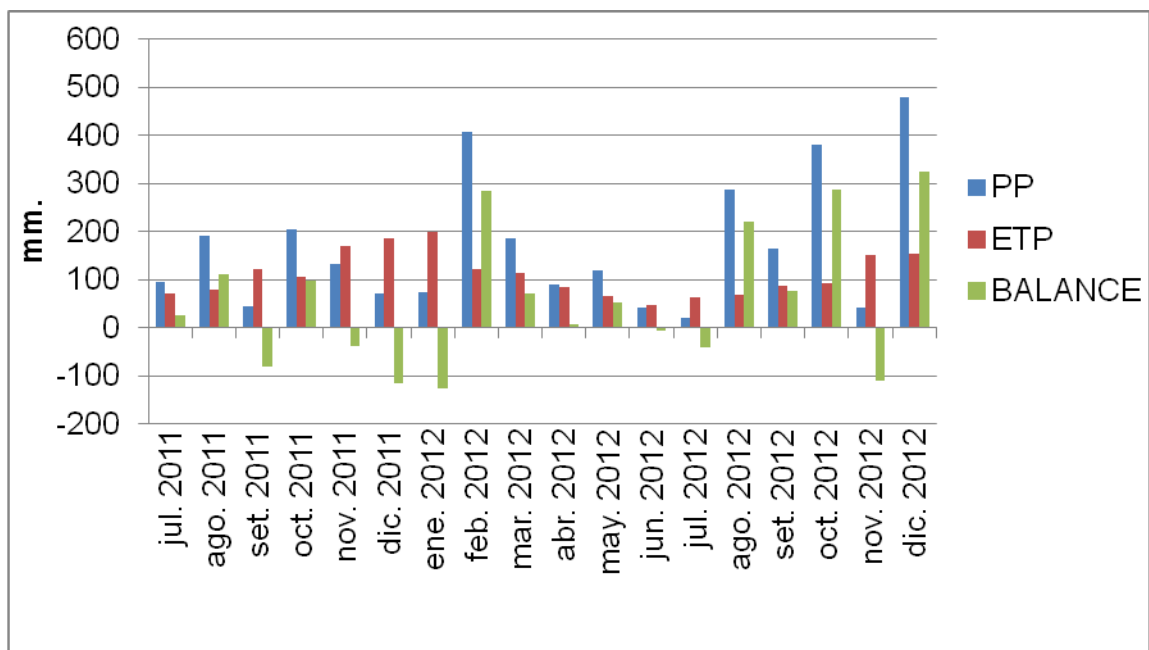


Figura No. 5. Balance hídrico

En la siguiente figura se presentan los datos de temperaturas medias mensuales para el período experimental, en comparación con las temperaturas medias históricas.

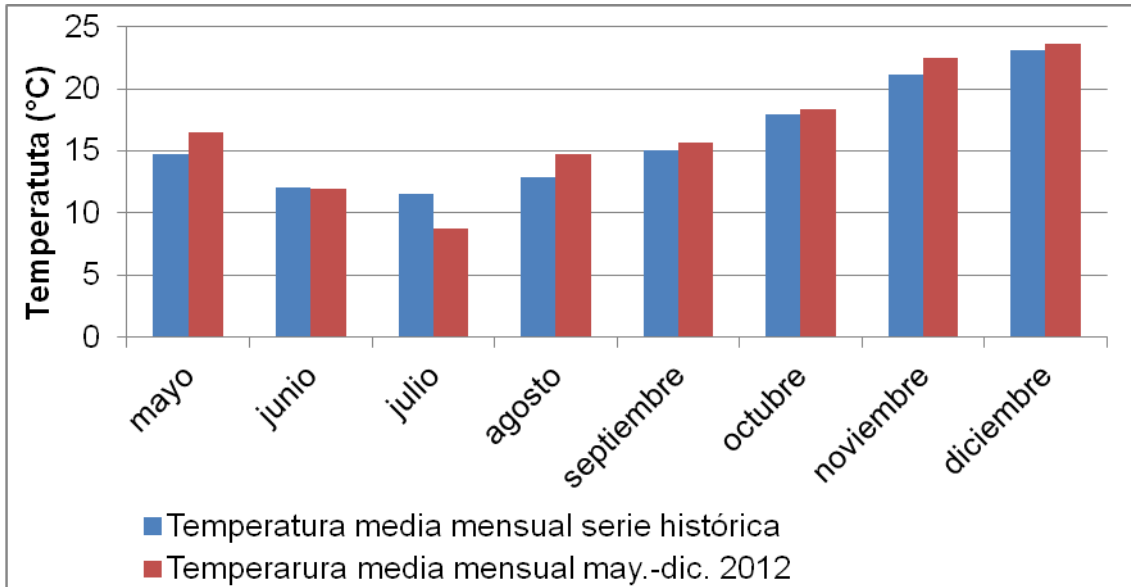


Figura No. 6. Temperaturas medias mensuales del período y medias históricas

En cuanto a las temperaturas medias mensuales, desde el comienzo del período, en adelante, las temperaturas medias del período experimental se encuentran por encima de la temperatura media de la serie histórica en casi todos los meses excepto por los meses de junio y julio, en donde la temperatura del período es menor a la media de la serie histórica.

A su vez, en los meses de junio, julio y agosto, tanto la temperatura media de la serie histórica como la del período experimental, están por debajo del rango óptimo para el crecimiento de las especies sembradas. Según Carámbula (2002a), las temperaturas óptimas para el crecimiento de *Trifolium repens* y *Trifolium pratense* son de 15 a 20 °C.

A continuación se presenta la gráfica que muestra las temperaturas máximas y mínimas, tanto para el período experimental, como para la serie histórica 2002-2012.



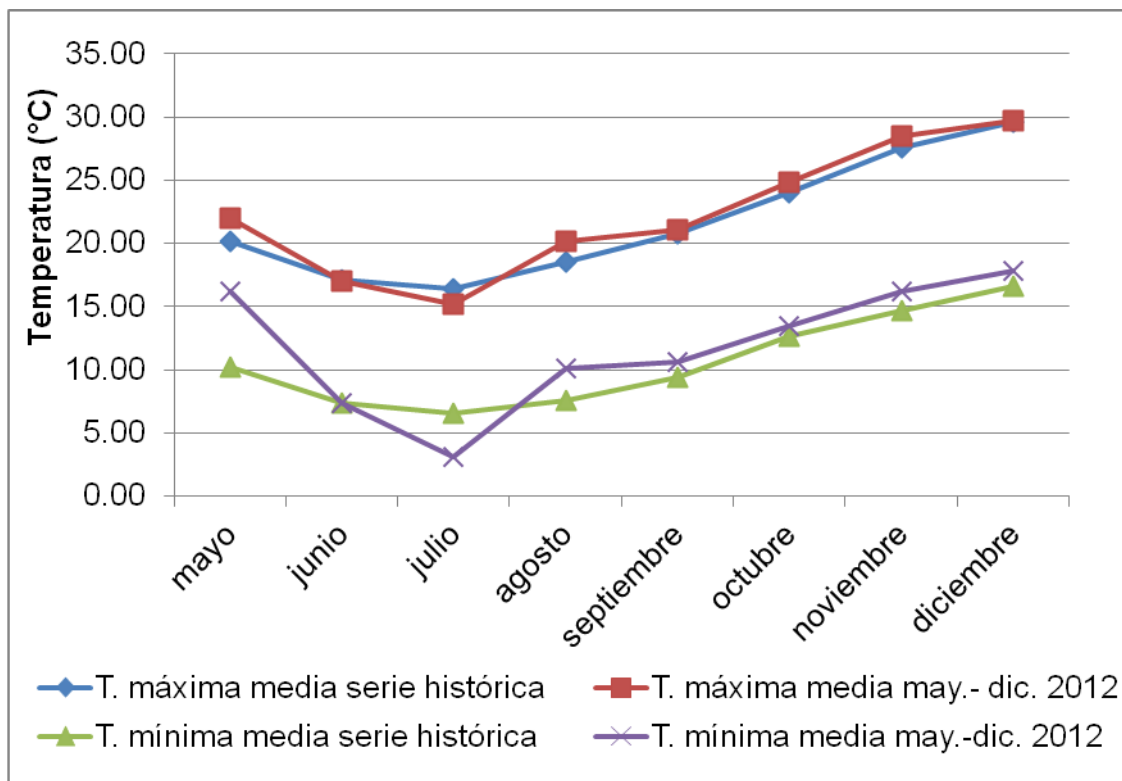


Figura No. 7. Temperaturas mínimas y máximas medias del período y medias históricas

En el gráfico se observa que las temperaturas mínimas del período experimental se encuentran siempre por encima de la mínima de la serie histórica, salvo en el mes de julio, donde como ya habíamos dicho, la media mensual tampoco supera a la de la serie histórica (Figura No. 2).

A su vez, la temperatura máxima para el mes de julio tampoco supera a la de la serie histórica, encontrándose en el límite inferior del rango óptimo de temperaturas para el correcto crecimiento de las especies instaladas.

## 4.2. CANTIDAD, ALTURA Y EVOLUCIÓN DEL FORRAJE DISPONIBLE

### 4.2.1. Cantidad de forraje disponible

En el siguiente cuadro se muestran los resultados promedios de la cantidad de forraje disponible el período experimental en kg de materia seca /ha.

Cuadro No. 2. Cantidad de forraje disponible promedio

Tratamiento	Forraje disponible promedio (kg MS/ha)
34,5 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1470a
69 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1335a

En el cuadro anterior se observa que no hay diferencias significativas en cuanto a la disponibilidad de forraje entre los tratamientos de 34,5 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y de 69 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> agregados.

Estos valores son numéricamente menores a los obtenidos en el año anterior al experimento, en la misma pastura, donde se registraron valores de disponibilidad de materia seca de 2090 kg/MS/ha y 3053 kg/MS/ha para los tratamientos de bajo y alto agregado de fósforo respectivamente (Guggeri et al., 2012).

Los valores obtenidos también son menores a los reportados por Risso et al. (2002a), el cual presenta valores promedio de 1800 kg/MS/ha en coberturas con *Trifolium repens*.

#### 4.2.2. Altura del forraje disponible

A continuación se presentan los datos obtenidos de altura promedio de forraje disponible para el período de estudio en los distintos tratamientos.

Cuadro No. 3. Altura promedio del forraje disponible

Tratamiento	Altura disponible Promedio (cm)
34,5 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8,11a
69 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	7,63a

En el cuadro se observa que no hubo diferencias significativas en cuanto a las alturas de forraje disponible tanto para el tratamiento con altas dosis de fósforo como para el de baja dosis de fósforo agregado.

Esto no concuerda con lo estudiado en el año anterior de la misma pastura donde si se registraron diferencias en la altura del forraje disponible a favor del tratamiento con alta dosis de fosforo, demostrando una ventaja desde el punto de vista del acceso al alimento y de la eficiencia de uso del mismo ya que esto no permite que haya una acumulación de material senescente (Guggeri et al., 2012).

Tanto las alturas como los disponibles aquí mencionados están más cerca de ser un remanente adecuado que un disponible. Esto podría deberse a la estructura que tomo el mejoramiento debido a la menor participación de las leguminosas en el año en estudio, al menor periodo de descanso de la parcela y a una mayor participación de gramíneas postradas como *Paspalum notatum* y *Digitaria sanguinalis*.

#### 4.2.3. Evolución del forraje disponible

A continuación se presenta el gráfico que muestra la evolución del forraje disponible para el periodo del experimento.

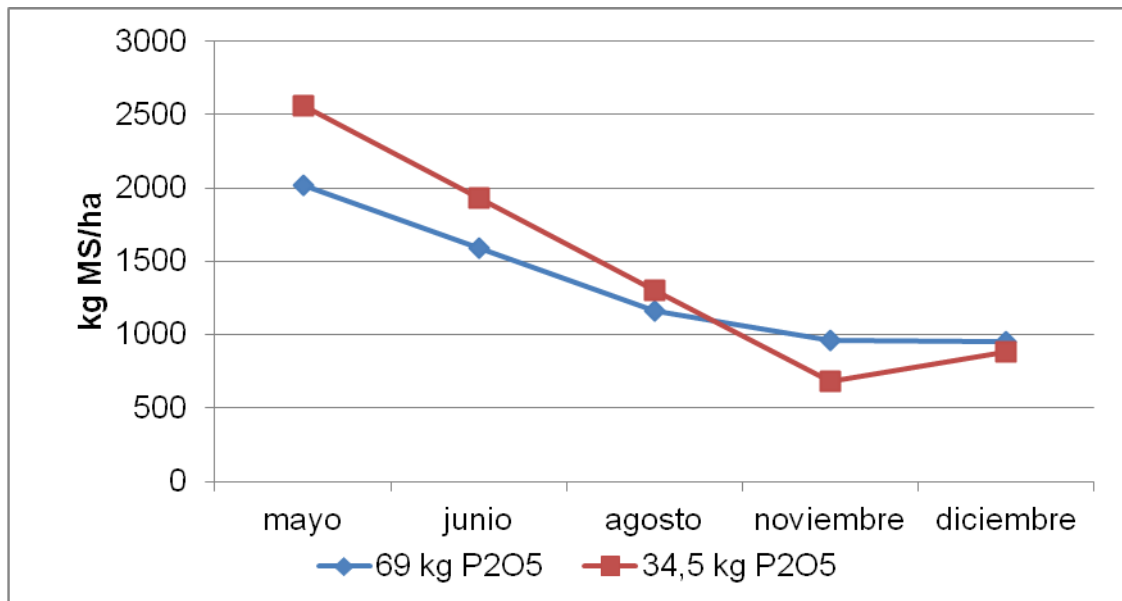


Figura No. 8. Evolución del forraje disponible

En la figura se observa que la cantidad de forraje disponible va disminuyendo conforme pasa el tiempo de manera brusca hasta el mes de noviembre para ambos tratamientos.

En dicho mes y en adelante, la cantidad de forraje disponible para el tratamiento de mayor dosis de fósforo cesa su disminución y comienza a mantenerse la cantidad de forraje disponible hasta el mes de diciembre. Mientras que para el tratamiento de menor agregado de fosforo la disponibilidad de forraje comienza a aumentar en el mes de noviembre a diciembre.

A continuación se presenta la relación que existe entre la disponibilidad de materia seca en los momentos en la que fue medida con la temperatura promedio de dichos momentos.

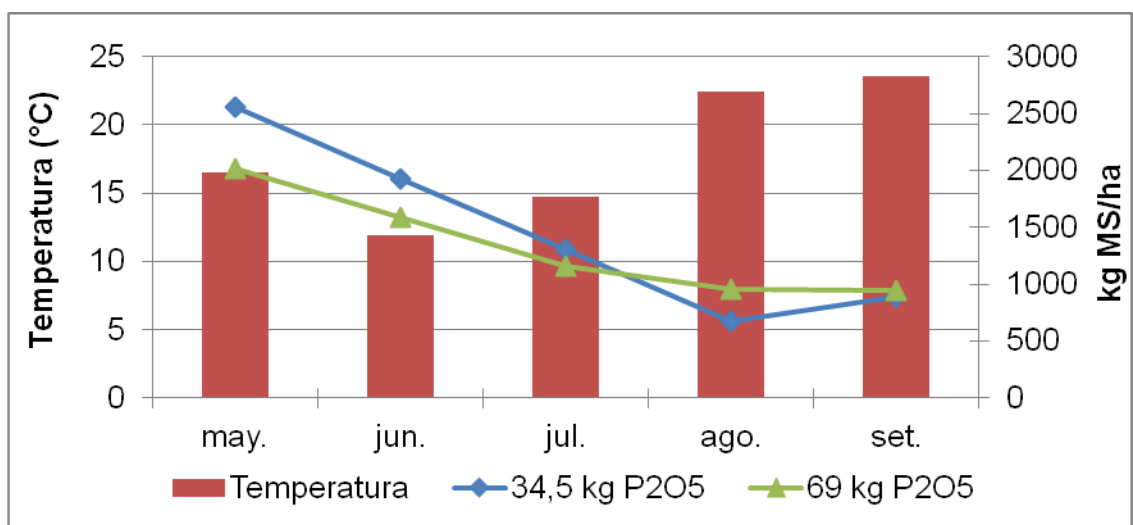


Figura No. 9. Relación entre forraje disponible y temperatura media

En la figura anterior se observa que la cantidad de materia seca disponible disminuye desde el comienzo del experimento hasta el mes de noviembre.

La disponibilidad de materia seca es mayor en el mes de mayo cuando la temperatura se encuentra por encima de los 15°C, y comienza a disminuir conforme la temperatura disminuye. La disponibilidad de materia seca deja de disminuir en el mes de noviembre para ambos tratamientos, momento en el cual la temperatura promedio vuelve a superar los 15°C, la cual es la temperatura mínima del rango óptimo para las especies implantadas.

#### 4.3. COMPOSICIÓN BOTÁNICA

En la siguiente figura se presentan los datos de la composición botánica promedio en todo el período experimental para los dos tratamientos. Fueron evaluados los componentes gramínea, leguminosa, restos secos y malezas.

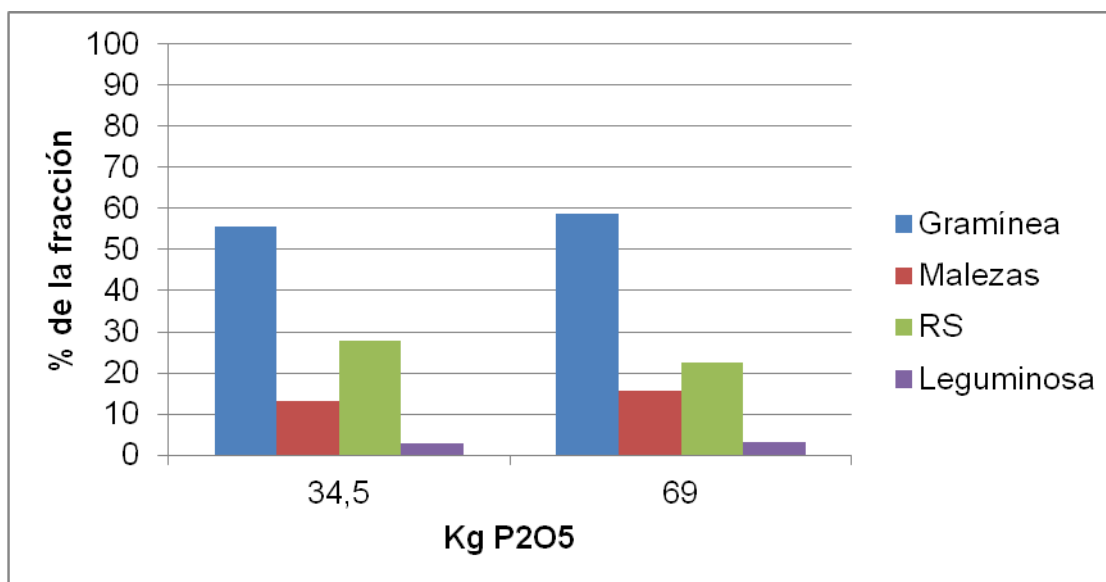


Figura No. 10. Composición botánica %

Como se puede observar en el gráfico la composición botánica de la pastura en estudio esta explicada en gran cantidad por el componente gramínea en ambos tratamientos, luego le siguen los restos secos, malezas y en último lugar por las leguminosas.

Estos resultados no coinciden con lo ocurrido en el primer año de la pastura en donde el componente leguminosa se encontró por encima de la gramínea, y conjunto con esta explicaron el 67 % de la composición botánica para el tratamiento de bajo nivel de fósforo agregado y el 90 % para el tratamiento de alto nivel de fósforo (Guggeri et al., 2012).

Tampoco concuerda con lo dicho por Hernández (1999), quien afirma que *Trifolium repens* tiene mayor respuesta a fósforo que otras especies debido a sus requerimientos, ya que al duplicar la dosis de fósforo no se muestran aumentos significativos en la leguminosa.

También difiere con lo expresado por Riso (2002a), que expresa que en coberturas tanto con *Lotus corniculatus* como con *Trifolium repens*, el aporte de la fracción leguminosas promedia en un 35 % para el segundo año de un mejoramiento en condiciones similares al en estudio.

En cuanto al componente leguminosa, en el experimento realizado cabe destacar que la especie *Trifolium pratense* fue despreciable dentro de la pastura debido a que no se encontraron plantas en los muestreos realizados. Por lo que se puede decir que la leguminosa dominante fue *Trifolium repens*.

Este escenario donde no se encontró la especie *Trifolium pratense* puede deberse a las condiciones climáticas adversas que se presentaron en el año del experimento. El exceso hídrico del mes de febrero previo al período experimental sumado a las precipitaciones del período puede haber causado un efecto negativo para el desarrollo de dicha especie.

A demás en el año de instalación de la pastura ya se habían registrado excesos de agua en el momento de la implantación de la misma, lo que había llevado a una baja contribución de la especie en la mezcla ya en el primer año de estudio (Guggeri et al., 2012).

Por otra parte, el exceso hídrico en el mes de febrero, pudo haber favorecido el empastamiento de la pastura, como fue nombrado anteriormente. Este empastamiento puede haber afectado a las plantas sobrevivientes de las especies de interés desde el punto de vista de los requerimientos de luz.

El trébol blanco particularmente tiene altos requerimientos de luz, según Blackman y Templeman, citados por Haynes (1980), definieron que la actividad y desarrollo de trébol blanco creciendo con gramíneas era muy deprimida cuando se descendían los niveles de luz al 60%.

Cuando el trébol se asocia con gramíneas, las mismas tienen mejor adaptación a condiciones de sombreado, crecen mejor con intensidades de luz reducidas, lo cual hace que el trébol blanco vaya perdiendo capacidad de competencia en el tapiz (Langer, citado por Haynes, 1980).

Según Geyger, citado por Haynes (1980), el trébol blanco tiene hojas planófilas, lo que significa que con pocas hojas intercepta la suficiente luz. Pero esto significa que también se auto sombrea la planta, no dejando nacer nuevos tallos de las yemas de los estolones, por esto tendría que tener un equilibrio entre tasa de senescencia y formación de nuevas hojas, así como IAF óptimo de 4-5 para que no se dé el auto sombreado, y poder competir con las gramíneas asociadas (Brougham, Davidson y Donald, citados por Haynes, 1980).

Esta alteración táctica de las plantas frente a la luz de la cual disponen, como radiación R/RL interceptada esta mediada por el sistema del fitocromo, el cual hace que la planta o crezca en altura o desarrolle nuevas hojas dependiendo de la calidad de luz (Holmes, citado por Caldwell y Hodgkinson, 1985).

Por lo mencionado anteriormente, en la pastura en estudio es esperable que el trébol blanco priorice su crecimiento en altura en vez de la estolonización, dado que las condiciones de luz no son las óptimas para ello

(debido al sombreado por empastamiento). Esto impide la colonización del tapiz por el mecanismo de propagación vegetativa.

Blackman y Black, citados por Haynes (1980), estudiando los niveles de luz requeridos por el trébol blanco y otras especies para obtener máximas tasas de crecimiento, también deja en evidencia las necesidades de luz del trébol blanco.

Con respecto al componente gramínea, es de primer orden destacar la presencia de *Lolium multiflorum* en una proporción importante y *Stipa setigera* haciendo un aporte considerable también. Esto concuerda con lo expresado por Risso (2002a), quien dice que luego del segundo año en mejoramientos sobre cristalino la frecuencia de especies invernales tierno-finas empiezan a incrementarse.

En el siguiente cuadro se muestran los niveles óptimos de luz para máximas tasas de crecimiento en distintas especies.

Cuadro No. 4. Niveles óptimos de de luz para máximas tasas de crecimiento relativo en diferentes especies

Especie	Nivel de luz (luz del día = 1)
<i>Lolium multiflorum</i>	0,71
<i>Trifolium repens</i>	1,85
<i>T. pratense</i>	1,00
<i>T. hybridum</i>	1,48
<i>Medicago sativa</i>	2,51

Fuente: Blackman y Black, citados por Haynes (1980).

Esta data confirma que las leguminosas en general son más demandantes que las gramíneas en cuanto a requerimientos de luz, particularmente al trébol blanco las condiciones de sombreado, le podrían estar perjudicando la formación de estolones a partir de las yemas axilares, si las mismas no reciben la suficiente luz esto perjudicaría la perennidad y propagación del trébol blanco en la pastura (Beinhart, citado por Haynes, 1980).

La baja contribución del componente leguminosa puede deberse también a los bajos niveles de precipitaciones registrados en los meses de diciembre y enero previos al experimento. Esta falta de agua en un momento tan importante para la semillazón y posterior persistencia de la pastura puede haber afectado negativamente la proliferación de la misma.

La pastura fue pastoreada hasta mediados de noviembre del año anterior, lo que también puede haber afectado la semillazón de las especies

implantadas, ya que la recomendación para favorecer la persistencia de estas especies es disminuir la carga animal en la estación de primavera de manera de permitir que un porcentaje aceptable de plantas logre completar su ciclo y semillar (Carámbula, 1996).

Por otra parte, es sabido que por su crecimiento estolonífero el trébol blanco es altamente resistente al pastoreo, y a su vez es favorecido por altas frecuencias e intensidades. Este manejo permite cubrir el suelo por una red de estolones; aumentando el área fotosintética por aumento en la cantidad de hojas de tallos provenientes de esos estolones. Por consecuencia el crecimiento y la sobrevivencia del trébol blanco apostando a su perennidad dependen de la proliferación de los estolones (Davidson y Birch, citados por Haynes, 1980).

Hunt y Wagner, citados por Haynes (1980), demostraron que el pastoreo frecuente a baja altura retribuye a que se coseche la mayor cantidad de materia seca de trébol en una pastura asociada, mientras que la cantidad de trébol cosechado descendía a mayor altura de cosecha de forraje.

Lo antedicho indica que para obtener una pastura con buena proporción de trébol blanco y con una apreciable perennidad es necesario mantener el tapiz bajo alrededor de los 5 cm, permitiendo el crecimiento estolonífero, la formación de nuevos tallos y hojas, esto es explicado por su hábito de crecimiento y su necesidad de luz. Esto es respaldado por Dobson et al., citados por Haynes (1980), el cual demostró que el trébol en sus distintas variedades tiene mayores producciones de materia seca y mayor área de la pastura cubierta por leguminosas cuando se mantiene el tapiz en 5 cm frente a 10 cm, por lo cual se respalda una de las posibilidades de que se hayan perdido plantas o se haya comprometido la performance del trébol blanco con el enmalezamiento estival o el empastamiento del tapiz.

En cuanto a los períodos de descanso dentro del pastoreo en el primer año de la pastura en estudio, los mismos fueron de 40 días. Esto podría estar explicando, en parte, la baja contribución de la especie *Trifolium pratense*, ya que lo recomendable para beneficiar a dicha especie son periodos de descanso en el pastoreo de 60 días (Carámbula, 2002b). Esta realidad sumado a la información que brinda Guggeri et al. (2012), de que ya en el primer año la presencia de *Trifolium pratense* fue casi despreciable y el desenlace climático anteriormente descrito, lleva a pensar que las condiciones para esta especie fueron especialmente negativas.

En el siguiente gráfico se muestra como fue la evolución de la contribución del componente leguminosa dentro del tapiz vegetal para cada uno



de los tratamientos, expresado como porcentaje dentro de la composición botánica.

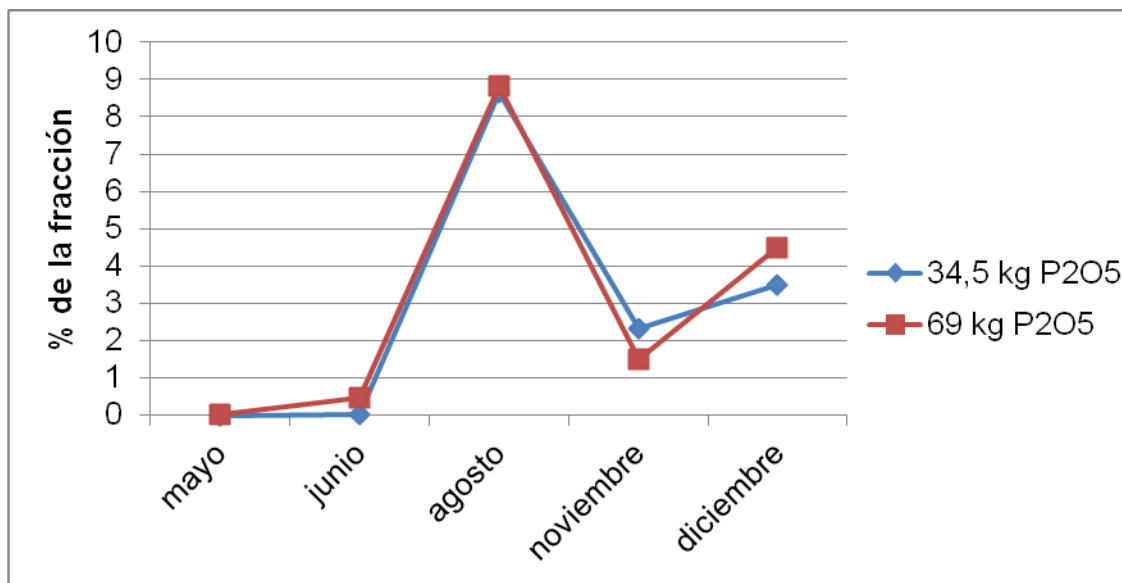


Figura No. 11. Evolución del componente leguminosa

En la figura anterior se observa lo dicho anteriormente, la contribución de la leguminosa dentro de la composición es baja durante todo el período experimental, no superando nunca el 10 %, y sin haber diferencias significativas entre los tratamientos.

Con los datos de materia seca disponible promedio y la contribución de la leguminosa dentro del tapiz se calcularon los datos de cantidad de materia seca de leguminosas, los resultados se muestran a continuación.

Cuadro No. 5. Contribución de la fracción leguminosa en kg de MS/ha en el disponible promedio

Tratamiento	Disponible leguminosas kg/ha
34,5 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	43a
69 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	41a

Los datos del cuadro dicen que el aporte de leguminosas a la pastura fue de 2,9 % en el tratamiento de bajo agregado de fósforo y de 3,06 % en el de alto agregado de fósforo (ver análisis estadístico en anexo). No se observan diferencias significativas en lo que respecta a la contribución de la leguminosa a la materia seca total de la pasturas entre los dos tratamientos del experimento.

Observando el cuadro se ve claramente el bajo rendimiento de la leguminosa y su consecuente poca contribución de ella a la materia seca de la pastura. Esta situación puede estar dada o relacionada con las causas discutidas anteriormente en este mismo ítem.

Anteriormente se discutieron algunas hipótesis de porque puede haber fallado la cobertura en estudio, pero aunque el objetivo primario de la cobertura es apostar a la perennidad de la muestra, también debemos analizar si tal fuera el caso, de que el trébol blanco y rojo produjeron semillas, porque no germinaron las mismas determinando una muy baja participación de leguminosas en el tapiz analizado.

Se sabe que el trébol blanco posee una buena semillazón bajo distintas formas de cultivo, por lo tanto si no está su presencia por perennidad, debería estarlo por resiembra natural.

Analizando el efecto de calidad de luz y distintos niveles de radiación rojo/rojo lejano, y su efecto en la germinación de semillas, se intentara explicar, en el caso de que haya habido presencia de semillas de trébol en el suelo, porque las mismas no germinaron.

Deregibus et al. (1994), estudiaron el efecto de radiación lumínica en la resiembra de raigrás, particularmente la influencia de la relación de la radiación R/RL en la germinación. Al ser una planta anual con buena resiembra natural, podemos inferir que para el caso de trébol blanco desde el punto de vista lumínico y de radiación para sembrarse se pueda comportar de manera similar, en lo que a resiembra natural de raigrás se refiere.

Para ello Deregibus et al. (1994), encontraron que bajo pastoreo controlado había mayor densidad de plántulas que con pastoreo continuo independiente de si se pastoreaba con ovinos o vacunos, y la mayor cantidad de plántulas significativas se encontraron en pastoreo controlado de fin de verano con ovinos, y remanente del tapiz inferior a 5 cm. También que la germinación significativa se daba en los tratamientos con corte mecánico más agresivos, menores a 2 cm de altura de canopeo.

Por lo tanto es esperable que para el trébol blanco tenga que haber un tratamiento de defoliación intenso a fin de verano que permita condiciones similares a las descritas anteriormente para lograr una buena germinación.

Según Deregibus et al. (1994), estudiando la radiación rojo/rojo lejano, se encontró que el raigrás germinaba más con mayores niveles de R/RL, incluso mejor solo con radiación R, que con RL, o condiciones de R/RL= 0,28

que simularan luz natural de un canopeo alto, con la cual la germinación fue mala. Teniendo en cuenta que es la forma activa del fitocromo, que absorbe radiación R, la que promueve la germinación del raigrás, los niveles de radiación en condiciones naturales de semilla y ambiente que se encontraron que promovían la germinación son; entre 0,01 y 0,5 la germinación es mala no llegando al 20%, entre 0,5 y 0,8 que serían las condiciones de campo, tampoco hay diferencias significativas que indiquen buena germinación, y a medida que se aumenta de R/RL de 0,8 hasta 1,1 es donde se obtiene la mayor germinación, por encima de R/RL 1,1 comienza a disminuir la germinación.

Se asume que trébol blanco es factible tenga un comportamiento similar al del raigrás anteriormente descrito, también necesita de la forma activa del fitocromo con adecuados niveles de radiación R/RL para tener una buena germinación.

Desde el punto de vista del manejo de la pastura estas condiciones se podrían obtener a fin de verano con altas cargas instantáneas durante un corto periodo de tiempo.

Otro punto a tener en cuenta es que las leguminosas como grupo tienen una mejor tasa de germinación frente a las gramíneas como grupo, por lo cual esto debería ser un factor a favor en la germinación del trébol blanco, si se dan las condiciones de nutrientes, agua y luz para una resiembra natural (McWilliam et al., 1969).

#### 4.4. PRODUCCIÓN ANIMAL

Como ya se nombro anteriormente, las variables evaluadas para producción animal, fueron las de producción de peso vivo por hectárea y ganancias medias diarias por animal. Las mismas fueron calculadas a partir de pesadas de los animales que pastorearon el área experimental. Estas pesadas fueron realizadas en los meses de mayo, setiembre y diciembre.

En la figura a continuación se muestra la evolución de pesos vivos de los animales en pastoreo para los distintos tratamientos a lo largo del período experimental, expresada en kg de peso vivo promedio por animal.

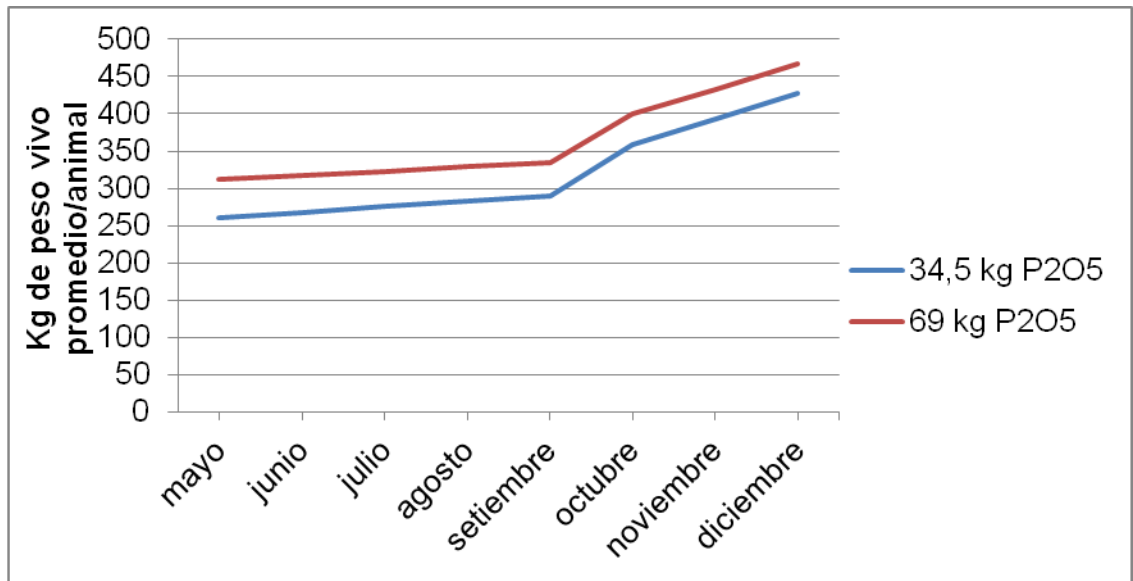


Figura No. 12. Evolución del peso vivo

En la figura se observa que los animales lograron desarrollar un incremento de peso en todo el período del experimento. Este incremento, experimentó una tasa menor de ganancia diaria que corresponde al final del otoño e invierno y una tasa mayor de ganancia diaria en el periodo primaveral.

Los animales ubicados en el tratamiento de mayor agregado de fósforo, tuvieron un peso mayor desde el comienzo del experimento, y que se mantuvo de esta manera hasta el final del mismo. Esta diferencia ha generado que el tratamiento de mayor agregado de fósforo, tenga que soportar una presión de pastoreo un 12 % mayor con respecto al tratamiento de menor agregado de fósforo, lo que se traduce en 110 kg de PV/ha a mas y que equivale a 0,27 UG a mas.

Si tomamos en cuenta la referencia de Vaz Martins (1997), que para lograr una dieta de mantenimiento un vacuno consume el 1,5% del PV con una dieta del 60% de digestibilidad, se podría decir que el tratamiento de mayor agregado de fósforo esta subestimado en 663 kg de MS/ha. Este valor sale de calcular el 1,5% del peso vivo promedio, multiplicado por el periodo de pastoreo y asumiendo una utilización del forraje del 50%.

Para realizar la evolución de peso vivo mes a mes durante el período experimental, se tomaron en cuenta los valores de las pesadas de los animales en los meses anteriormente nombrados, y las ganancias diarias por animal, calculadas para cada uno de los tratamientos en los distintos momentos del año.

Con los datos de las pesadas de ganado a inicio y fin del pastoreo, y teniendo en cuenta de que cada tratamiento fue pastoreado con 2,5 novillos por hectárea, se obtuvieron las producciones totales animales por hectárea para cada uno de los tratamientos.

Cuadro No. 6. Producción animal por hectárea

Tratamiento	Producción animal (kg/ha)
34,5 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	418
69 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	387

En al cuadro se observa que hay una producción de 31 kg de peso vivo por hectárea mayor para el tratamiento de menor agregado de fósforo.

Estos datos de producción animal concuerdan con los resultados del trabajo de Risso y Montossi (2002b), donde dice que con novillos de razas británicas pastoreando una cobertura de *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* de segundo año se obtuvieron valores de producción de peso vivo cercanos a los 425 kg/ha/año

Con respecto a los resultados en producción de carne/ha del primer año del mejoramiento en estudio, se puede decir que las producciones en ambas situaciones de agregado de fósforo fueron similares. Cabe destacar que el período de utilización del mejoramiento en el primer año, comprendió básicamente los meses de primavera escapando al invierno, aspecto que difiere con el ensayo de Risso y Montossi (2002b) antes mencionado. Esto determina que los animales tengan menores requerimientos energéticos para mantenimiento por las condiciones ambientales más favorables aumentando la eficiencia productiva (Rovira, citado por Guggeri et al., 2012).

Por su parte, Ayala y Carambula, citados por Guggeri et al. (2012), destacan altas producciones de peso vivo (550 kg/ha/año) sobre mejoramientos en cobertura de segundo año de *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* bajo niveles de fósforo no limitantes.

En el siguiente cuadro se presentan las ganancias individuales para los meses de invierno, primavera y también la ganancia promedio para todo el periodo experimental.

Cuadro No. 7. Ganancia individual (kg/animal/día)

Tratamiento/Momento	Invierno	Primavera	Promedio
34,5 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,23 a	1,63 a	0,81 a
69 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,22 a	1,60 a	0,79 a

En el cuadro se observa que tanto para los meses de invierno, ni de primavera existen diferencias significativas en cuanto a ganancias diarias de peso para ninguno de los tratamientos.

Estos valores no concuerdan con los resultados del primer año del experimento, en cuanto a las diferencias significativas a favor del tratamiento de mayor agregado de fósforo (1,93 kg/animal/día vs 1,44 kg/animal/día). Diferencias explicadas por mayor oferta de forraje (7,2% vs 5,4%) en el tratamiento de 69 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, lo que lleva a una dieta de mayor calidad nutricional (por selección), logrando mejores resultados productivos (Guggeri et al., 2012).

Esta similitud en el año en estudio en la ganancia diaria para los distintos tratamientos, se podría deber a la muy baja participación de las leguminosas en ambos. Cabe recordar que las leguminosas tienen mayor capacidad de expresar respuesta al agregado del nutriente en cuestión que las gramíneas (Carambula, 2002a).

En la figura a continuación se presenta la relación entre la temperatura promedio del período experimental y la evolución de peso vivo de los animales en pastoreo para cada uno de los tratamientos.

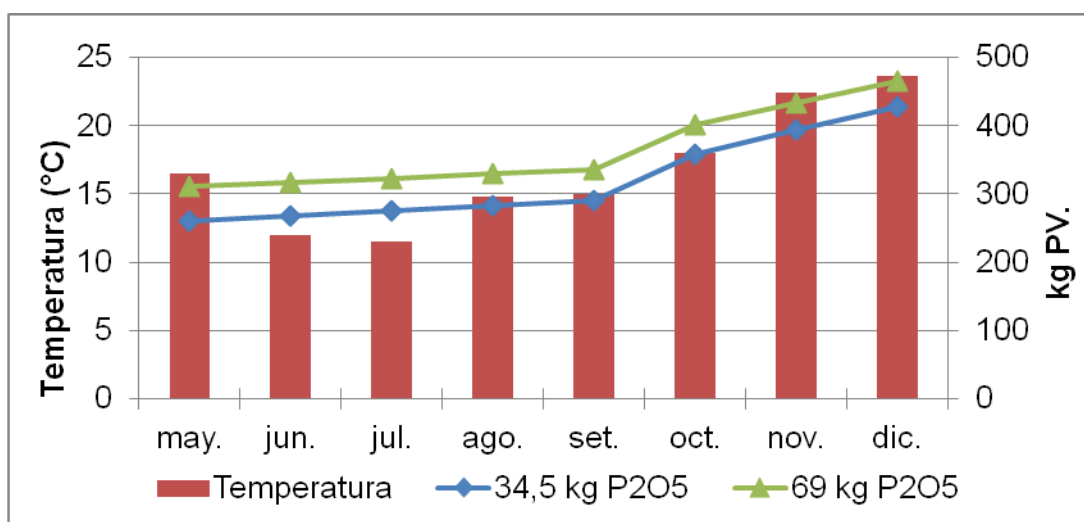


Figura No. 13. Relación entre evolución de peso vivo y temperatura media

En el gráfico se observa que la variación de peso vivo es menor para ambos tratamientos en los meses de invierno (de junio a agosto), lo que concuerda con los menores valores de ganancias diarias en esta época del año como fue visto anteriormente.

A partir del mes de setiembre en adelante se nota un mayor incremento en la variación de peso vivo para ambos tratamientos, coincidiendo esto con un aumento de las temperaturas medias de aquí en adelante, y también con las mayores ganancias de peso por animal para esta época del año (primavera). Al ingresar en esta etapa del año se podría decir que la dieta logro un perfil nutricional adecuado para elevadas ganancias diarias. El material aportado por *Trifolium repens*, *Lolium multiflorum* y *Stipa setigera* seguramente fueron los protagonistas de esta.

Este incremento en la proporción de gramíneas invernales concuerda con lo expresado por Risso y Montossi (2002b), donde se reporta que a causa de la fertilización fosfatada y la fijación biológica de las leguminosas, aportaron a la composición botánica a partir del segundo año, especies como *Lolium multiflorum*, *Stipa setigera*, *Piptochaetium stipoides*, *Stipa charruana*, etc. En el mismo trabajo se reporta que este fenómeno se ve potenciado con pastoreos rotativos y con cargas bajas.

Como se mencionó anteriormente, la problemática generada a causa de los alambres, se genero información incompleta que no permitió determinar materia seca total y por consiguiente definir la oferta de forraje de forma precisa. Así mismo se presenta información que se basa en el disponible promedio medido y tasas de crecimiento reportadas por Risso y Montossi (2002b), en un experimento de similares condiciones para estimar la oferta de forraje. Partiendo de la información del material disponible promedio de 1470 y 1335 kg de MS/ha para los tratamientos uno y dos respectivamente, se asumieron las tasas de crecimiento diarias de 17,5 kg/MS/ha/día, 11 kg de MS/ha/día y 30 kg de MS/ha/día para el otoño, invierno y primavera respectivamente, y teniendo en cuenta el PV/ha promedio que soporto cada tratamiento se podría decir que el tratamiento de 34,5 kg/ha de  $P_2O_5$  estableció un oferta de forraje del 4,15% PV y el tratamiento de 69 kg/ha de  $P_2O_5$ , se manejo en un 3,53% PV.

Por otra parte y considerando la participación del fósforo en la performance de los animales en pastoreo, Soto y Reinoso (2012), reportan que el fósforo en el forraje ofrecido pareciera ser un elemento esencial en la producción de carne lograda. El contenido de fósforo de las pasturas naturales de nuestro país es bajo, promediando 0,14% de la materia seca. El efecto principal de la deficiencia de fósforo en rumiantes es una disminución marcada

(de hasta 50%) en el consumo de alimentos como consecuencia de una disminución en la actividad microbiana del rumen y en el metabolismo energético intermediario y celular del animal. La tasa de ganancia diaria de peso vivo depende del consumo de alimento por encima de los requerimientos de mantenimiento. A nivel experimental existió respuesta positiva en ganancia de peso vivo a la suplementación con fósforo en vacunos en crecimiento y engorde únicamente cuando la suplementación con fósforo produjo un aumento en el consumo de alimentos, en aquellos casos en que la respuesta en el consumo fue variable también lo fue la ganancia diaria. Para ganado de carne alimentado con dietas de mediana a baja calidad (60 – 50% NDT, calidad similar a la del campo natural en Uruguay) el NRC estima necesidades de 0,12 a 0,18% de fósforo en la materia seca (MS) para animales en crecimiento – engorde, 0,14 a 0,20%.

El impacto de este nutriente en la performance de los animales en pastoreo pareciera ser notorio al imaginar que la fertilización fosfatada pueda haber levantado las restricciones nutricionales para este nutriente y por consiguiente lograr que el desempeño ruminal de estos animales fueran considerablemente aceptables. De lo expresado anteriormente se podría deducir que la estrategia de aumentar los niveles de fósforo de la dieta, tendrían que estar acompañada de una oferta de forraje que acompañe este incremento en el consumo.



## 5. CONCLUSIONES

No existió respuesta al agregado de una mayor dosis de fósforo en cuanto a la disponibilidad de materia seca por unidad de superficie, dado a que las diferencias entre tratamientos no son significativas estadísticamente.

La participación de la leguminosa fue muy baja en el experimento, siendo explicada en su totalidad por *Trifolium repens*.

En cuanto a la producción de carne, existió una diferencia numérica a favor del tratamiento con menor agregado de fósforo de 31 kg/ha.

No hubo diferencias en cuanto a ganancias diarias de los animales en estudio entre los tratamientos evaluados.

### 5.1. CONSIDERACIONES FINALES

Condiciones ambientales adversas, y condiciones de manejo no óptimas durante primer y segundo año, pueden condicionar la persistencia de un mejoramiento, provocando que no se capitalice la capacidad de respuesta que tienen las leguminosas frente al agregado de fósforo.

Si bien la perennidad del mejoramiento no se logro de forma aceptable, los niveles de producción de carne y las ganancias diarias individuales fueron notoriamente aceptables.

Si bien hubo un bajo aporte de leguminosas, el mejoramiento tuvo un gran aporte de gramíneas invernales, en donde se estaría apoyando buena parte de la producción de carne encontrada en el experimento.

## 6. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es evaluar la disponibilidad de materia seca, composición botánica, y producción animal en el segundo año de un mejoramiento de campo natural constituido por *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*, en función de dos niveles de fertilización fosfatada. El experimento fue realizado en el potrero No. 32 de la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía, departamento de Paysandú (Latitud S 32°22'27" Longitud W 58°03'28"). La siembra del mejoramiento fue realizada en cobertura el 1 de junio de 2011, conjuntamente con la aplicación de fertilizante fosfatado (Superfosfato). La refertilización de la pastura fue realizada el 28 de abril de 2012, con las mismas dosis iniciales. El diseño experimental fue de bloques completos al azar, consistiendo los tratamientos en dos niveles de fertilización fosfatada (34,5 y 69 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha). Se realizaron dos bloques, dando lugar a cuatro parcelas de 1 hectárea cada una. Las precipitaciones ocurridas en el segundo año de la pastura fueron siempre superiores al promedio histórico tomado en comparación, salvo en los meses de julio y noviembre. Las temperaturas ocurridas en el periodo fueron superiores a la media histórica para todos los meses, menos junio y julio, donde fueron menores que las de la serie histórica. El pastoreo fue realizado con animales Holando de 261 kg de peso vivo promedio al comienzo del experimento, en el periodo comprendido entre el 18 de mayo al 05 de diciembre. La contribución de la especie *Trifolium pratense* prácticamente despreciable en cuanto a su aporte en la pastura. *Trifolium repens*, si bien fue encontrado en el mejoramiento en el año en estudio, tuvo una baja participación dentro del mismo, no sobrepasando nunca el 10% dentro de la composición botánica de la pastura. La composición botánica de la pastura no presentó diferencias significativas entre tratamientos en términos porcentuales para los componentes evaluados en el campo. Tampoco se encontraron diferencias significativas en las variables de altura promedio de la pastura, ni en la cantidad de materia seca disponible entre los distintos tratamientos. En cuanto a la producción animal, se puede decir que hubo una diferencia numérica a favor del tratamiento de menor dosis de fósforo agregado (31 kg/ha. más). En cuanto al desempeño individual, no se registraron diferencias significativas estadísticamente entre los dos tratamientos en cuanto a ganancias diarias por animal.

Palabras clave: Mejoramiento de campo natural; Fertilización fosfatada; Producción de materia seca; Composición botánica; Producción animal; *Trifolium repens*; *Trifolium pratense*.

## 7. SUMMARY

The purpose of the present work is to evaluate dry-matter production, botanical composition, and animal production in the second year of an improved pasture constituted by *Trifolium repens* and *Trifolium pratense*, in accordance with two levels of phosphate fertilization. The experiment was carried out at the Plot number 32 of the “Estación experimental Dr. Mario A. Cassinoni” of the faculty of Agronomy, Paysandú, Uruguay (Latitude S 32, Longitude W 58). The sowing was done by overseeding the 1<sup>st</sup> of June of 2011, and by applying a phosphate fertilizer (Superphosphate). The re-fertilization of the pasture was performed the 28<sup>th</sup> of April of 2012, with the same initial doses. The experimental design was done in random complete blocks, consisting in a treatment of two levels of phosphate fertilization (34,5 and 69 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha). Two blocks were made, giving place to four parcels of 1 hectare each. Rainfall occurred in the second year of the pasture was always higher than the historical average taken in comparison, except in the months of July and November. The temperatures in the period were above the historical average for every month, without including June and July, where they were below the historical serie. The grazing was made with Holstein animals of 261 kg of average living weight at the beginning of the experiment in the period between the 18<sup>th</sup> of May and the 5<sup>th</sup> of December. The contribution of the specie *Trifolium pratense* was practically despicable in terms of its contribution to the pasture. *Trifolium repens*, despite been found in the improvement in the year of research, it had a low participation in it, never exceeding the 10% inside the botanic composition of the pasture. This composition did not show significant differences in percentage terms in the evaluated components in the field between treatments. Likewise, no significant differences were found in the variable average heights of the pasture, neither in the quantity of dry material available between the different treatments. As regard animal production, it can be said that there were numeric differences in favor of the treatment at lower dose of phosphate (31kg/ha. mas). In terms of individual performance, statistically no significant differences were registered in between treatments concerning diary gaining's per animal.

Keywords: Improved pasture; Phosphate fertilization; Dry-matter production; Botanical composition; Animal production; *Trifolium repens*; *Trifolium pratense*.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echevarría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay; clasificación de suelos del Uruguay. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
2. Altier, N. 2010. Enfermedades de pasturas. In: Altier, N.; Rebuffo, M.; Cabrera, K. eds. Enfermedades y plagas en pasturas. Montevideo, INIA. p. 26 (Serie Técnica no. 183).
3. Arias, R.; Paperán, J. 2001. Evolución de la implantación en siembras en coberturas en cultivares de trébol blanco y Lotus *spp.*, en un suelo profundo de basalto bajo pastoreo controlado. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 70 p.
4. Ayala, W.; Bermúdez, R.; Carámbula, M. 1996. Manejo y utilización de mejoramientos extensivos. In: Jornada Anual de Producción Animal (1996, Treinta y Tres). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 69-88 (Actividades de Difusión no. 110).
5. \_\_\_\_\_.; Bemhaja, M.; Cotro, B.; Docanato, J.; García, J.; Olmos, F.; Real, D.; Rebuffo, M.; Reyno, R.; Rossi, C.; Silva, J. 2010. Forrajeras; catálogo de cultivares 2010. Montevideo, INIA. 134 p.
6. Bemhaja, M. 1996. Producción de pasturas en basalto. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 231-240 (Serie Técnica no. 80).
7. Bermúdez, R.; Ayala, W. 2005. Producción de forraje de un campo natural de la zona de lomadas del Este. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 33-39 (Serie Técnica no. 151).
8. Berretta, E.; Levratto, J. 1990. Estudio de la dinámica de una vegetación mejorada con fertilización e introducción de leguminosas. In: Seminario Nacional de Campo Natural (2º, 1990, Tacuarembó, UY). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp.197 - 204.
9. \_\_\_\_\_. 1996. Campo natural; valor nutritivo y manejo. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 113-128 (Serie Técnica no. 80).

10. \_\_\_\_\_.; Risso, D. F.; Bemhaja, M. 2001. Tecnologías para la mejora de la producción de forraje en suelos de Basalto. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J. eds. Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos del Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 1-34 (Boletín de Divulgación no. 76).
11. Bordoli, J. M. s.f. Fertilización de pasturas de leguminosas y mezclas de gramíneas y leguminosas. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 26 abr. 2015. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/PASTURAS%20CRS/12%20%20Fertilizacion%20de%20Pasturas.pdf>
12. \_\_\_\_\_. 1998. Fertilización de pasturas de leguminosas y mezclas de gramíneas y leguminosas. In: Jornada de Fertilización en Cultivos y Pasturas (1998, Concepción del Uruguay). Resúmenes de exposiciones. Concepción del Uruguay, INTA. p. 9.
13. Boschetti, G. N.; Quintero, E. s.f. Importancia del fósforo orgánico del suelo en la nutrición fosfatada de los cultivos. (en línea). Entre Ríos, Argentina, UNER. Facultad Ciencias Agropecuarias .s.p. Consultado 26 abr. 2015. Disponible en <http://www.fertilizando.com/articulos/Importancia%20del%20fosforo%20organico%20del%20suelo.asp>
14. Caldwell, M. M.; Hodgkinson, K. C. 1985. Ecophysiology of rangeland plants, competitive position of species in respect to grazing tolerance, some perspective on ecophysiological processes. Logan, Utah, USA, Utah State University. Department of Range Science and the Ecology Centre pp. 447-449.
15. Carámbula, M. s.f. Refertilizar los mejoramientos; más que un propósito, un objetivo ineludible. (en línea). Treinta y Tres, INIA. Programa de Plantas Forrajeras. s.p. Consultado 22 mar. 2015. Disponible en <file:///C:/Users/Santiago/Desktop/TESSIS/REFERTILIZAR%20LOS%20MEJORAMIENTOS.html>
16. \_\_\_\_\_. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 464 p.
17. \_\_\_\_\_.; Ayala, W.; Carriquiry, E.; Bermúdez, R. 1994. Siembra de mejoramientos en cobertura. Montevideo, INIA. 25 p. (Boletín de Divulgación no. 46).

18. \_\_\_\_\_. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 524 p.
19. \_\_\_\_\_. 2002a. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
20. \_\_\_\_\_. 2002b. Pasturas y forrajes; insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t.2, 371 p.
21. \_\_\_\_\_. 2002c. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t.3, 413 p.
22. \_\_\_\_\_. 2004. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t.3, 524 p.
23. Chilibroste, J. I.; Mallarino, J. L.; Pisón, P. 1982. Evaluación de los requerimientos de fósforo en la instalación de leguminosas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 83 p.
24. Cross, A. F.; Schelesinger, W. H. 1995. Disponibilidad del fósforo en suelos ácidos de Misiones, Argentina. (en línea). Agricultura Técnica (Chile). 64 (1): 50-57. Consultado 03 abr. 2015. Disponible en [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-28072004000100006](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072004000100006)
25. Deregibus, V. A.; Casal, J. J.; Jacobo, E. J.; Gibson, D.; Kauffmann, M.; Rodríguez, A. M. 1994. Evidence that heavy grazing may promote the germination of *Lolium multiflorum* seeds via phytochrome-mediated perception of high red/far-red ratios. Functional Ecology. 8 (4): 536-542
26. El fósforo en el suelo y el agua. s.f. (en línea). s.p. Consultado 16 may. 2015. Disponible en <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/fosforo>.
27. Escuder, C. J.; Miquel, M. C.; Cangiano, C.; Sevilla, G. 1987. Efecto de la carga animal y el grupo genético sobre la productividad de vacunos en pastoreo. In: Reunión sobre Producción y Utilización de Pasturas para Engorde y Producción de Leche (1ª. 1987, Colonia). Trabajos presentados. Montevideo, IICA. PROCISUR pp. 145-156 (Diálogo no. 19).
28. Esteves Núñez, M.; Laxalde Novoa, S.; Nario Fros, M. 2013. Utilización de nitrógeno no proteico en programas de suplementación invernal

basados en autoconsumo para terneros pastoreando campo nativo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. pp. 5-6.

29. Ferrando, M.; Mercado, G. 1997. Efectos de períodos alternados de exceso de agua y secado de los suelos en la disponibilidad de fósforo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 83 p.
30. García, J. A. 1992. Persistencia de leguminosas. In: Simposio Sustentabilidad de las Rotaciones Cultivo-Pasturas en el Cono Sur (1991, Montevideo). Memorias. Revista INIA de Investigaciones Agronómicas. 2(1): 143-156.
31. \_\_\_\_\_. 1996. Variedades de trébol blanco. Montevideo, INIA. 15 p. (Serie Técnica no. 70).
32. Guggeri, J. P.; Laluz, F.; O'Neill, M.; Uriarte, J. P. 2012. Efecto de la fertilización fosfatada en la productividad de primer año de un mejoramiento en cobertura de *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 93 p.
33. Haynes, R. J. 1980. Competitive aspects of the grass-legume association. *Advances in Agronomy*. 33: 227-261.
34. Henriquez, C.; Briceno, J.; Molina, E. 1992 Fraccionamiento de fósforo orgánico en cuatro órdenes de suelo de Costa Rica. (en línea). *Agronomía Costarricense* 16(2): 195-201. Consultado 10 mar. 2015. Disponible en [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v16n02\\_195.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v16n02_195.pdf)
35. Hernández, J. P.; Zamalvide, J. P. 1998. Procesos de retención de fósforo por los suelos evaluados a través de parámetros de suelo y planta. (en línea). *Agrociencia* (Montevideo). 1 (2): 48-63. Consultado 17 mar. 2015. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/index.php/directorio/article/view/613>
36. \_\_\_\_\_. 1999. Fósforo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 89 p.
37. Lombardo, S. 2012. Asignación de forraje, ¿cuánto pasto hay que ofrecer a los animales? (en línea). *Revista del Plan Agropecuario*. no. 143: 32-35. Consultado 11 mar. 2015. Disponible en

[http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R143/R\\_143\\_32.pdf](http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R143/R_143_32.pdf)

38. Luisoni, L. H. 2010. Sitio argentino de producción animal. (en línea). In: Jornada IPCVA (2ª. 2010, Reconquista, Argentina). Ajuste de carga animal; aspectos teóricos y recomendaciones prácticas. Reconquista, AR, INTA. pp. 1-4. Consultado 17 abr. 2015. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas%20naturales/156-Luisoni.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20naturales/156-Luisoni.pdf).
39. McWilliam, J. R.; Clements, R. J.; Dowling, P. M. 1970. Some factors influencing the germination and early seedling development of pasture plants. Australian Journal of Agricultural Research. 21 (1): 19-32.
40. MDN. DNM (Ministerio de Defensa Nacional. Dirección Nacional de Meteorología, UY). 1996. Normales climatológicas; período 1961-1990. Montevideo, Uruguay. 20 p.
41. Mengel, K.; Kirkby, E. A. 2001. Principles of plant nutrition. Dordrecht, Kluwer. 849 p.
42. MGAP. DIEA (Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, UY). 2012. Censo general agropecuario 2011. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 22 mar. 2015. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/Diea/Censo2011>
43. Millot, J. C.; Methol, R.; Risso, D. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.
44. Morón, A. 1992. El fósforo en el sistema suelo- planta. Investigaciones Agronómicas. 1(1): 45-60.
45. \_\_\_\_\_. 1994. Fósforo; disponibilidad y dinámica en el suelo. In: Morón, A.; Martino, D.; Restaino, E. eds. Manejo y fertilidad de suelos. Montevideo, INIA. pp. 27–31 (Serie Técnica no. 42).
46. \_\_\_\_\_. 2001. El fósforo en los sistemas productivos; dinámica y disponibilidad en el suelo (I). In: Risso, D. F.; Berretta, E. J. eds.



Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos del Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 37-44 (Boletín de Divulgación no. 76).

47. Olmos, F. 1997. Efectos climáticos sobre la productividad de las pasturas en la región noreste. Montevideo, INIA. 22 p. (Boletín de Divulgación no. 64).
48. \_\_\_\_\_. 2001a. Mejoramientos de pasturas con Lotus en la región Noreste. Montevideo, INIA. 48 p. (Serie Técnica no. 124).
49. \_\_\_\_\_. 2001b. Tecnologías para la mejora de la producción de forraje en Brunosoles del Noreste. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J. eds. Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos del Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 123-148 (Boletín de Divulgación no. 76).
50. Pigurina, G. s.f. Los sistemas de producción de carne en Uruguay. (en línea). Montevideo, INIA. 7 p. Consultado 04 may. 2015. Disponible en <http://www.delcampoalplato.org/documentos/2000Trabajo00.pdf>
51. Puig, A.; Ferrando, A. 1983. Requerimientos de fósforo en trébol blanco, lotus y trébol carretilla implantados puros y en mezclas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 192 p.
52. Quintero, C. E.; Boschetti, N. G. s.f. Manejo del fósforo en pasturas. (en línea). Entre Ríos, Argentina, UNER. Facultad de Ciencias Agropecuarias. s.p. Consultado 07 mar. 2015. Disponible en <http://www.fertilizando.com/articulos/Manejo%20del%20Fosforo%20en%20Pasturas.asp>
53. Rabuffetti, A.; Zamalvide, J. P.; Mallarino, A. 1983. Fósforo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 106 p.
54. Rebuffo, M.; Altier, N. 1996. Mejoramiento genético en trébol rojo. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 151-154 (Serie Técnica no. 80).
55. Risso, D. F. 1994. Siembras en el tapiz; consideraciones generales y estado actual de la información en la zona de suelos sobre cristalino. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 71-78 (Serie Técnica no. 13).

56. \_\_\_\_\_.; Berretta, E. J. 1996. Mejoramientos de campos en suelos sobre Cristalino. *In*: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 193-211 (Serie Técnica no. 13).
57. \_\_\_\_\_. 1998. Mejoramientos extensivos en el Uruguay. *In*: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramientos y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (14<sup>a</sup>, 1998, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 23 - 29 (Serie Técnica no. 94).
58. \_\_\_\_\_.; Morón, A.; Zarza, A. 2002a. Fuentes y niveles de fósforo para mejoramientos de campos en suelos de la región de Cristalino, A) Mejoramiento de trébol blanco y lotus. *In*: Risso, D. F.; Montossi, F. eds. Mejoramientos de campo en la región de Cristalino; fertilización, producción de carne de calidad y persistencia productiva. Montevideo, INIA. pp. 142–165 (Serie Técnica no. 129).
59. \_\_\_\_\_.; Montossi, F. eds. 2002b. Mejoramientos de campo en la región de Cristalino; fertilización, producción de carne de calidad y persistencia productiva. (en línea). Montevideo, INIA. 150 p. (Serie Técnica no.129). Consultado 21 jul. 2015. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807141215.pdf>
60. \_\_\_\_\_. 2005. Mejoramientos de campo, asegurando una instalación exitosa. Revista INIA. no. 2: 2 – 5.
61. Saldanha, S. 1990. Manejo del pastoreo en campos naturales sobre suelos medios de basalto y suelos arenosos de cretácico. *In*: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. p. 75 (Serie Técnica no. 151).
62. Santiñaque, F. 1984. Alternativas de mejoramiento de pastoreas naturales. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. 34 p.
63. Sanzano, A. s.f. El fósforo del suelo. (en línea). s.n.t. 4 p. Consultado 08 mar. 2015. Disponible en <http://www.edafologia.com.ar/Descargas/Cartillas/Fosforo%20del%20Suelo.pdf>

64. Silveira, E. 2005. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la implantación, producción inicial y composición química de *Lotus glaber Mill.* y *Trifolium repens L.* sembradas en cobertura. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 182 p.
65. Stevenson, F. J.; Cole, M. A. 1999. Cycles of soil. New York, John Wiley and Sons. 427 p.
66. Soto, C.; Reinoso, V. 2012. Suplementación con fósforo en ganado de carne a pastoreo. (en línea). Revista Electrónica de Veterinaria. 13 (7): 1-14. Consultado 14 jul. 2015. Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070712/071204.pdf>
67. UAM (Universidad Autónoma de Madrid, ES). s.f. Museo virtual. (en línea). Madrid. p. 1. Consultado 12 jun. 2015. Disponible en <https://www.uam.es/docencia/museovir/web/Museovirtual/fundamentos/nutricion%20mineral/macro/fosforo.htm>
68. Urrutia, R. 2013. Efecto de la fertilización fosfatada en la implantación de *Trifolium repens* y *Trifolium pratense* en un mejoramiento de cobertura sobre campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 129 p.
69. Vaz Martins, D. 1997. Suplementación energética en condiciones de pastura limitante. In: Vaz Martins, D. ed. Suplementación estratégica para el engorde de ganado. Montevideo. INIA. pp. 17-23 (Serie Técnica no. 83).
70. Whitehead, D. C. 2000. Nutrient elements in grassland. Wallingford, CABI. 369 p.
71. Zamalvide, J. P. 1996. El fósforo en los sistemas productivos: dinámica y disponibilidad en el suelo (II). In: Risso, D. F.; Berretta, E. J. eds. Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos del Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 45–49 (Boletín de Divulgación no. 76).
72. Zanoniani, R. 1997. Mejoramiento y manejo de bajos. (en línea). Plan Agropecuario. UEDY. Cartilla no. 13. 9 p. Consultado 08 mar. 2015. Disponible en <http://www.planagro.com.uy/publicaciones/uedy/Publica/Cart13/Cart13.htm>

73. \_\_\_\_\_. 2006. Mejoramientos con lotus rincón. (en línea). In: Jornada sobre Riego y Manejo del Lotus Rincón (2006, Guichón, Paysandú). Manejo del Lotus Rincón. Guichón, Paysandú, CAF. pp. 1-19. Consultado 22 jun. 2015. Disponible en <http://www.caf.org.uy/site/wp-content/uploads/2015/09/Manejo-del-Lotus-Rinc%C3%B3n.pdf>

## 9. ANEXOS

### 9.1 ANÁLISIS DE VARIANZA

#### 9.1.1. Forraje disponible (kg/MS/ha)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Disp. kg/ha	20	0.01	0.00	46.65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	95032.65	2	47516.32	.11	0.8957
Bloque	3890.10	1	3890.10	0.01	0.9252
Tratamiento	91142.55	1	91142.55	0.21	0.6505
Error	7285273.97	17	428545.53		
Total	7380306.62	19			

Test: LSD Fisher Alfa= 0.10 DMS= 509.28917

Error: 428545.5279 gl: 17

Bloque	Medias	N	E.E.	
2.00	1389.36	10	207.01	A
1.00	1417.25	10	207.01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ ).

Test: LSD Fisher Alfa= 0.10 DMS= 509.28917

Error: 428545.5279 gl: 17

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
69.00 kg P205	1335.80	10	207.01	A
34.50 kg P205	1470.81	10	207.01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ ).

#### 9.1.2. Altura del forraje disponible (cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura promedio	20	0.03	0.00	23.26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.72	2	0.86	0,26	0.7767
Bloque	0.58	1	0.58	0.17	0.6832
Tratamiento	1.14	1	1.14	0.34	0.5671
Error	57.00	17	3.35		
Total	58.72	19			

Test: LSD Fisher Alfa= 0.10 DMS= 1.42457

Error: 3.3530 gl: 17

Bloque	Medias	n	E.E.	
1.00	7.70	10	0.58	A
2.00	8.04	10	0.58	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ ).

Test: LSD Fisher Alfa= 0.10 DMS= 1.42457

Error: 3.3530 gl: 17

Tratamiento	Medias	N	E.E.	
69.00 kg P205	7.63	10	0.58	A
34.50 kg P205	8.11	10	0.58	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ ).

9.1.3. Composición botánica (%)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Gramínea %	20	0.14	0.04	23.34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	501.06	2	250.53	1.40	0.2732
Bloque	452.39	1	452.39	2.53	0.1301
Tratamiento	48.67	1	48.67	0.27	0.6085
Error	3038.66	17	178.74		
Total	3539.72	19			

Test: LSD Fisher Alfa= 0.10 DMS= 10.40117

Error: 178.7445 gl: 17

Bloque	Medias	n	E.E.	
1.00	52.53	10	4.23	A
2.00	62.05	10	4.23	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ ).

Test: LSD Fisher Alfa= 0.10 DMS= 10.40117

Error: 178.7445 gl: 17

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
69.00 kg P205	55.73	10	4.23	A
34.50 kg P205	58.85	10	4.23	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ ).

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Malezas %	20	0.21	0.12	54.95

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	288.42	2	144.21	2.30	0.1304
Bloque	254.54	1	254.54	4.06	0.0599
Tratamiento	33.88	1	33.88	0.54	0.4721
Error	1064.77	17	62.63		
Total	1353.19	19			

Test: LSD Fisher Alfa= 0.10 DMS= 6.15699

Error: 62.6333 gl: 17

Bloque	Medias	n	E.E.	
1.00	10.83	10	2.50	A
2.00	17.97	10	2.50	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ ).

Test: LSD Fisher Alfa= 0.10 DMS= 6.15699

Error: 62.6333 gl: 17

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
69.00 kg P205	13.10	10	2.50	A
34.50 kg P205	15.70	10	2.50	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ ).

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Restos secos %	20	0.08	0.00	44.76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	175.96	2	87.98	0.70	0.5115
Bloque	29.19	1	29.19	0.23	0.6366
Tratamiento	146.77	1	146.77	1.16	0.2958
Error	2144.19	17	126.13		
Total	2320.15	19			

Test: LSD Fisher Alfa= 0.10 DMS= 8.73723

Error: 126.1291 gl: 17

Bloque	Medias	n	E.E.	
1.00	23.88	10	3.55	A
2.00	26.30	10	3.55	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ ).

Test: LSD Fisher Alfa= 0.10 DMS= 8.73723

Error: 126.1291 gl: 17

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
69.00 kg P205	22.38	10	3.55	A
34.50 kg P205	27.80	10	3.55	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ ).

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Leguminosa %	20	4.4E-03	0.00	156.92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.70	2	0.85	0.04	0.9621
Bloque	1.57	1	1.57	0.07	0.7923
Tratamiento	0.13	1	0.13	0.01	0.9392
Error	372.50	17	21.91		
Total	374.20	19			



Test: LSD Fisher Alfa= 0.10 DMS= 3.64172

Error: 21.9120 gl: 17

Bloque	Medias	n	E.E.	
1.00	2.70	10	1.48	A
2.00	3.26	10	1.48	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ ).

Test: LSD Fisher Alfa= 0.10 DMS= 3.64172

Error: 21.9120 gl: 17

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
69.00 kg P205	2.90	10	1.48	A
34.50 kg P205	3.06	10	1.48	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ ).

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Suelo descubierto %	20	0.02	0.00	78.63

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36.09	2	18.05	0.14	0.8698
Bloque	32.49	1	32.49	0.25	0.6213
Tratamiento	3.60	1	3.60	0.03	0.8689
Error	2181.73	17	128.34		
Total	2217.82	19			

Test: LSD Fisher Alfa= 0.10 DMS= 8.81336

Error: 128.3368 gl: 17

Bloque	Medias	n	E.E.	
1.00	13.13	10	3.58	A
2.00	15.68	10	3.58	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ ).

Test: LSD Fisher Alfa= 0.10 DMS= 8.81336

Error: 128.3368 gl: 17

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
69.00 kg P205	13.98	10	3.58	A
34.50 kg P205	14.83	10	3.58	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ ).

9.1.4. Ganancia diaria entre 18-05-12 y 13-09-12 (kg/animal/día)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Ganancia diaria	10	0.54	0.41	21.73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef.
Modelo	0.02	2	0.01	4.08	0.0668	
Tratamiento	3.9E-04	1	3.9E-04	0.16	0.6969	
P. inicial	0.01	1	0.01	5.55	0.0506	-7.1E-04
Error	0.02	7	2.4E-03			
Total	0.04	9				

Test: LSD Fisher Alfa= 0.10 DMS= 0.05858

Error: 0.0024 gl: 7

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
69.00 kg P205	0.22	5	0.02	A
34.50 kg P205	0.23	5	0.02	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ ).

9.1.5. Ganancia diaria entre 13-09-12 y 05-12-12 (kg/animal/día)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Ganancia diaria	10	0.06	0.00	19.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef.
Modelo	0.04	2	0.02	0.23	0.7982	
Tratamiento	1.2E-03	1	1.2E-03	0.01	0.9128	
P. inicial	0.03	1	0.03	0.31	0.5975	-1.1E-03
Error	0.67	7	0,10			
Total	0.71	9				

Test: LSD Fisher Alfa= 0.10 DMS= 0.36952

Error: 0.0951 gl: 7

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
69.00 kg P205	1.60	5	0.15	A
34.50 kg P205	1.63	5	0.15	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ ).

9.1.1. Ganancia diaria entre 18-05-12 y 05-12-12 (kg/animal/día)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Ganancia diaria	10	0.17	0.00	17.43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef.
Modelo	0.03	2	0.01	0.71	0.5250	
Tratamiento	6.1E-04	1	6.1E-04	0.03	0.8640	
P. inicial	0.02	1	0.02	0.95	0.3617	-8.4E-04
Error	0.14	7	0.02			
Total	0.16	9				

Test: LSD Fisher Alfa= 0.10 DMS= 509.28917

Error: 428545.5279 gl: 17

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
69.00 kg P205	0.79	5	0.07	A
34.50 kg P205	0.81	5	0.07	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ ).