

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA

DESCRIPCION DE MEJORAMIENTOS DE CAMPO CON TREBOL BLANCO
(*TRIFOLIUM REPENS*) Y LOTUS (*LOTUS CORNICULATUS*) EN EL
DEPARTAMENTO DE ARTIGAS

por

Emilio Federico DE BRUM RODRIGUEZ

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo
(Orientación Ganadero Agrícola)

MONTEVIDEO
URUGUAY
2004

AGRADECIMIENTOS

A mi padre.

A todas las personas que colaboraron en los doce años de cortes de pastura.

A mi madre, hermanas y esposa.

A todos los docentes que participaron en la elaboración de este trabajo.

1 INTRODUCCION

El siguiente trabajo trata de describir una serie de mejoramientos de campo sobre la Unidad Cuaró, en un predio en el departamento de Artigas.

Estos mejoramientos fueron sembrados como una opción para levantar la limitante de la baja producción de forraje del campo natural del predio, la marcada estacionalidad de esa oferta y la poca calidad de esta.

Las pasturas que se han desarrollado en el predio se encuentran compuestas por numerosas especies que combinan diferentes aptitudes. Esta diversidad de especies de pasturas, puede ser agrupada groseramente por su respuesta a la temperatura, en especies de ciclo invernal y especies de ciclo estival. Estos dos grupos se encuentran creciendo juntas en dos etapas del año en que coinciden los rangos de temperatura. Estas son la primavera y el otoño donde un grupo se encuentra al final de su estación de crecimiento y muchas plantas se encuentran en su estado reproductivo y las especies del otro grupo se encuentran iniciando su estación de crecimiento y por consiguiente, en una etapa netamente vegetativa. Existen además dos etapas en las cuales el crecimiento de la pastura es realizado en exclusividad por cada grupo, estas son, el verano y el invierno.

Los suelos muy superficiales pueden pasar de una situación de encharcamiento luego de una lluvia, a condiciones de marchitez permanente en menos de una semana. Las especies adaptadas a este tipo de restricciones deben de reunir capacidades muy particulares en velocidad de crecimiento y ciclos vitales muy cortos y no parece que especies de alta producción, puedan integrar este grupo. Las especies perennes y sobre todo de ciclo invernal van a requerir una ajustada ecofisiología para sobrevivir durante el verano, en este tipo de suelo. Los suelos profundos no presentan grandes limitaciones para el crecimiento de cualquier tipo de pastura natural o implantada.

Las especies que componen estos tapices presentan en general una buena digestibilidad principalmente de las especies invernales o las estivales en sus estados tempranos de desarrollo. El problema es que las buenas especies invernales son muy escasas y predominan las especies estivales además, las buenas especies principalmente invernales, han sido muy perseguidas por el pastoreo continuo selectivo. Acometer un programa de mejora de esta situación de la pastura con el objetivo de mejorar el comportamiento animal, implica considerar modificaciones de muchos factores y rutinas que se vienen realizando desde mucho tiempo atrás.

Se descartó la siembra de "pasturas convencionales" por una serie de razones:

- Pocos potreros uniformemente aptos. En general, los potreros presentan pocas e irregulares áreas aptas al laboreos preparatorios dejando mucha vegetación sin implantación dificultando el manejo posterior de la pastura.

- Suelos con alto riesgo de erosión.
- Las especies disponibles comercialmente son generalmente templadas lo que desemboca al corto plazo en una complementariedad lógica con especies estivales colonizadoras generalmente de bajo valor alimenticio o malezas.
- A pesar de lograr una buena implantación es de considerar la posibilidad de que debido a la gran variabilidad de condiciones climáticas, la posibilidad de implantaciones deficientes. En ese caso la situación forrajera va a ser peor que la de la pastura preexistente.

No parece razonable, considerar una pastura con una composición simple de especies que se adapten a la diversidad de micro ambientes que se producen en esta región. Tampoco es de esperar que un solo grupo de especies, sean del tipo invernal o estival sean capaces de cubrir los nichos ambientales que se generan en ese gran rango de temperaturas que se producen a lo largo del año.

Por estas razones la hipótesis planteada fue que reconociendo el valor de la evolución adaptativa que desarrollaron las especies existentes e intentar levantar las limitaciones que encuentran las buenas especies nativas, principalmente invernales, introduciendo algunas especies (leguminosas y/o gramíneas) se podía lograr una mejora del aporte forrajero del campo natural tanto en su cantidad, como en su calidad como también en su distribución estacional (importante en vista del marcado déficit invernal que presentan estas pasturas) y que además esa mejora tuviera una mayor persistencia en el tiempo.

Otro punto de este trabajo fue tratar de determinar los factores que influyen en la producción de materia seca, y una vez determinados, obtener modelos de predicción de producción de materia seca de la pastura.

Finalmente, se trató de hallar modelos de estimación de la producción de materia seca mediante la altura de la pastura

2 REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 CARACTERIZACION DE LA ZONA BASALTICA

2.1.1 Geología

La región comprende una vasta área del noroeste del país en el que el material geológico predominante es una lava de basalto denominada en nuestro País como formación Arapey y conocida en Brasil como efusiva de Serra Geral (Durán, 1998). Su origen se ubica en la era Mesozoica. Los principales constituyentes de la misma son feldespatos, minerales ferromagnesianos (Finozzi et al 2000), principalmente labrador y augita. Los feldespatos son minerales que evolucionan en superficie a minerales arcillosos. En condiciones de clima cálido y húmedo con poco lavado de bases (calcio, sodio, magnesio, etc.) estos feldespatos conducen a la formación de minerales arcillosos del grupo de las caolinitas y montmorillonitas (Bossi et al 1962).

La región basáltica es la más extensa del país, ocupando una superficie cercana a los cuatro millones de hectáreas (21 % del territorio nacional) (Arias, 1963; Termezana, 1976; Bologna, 1997). Cubre prácticamente en forma ininterrumpida todo el departamento de Artigas; la mayor parte de los departamentos de Salto y Paysandú; el extremo oriental del departamento de Río Negro; el tercio occidental del departamento de Durazno y una angosta faja al oeste de los departamentos de Rivera y Tacuarembó (Bossi, 1969).

El substrato rocoso está conformado por una serie de coladas o derrames de lava basáltica intermitentes en el tiempo reconociéndose actualmente la existencia de 50 coladas superpuestas. Estas coladas presentan espesores individuales que varían entre 10 a 60 metros y extensiones de hasta 1200 km². No todos los derrames están superpuestos en cada sitio de la región, el máximo espesor registrado fue de 900 metros sobre el Río Daymán, donde se superponen 26 coladas. Entre dichas coladas aparecen ocasionalmente delgadas capas de areniscas mas o menos silicificadas (Bossi. 1969)

Los gases contenidos en la lava derramada, migran hacia la parte superior de la colada. Allí se encuentran con una capa solidificada por enfriamiento en su contacto con la atmósfera, y se forma así una capa vacuolar en la parte superior de cada colada. Como las partes internas de cada colada se enfrían más lentamente, la lava conserva su fluidez por más tiempo, lo que permite la eliminación casi total de los gases y da origen a una roca maciza prácticamente sin oquedades. Al escurrir la lava, su parte basal en contacto con la superficie fría preexistente, aumenta rápidamente su viscosidad y la fricción contra el piso provoca una estructura lajosa (Bossi, 1969).

Este proceso permite reconocer las distintas estructuras que se desarrollan en cada colada:

- la inferior, caracterizada por una roca de color pardo rojizo bastante compacta con estructura lajosa contaminada con el material subyacente.
- la parte media de color gris oscuro, de gran compacidad y grano particularmente fino que pasa gradualmente a la capa superior;
- la superior, con estructura vacuolar, con amígdalas de tamaño muy variable

Esta diferente estructura de la cima a la base de las coladas influyen en los procesos de formación de suelo (Bossi 1969).

2. 1. 2 Edafología

Bologna (1997) distingue básicamente dos tipos fundamentales de coladas que ejercen una influencia notable sobre los procesos de génesis del suelo, la localización de los diferentes tipos de suelo, el grado relativo de afloramientos rocosos y el paisaje local:

Tipo 1: Basalto esponjoso (vesicular) rojo fácilmente alterable en la cima; basalto masivo de grano fino a muy fino en la parte media y basalto masivo a veces lajoso en la base.

Tipo 2: Basalto vesicular resistente a la alteración con rellenos verdosos en la cima y basalto masivo de grano grueso muy alterable en la base.

A estas diferencias estructurales de las coladas deben agregarse variaciones en la composición mineralógica de las rocas componentes de las mismas que determinan el comportamiento de cada colada como material generador de suelos sea muy diferente, (Bologna, 1997).

La zona Noreste de la formación Arapey ente las localidades de Artigas, Rivera y Tranqueras comprende los suelos más superficiales lo que se explica por el predominio de rocas de grano fino (difíciles de meteorizar) que contienen una alta proporción de minerales resistentes (sílice). Además es una región que se está levantando más activamente en relación a otras de la formación Arapey, lo que determina un dominio de la erosión sobre la meteorización. Tal balance resulta en el predominio de suelos de perfil superficial a pesar del clima templado y los altos valores de precipitación (1000 – 1300 mm/año) registrados en esa zona (Bologna, 1997).

Dentro de este panorama es posible reconocer dos áreas de suelos que a pesar de haberse desarrollado sobre el mismo material madre poseen un potencial productivo muy diferente:

- a) áreas con predominio de suelos profundos de muy alta fertilidad y elevado potencial productivo.
- b) áreas con dominancia de suelos superficiales con serias limitantes que restringen su uso al pastoreo extensivo (Bologna,1977).

Esta limitada diversidad de suelos presentan un padrón complejo, aún en el ámbito predial, en el que solamente es posible delimitar regiones relativamente homogéneas cuando se consideran las diferencias cuantitativas en el ámbito regional (Durán, 1998).

Los suelos predominantes (65 % de la región) son litosoles (suelos poco desarrollados) con elevada ocurrencia de pedregosidad y afloramientos rocosos (Bologna, 1997). El principal factor limitante es la poca profundidad de estos suelos con muy reducida capacidad de acumulación de agua, y constituye una de las regiones del país más expuestas a las sequías (Termezana, 1976). Como asociados se encuentran suelos de mediana y alta profundidad de texturas pesadas, fértiles y con menor ocurrencia de pedregosidad (Bologna, 1997).

Las unidades de mapeo de suelos correspondientes a la región y su importancia relativa se manifiestan en el siguiente cuadro.

Cuadro 1 Extensión de las distintas unidades de suelos en la región Basáltica

	Unidades de suelo	Superficie (hás)	Porcentaje
Suelos superficiales	Cuchilla de Haedo-		
	Paso de los Toros	1:011.000	
	Queguay Chico	634.000	
	Curtinas	806.600	
	Masoller	88.000	
Sub total		2:539.000	65.3
Suelos Profundos	Cuaró	88.000	
	Itapebí – 3 Arboles	1:260.000	
Sub total		1:348.000	34.7
Total Basalto		3:887.000	100

Fuente Bologna, 1997

La CIDE (1962) diferencia dos zonas de “uso y manejo de suelos” dentro de la región basáltica en función del predominio de suelos superficiales (Zona 1) o de suelos profundos (Zona 12).

Cuadro 2: Zonas de uso y manejo de suelos según CIDE

Zona Basáltica del Uruguay	
Zona 1	Suelos superficiales asociados a suelos profundos, pesados y fértiles. (Litosoles asociados a Grumosoles y praderas negras)
Zona 12	Suelos pesados de permeabilidad lenta (Praderas Negras y Grumosoles asociados a Litosoles y Regosoles)

Fuente: Adaptado de Durán 1998.

Los suelos del área basáltica pertenecen fundamentalmente a los Grandes Grupos de Litosoles y Vertisoles, a los que se asocian Brunosoles y en proporción muy menor Planosoles (Durán, 1998).

2. 1. 2. 1 Litosoles

Son suelos de poco desarrollo que carecen de horizontes diagnósticos subsuperficiales, apoyándose directamente el horizonte superficial sobre el estrato rocoso (Durán, 1985) a 30 cm o menos de profundidad por encima del cual ocurre un horizonte diagnóstico superficial, melánico u ócrico (Durán, 1998).

Los Litosoles del área basáltica se dividen en negros y pardo rojizos (Durán, 1998). Los suelos superficiales negros tienden a ubicarse en la base de amplias concavidades que aparecen en zonas planas, altas, pequeñas concavidades en las pendientes suaves, en los bordes de áreas planas con suelos profundos locales o en zonas transicionales entre suelos profundos y superficiales rojos. Los litosoles rojos aparecen en lomas convexas, hacia el borde de mesetas o en áreas de pendientes fuertes, (Bologna, 1997).

Los litosoles negros poseen mayor contenido de materia orgánica, arcilla y una capacidad de intercambio catiónico más elevada, en tanto que los suelos rojizos son más ricos en óxidos de hierro y aluminio. El PH y la saturación de bases no son significativamente diferentes (Durán, 1985).

Los suelos negros poseen mayor contenido de materia orgánica y de sílice, (Bologna, 1997), siendo la diferencia en contenido de sílice del 10 % (Durán, 1998) y

presentan una capacidad de intercambio catiónico más elevada, mientras que los suelos rojos son más ricos en óxidos de hierro y aluminio (Bologna, 1997). Los suelos rojos son de textura más liviana, menor contenido de arcilla y mayor de arena (Bologna, 1997).

El origen de las diferencias entre los litosoles negros y rojos no es totalmente claro aunque podría estar asociado a diferencias en el material madre y /o condiciones de formación diferentes (Reynaert, 1961). Por la posición que ocupan en el paisaje los suelos rojos estarían sometidos a un rejuvenecimiento constante por lavado erosivo. Los suelos negros por lo contrario, frecuentemente están sujetos a aportes de materiales y el agua contribuiría a su desarrollo gracias a su ubicación en zonas planas o de escurrimiento superficial más lento (Bologna, 1997).

El mineral arcilloso dominante en los litosoles rojos es la metahalloysita, en tanto la montmorillonita e integrados illita – montmorillonita son características en los litosoles negros (Durán, 1985). La halloysita es un mineral arcilloso del grupo de la caolinita que tiene como característica ser poco expansiva y con una reducida capacidad de intercambio catiónico, de 3 a 15 miliequivalentes por cada 100 gramos de arcilla. La illita posee una capacidad de intercambio catiónico intermedia que varía entre 10 y 40 miliequivalentes por cada 100 gramos de arcilla y el grupo de las arcillas montmorilloníticas presentan una gran expansividad al hidratarse y una capacidad de intercambio catiónico que oscila entre 80 y 150 miliequivalentes por cada 100 gramos de arcilla y son más fácilmente intercambiables que los cationes en las demás arcillas. Esta mayor facilidad de intercambio se debe a que en los minerales illíticos, los cationes son retenidos con una fuerza mayor que los absorbidos por los minerales montmorilloníticos. (Bossi et al 1962)

2. 1. 2. 2 Vertisoles

Son suelos que presentan un horizonte melánico (horizonte oscurecido por la presencia de materia orgánica, en mayor porcentaje al 2 %, con alta saturación en bases, más del 50 %, y estructura moderada a fuerte), de más de 50 cm de profundidad, que carecen de horizontes diagnósticos subsuperficiales y que presentan caracteres vérticos tales como grietas durante los períodos secos, caras de deslizamiento, autogranulado en el horizonte superficial y un microrrelieve de montículos o menos frecuentemente de ondas. Su textura es uniformemente pesada en todo el perfil, el contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, las bases intercambiables y la saturación de bases muy elevadas (Durán, 1985 y 1998).

El contenido de arcilla de los vertisoles es elevado, prácticamente siempre mayor de 35 % en el horizonte superficial. El mineral arcillosos dominante es del grupo de las montmorillonita. Debido al tipo y contenido de arcilla, los vertisoles son suelos de alta capacidad de intercambio catiónico. El contenido de bases intercambiables generalmente es muy alto por lo cual la saturación en bases es elevada (Durán, 1985).

2. 1. 2. 3 Brunosoles

Los Brunosoles son suelos de color oscuro, alto contenido de materia orgánica, elevada saturación en bases y texturas medias a algo pesadas. Al igual que los vertisoles, presentan un horizonte melánico. De profundidad variable pero siempre mayor (por definición) de 30 cm y grado de diferenciación casi siempre más acentuado que en Vertisoles, por lo que la textura del horizonte superficial suele ser algo más liviana que en estos. El resto de las propiedades no presenta diferencias mayormente significativas con relación a los Vertisoles (Durán 1985 y 1998).

En la región basáltica predominan los Brunosoles Eutricos. Esta clase agrupa a los Brunosoles con alto nivel de bases intercambiables en el horizonte superficial, resultante de una capacidad de intercambio catiónico y una saturación en bases elevada (Durán, 1985 y 1998).

2. 1. 2. 4 Planosoles

Los Planosoles son suelos que poseen un horizonte álbico (horizonte eluvial que ha perdido arcilla o hierro, solos o en combinación) inmediatamente por encima de un horizonte argilúvico (horizonte enriquecido en arcillas cristalinas silicatadas de origen iluvial) de máximo desarrollo (Durán, 1985).

Son suelos relativamente escasos en la zona basáltica aunque han sido observados en algunas altiplanicies dentro de la asociación Cuaró. Se trata de suelos muy diferenciados, de textura media y horizonte argilúvico muy desarrollado y drenaje imperfecto. La importancia de estos dos últimos suelos es muy baja en función de lo restringido de su área de ocurrencia (Durán, 1998).

Todos los suelos presentan una materia orgánica muy estabilizada y fuertemente ligada a la arcilla, lo que se manifiesta en una estructura muy fuerte y resistente a la degradación mecánica o física (Durán, 1998).

2. 1. 2. 5 Disponibilidad de agua

El suelo actúa como un reservorio de agua para las plantas, acumulando en él, el agua proveniente de las lluvias o el riego y permitiendo su utilización por los vegetales durante un lapso más o menos prolongado. La textura del suelo determina la cantidad de agua que puede almacenarse en un espesor dado de suelo (Rovira et al, 1993).

Cuadro 3. Capacidad de almacenar agua disponible en los suelos por unidad de profundidad

Tipo de suelos	Agua disponible promedio (mm/10 cm)
Suelos arenosos	7
Suelos francos	16
Suelos arcillosos	17

Fuente Rovira et al, 1993

El agua ocupa el espacio poroso del suelo e interacciona eléctricamente con la matriz del suelo. Esta interacción determina que una planta para absorber el agua debe aplicar una presión que supere la fuerza de retención de agua por la matriz del suelo. Dicha fuerza es mínima cuando el contenido de humedad es cercano a la saturación y aumenta a medida que disminuye su contenido (Martino, 1994).

Existe un rango, en que las plantas absorben agua sin mayores problemas y crecen normalmente, pero contenidos de agua por encima o debajo de este rango durante un tiempo prolongado, llevan a la detención del crecimiento y a posterior, a la muerte del vegetal (Rovira et al, 1993).

A ese rango de agua en el suelo, en el que las plantas pueden extraerla, se lo llama Agua Disponible y normalmente se lo expresa como porcentaje en volúmenes o como mm de agua cada 10 cm de profundidad del suelo (Rovira et al, 1993). La cantidad de agua disponible en el suelo ha sido definida como la diferencia entre el contenido de agua a capacidad de campo (CC) y el contenido de agua en el punto de marchitez permanente (CMP) (Sawchic, 1996).

Luego de un riego o de una lluvia todos los poros del suelo quedan ocupados por agua. El agua que se encuentran en los poros más grandes (macroporos) drena rápidamente en profundidad y se llama agua gravitacional o de drenaje rápido. Una vez que los macroporos han drenado el agua y se han llenado de aire se dice que el suelo está a capacidad de campo (Rovira et al, 1993). Capacidad de campo es la cantidad de agua máxima que el suelo puede retener, medida a las 48 horas después de una lluvia o riego. El agua a capacidad de campo está retenida a una tensión de 1/10 a 1/13 de Bars. Esta capacidad de campo es variable y depende del tipo de suelo, especialmente de su textura (Hofstader et al. 1994).

El contenido de agua del suelo por debajo del cual las plantas se encuentran imposibilitadas de absorberla, se denomina punto o coeficiente de marchitez permanente y define el límite inferior de agua disponible (Rovira et al, 1993), generalmente corresponde al agua retenida a una tensión igual o mayor a 15 Bars (Hofstader et al.,

1994). El agua que el suelo contiene entre capacidad de campo y coeficiente de marchitez permanente (agua disponible), se llama capilar y se encuentra ocupando los poros más pequeños del suelo, (microporos). Por último, el agua que está por debajo del coeficiente de marchitez permanente, llamada agua higroscópica, es fuertemente retenida por las partículas de arcilla y la materia orgánica del suelo, siendo inutilizable para los vegetales (Rovira et al. 1993).

El contenido de agua en el suelo afecta directamente el crecimiento de las plantas pero también otras propiedades del suelo como por ejemplo consistencia, plasticidad, resistencia a la compactación. Determina además el nivel de aireación y el intercambio gaseoso en el suelo, afectando la actividad de los microorganismos entre otros procesos (Sauwchic 1996).

Los litosoles negros y rojos retienen agua disponible dentro de un rango similar: 10 – 15 mm /10 cm de suelo. Las diferencias entre los dos tipos de suelo en cantidad de agua disponible se deben a la mayor profundidad de los suelos negros que los hace un poco más resistentes a la sequía. La baja capacidad de retención de agua de los suelos superficiales genera un importante escurrimiento de agua y que en condiciones de pendientes fuertes, son un agente importante de erosión de estos suelos (Bologna 1997).

En cuanto a los vertisoles, la capacidad de retención de agua por unidad de volumen de suelo no es muy diferente a los litosoles negros pero su gran profundidad, hace que el volumen de agua almacenada supere ampliamente a los anteriores. Por otra parte como la mayoría de los vertisoles ocurren en valles o interfluvios amplios de topografía casi plana o al menos de pendiente muy baja, la infiltración resulta elevada, lo que representa un buen aprovechamiento del agua de lluvia (Durán 1998).

2. 1. 3 Clima

El clima en el Uruguay es subtropical templado, con fluctuaciones estacionales muy marcadas. Se considera un clima subhúmedo debido a que la evapotranspiración potencial en verano es mayor que las precipitaciones, lo que ocasiona deficiencias de agua en el suelo (Corsi 1978) .

2. 1. 3. 1 Radiación solar

La luz es un factor determinante en el crecimiento y desarrollo de las plantas, siendo su efecto directo sobre la fotosíntesis su aspecto más estudiado. Además de su papel en la fase fotosintética, la luz ejerce una importante función reguladora en la fase bioquímica a través de su efecto sobre la síntesis, activación y desactivación de varias enzimas. Independientemente de la ruta metabólica (C3, C4 o CAM). Algunas enzimas de la fotosíntesis son rígidamente controladas por la luz (Morales 2001).

Los dos grupos de gramíneas predominantes en el Uruguay difieren ampliamente en su respuesta a la luz. Las templadas (C3) muestran saturación lumínica a 20.000 – 30.000 lux, mientras que las tropicales y subtropicales (C4) continúan creciendo a intensidades de 60.000 lux o más (Carámbula 1997).

La superficie del suelo recibe energía en forma de radiación solar (onda corta) y radiación de la atmósfera (onda larga) a la vez que emite radiación de onda larga en función de su temperatura. El balance de todos estos procesos llamado radiación neta, es positivo durante las horas del día y negativo durante la noche. La energía de radiación neta disponible, es en parte almacenada como calor en el suelo; utilizada en procesos biológicos; disipada como calor por convección y disipada como calor latente por evaporación de agua desde la superficie (Martino 1994).

2. 1. 3. 2 Temperatura

La T ° media anual de la región de Basalto, varía de 16 ° C en el Sureste a 19 ° C en el Norte. La temperatura media del mes más cálido, enero, varía entre 22 y 27 ° C en el Sureste y Norte respectivamente; mientras que la variación de la temperatura media del mes más frío, julio, está entre 11 ° C en el Sur y 14 ° C en el Norte, (Berretta, 1998).

Durante el otoño e invierno, se registran temperaturas por debajo de 0 ° C, pero por períodos relativamente cortos. El número de heladas agrometeorológicas es variable a través de los años, ocurriendo en promedio unas 40. El período libre de heladas en la región es algo superior a los 300 días y en la zona norte no se registran heladas todos los años (Berretta, 1998).

Cuadro 4. Temperaturas máximas y mínimas mensuales (°C) en las Estaciones Meteorológicas de Artigas, Salto y Tacuarembó (Período 1971-1990).

	T ° C	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Art	Máx	32,4	30,2	28,9	24,8	21,4	18,5	18,3	20,7	21,8	25,5	27,8	30,9
	Mín	19,2	18,9	17,1	13,4	9,9	7,4	8,0	9,5	10,2	13,1	15,3	17,9
Sal	Máx	31,5	30,3	27,8	23,9	20,6	17,1	17,3	19,0	20,8	24,2	26,9	30,2
	Mín	18,7	17,9	16,0	12,7	10,0	7,2	7,3	8,0	9,1	11,9	14,2	17,1
Tbó	Máx	30,4	29,0	27,7	23,7	20,2	17,0	16,9	19,4	20,2	23,6	26,2	29,2
	Mín	17,6	17,2	15,4	12,1	8,8	6,0	6,0	7,3	8,4	11,4	13,7	16,0

Fuente: Dirección Nacional de Meteorología

La región noroeste se destaca por presentar en general temperaturas más altas que en el sur del país y mayores niveles de precipitaciones anuales, sin embargo durante el período estival se observa un período de déficit hídrico en sus suelos. Del mismo modo que en el resto del país en los meses invernales, la temperatura media desciende

marcadamente respecto a los meses de verano (media de enero 23-25 °C, media de julio 11-13 °C para el sur y para el norte respectivamente (Olmos 1997).

La temperatura regula la velocidad de los procesos metabólicos. La temperatura afecta directa e indirectamente el crecimiento; directamente afectando la habilidad de las plantas de convertir azúcar en crecimiento e indirectamente cambiando la velocidad de mineralización del nitrógeno por los microorganismos del suelo (Korte et al. 1987).

La producción de pasturas es alta cuando la temperatura del suelo es alta en otoño, invierno y primavera temprana, cuando la temperatura del suelo está entre 5,5 y 10 °C, cada grado de incremento resulta en un incremento de producción de 8 kg de ms/há/día. Pasando los 10 °C esta relación no se mantiene debido probablemente a los efectos de la temperatura sobre el crecimiento (especialmente en las C3) y mineralización. En otoño, cuando no hay un estrés excesivo debido a la falta de humedad, un decremento de un grado en la temperatura del suelo, resulta en un decremento (promedio) de 4 kg de ms/há/día dentro de un rango de 7 a 17 °C (Korte et al. 1987).

La temperatura es el factor ambiental que provoca efectos inmediatos sobre los procesos biológicos de tipo bioquímico (respiración, fotosíntesis), físicos (transpiración) y morfológico (formación y crecimiento de los órganos) de los vegetales (Morales, 2001).

La respuesta característica de incremento en el crecimiento de las plantas con aumentos de temperatura se debe a cambios bioquímicos de las células. Al aumentar la temperatura celular, la velocidad de movimiento (vibración, rotación y traslación) y la reacción molecular es incrementada, llevando a una frecuencia mayor de las colisiones intermoleculares y a una mayor proporción de reacciones. Así como estas reacciones ocurren en las células y son catalizadas por enzimas, su acción depende del mantenimiento de su estructura terciaria. Un aumento de temperatura encima de determinados niveles incrementa la agitación molecular y produce daños en la estructura terciaria. Esto determina una reducción de la actividad enzimática. Este efecto también es válido para temperaturas demasiado bajas (Morales 2001).

Para muchas gramíneas templadas Festucoideas y leguminosas la temperatura óptima tanto para acumulación de materia seca y crecimiento en extensión está ubicado alrededor de 20 – 25 °C. Algún crecimiento es posible a temperaturas debajo de los 5 °C y en el extremo superior, muchas especies cesan su crecimiento en el rango de los 30 – 35 °C. En contraste, el rango térmico para muchas gramíneas subtropicales y tropicales (no Festucoideas) es por lo menos más alto que 10 °C con un óptimo en la vecindad de los 35 °C, el límite superior aproximadamente en 40 – 45 °C y muy pequeño o ningún crecimiento por debajo de los 15 °C. Las leguminosas tropicales no han sido estudiadas con la misma intensidad que los pastos pero aparentan tener un óptimo de temperatura un poco menor (25 – 30 °C),

sin embargo la mínima temperatura para el crecimiento es similar en ambos grupos (MC William 1978)

Snaydon (1981) considera 15 grados como umbral mínimo para el crecimiento de las especies subtropicales, y 30 C° como límite máximo para el crecimiento de las especies templadas.

La temperatura tiene efecto además, sobre el proceso de acumulación hidratos de carbono de reservas en las pasturas. Con temperaturas por debajo del óptimo, la respiración se reduce bajando la tasa de respiración y/o crecimiento mientras que el proceso de fotosíntesis aunque se reduce se mantiene a niveles en que la formación de hidratos de carbonos supera a su consumo. Este hecho hace que estos se acumulen incrementando el nivel de reserva. A temperaturas por encima del óptimo la respiración se hace mas activa y el consumo de hidratos de carbono supera a su formación, determinando una disminución del nivel de reservas (Snaydon 1981).

Farquhan y Sharquey (1992) sostienen que las bajas temperaturas reducen la asimilación de CO₂ debido a la reducción de la actividad de la Ribulosa bi fosfato carboxilasa y de la capacidad de transporte de electrones. Por otro lado, altas temperaturas también reducen la capacidad de transporte de electrones e incrementan la fotorrespiración, provocando una disminución en la asimilación de CO₂ (Morales 2001).

2. 1. 3. 3 Precipitación

Las precipitaciones medias anuales varían entre 1.110 y 1.300 mm, aumentando desde el Sur hacia el Norte (Corsi 1978; Berretta, 1998). No existe una estación lluviosa típica aunque en otoño y primavera se registran volúmenes algo mayores a los del resto del año. Si bien las precipitaciones se distribuyen a lo largo del año, ellas se caracterizan por grandes variaciones interanuales, siendo por lo general el verano, la estación de mayor variación, particularmente en la zona Norte. En la región de basalto hay un alto coeficiente de variación en los valores de las precipitaciones, superando esta variación en muchas oportunidades al 100 % . Esta variación es mayor durante el verano y el otoño que en invierno primavera (Olmos, 1997).

Cuadro 5. Precipitaciones mensuales promedio (mm) en las Estaciones Meteorológicas de Artigas, Salto y Tacuarembó. (Período 1961 – 1990)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Art	135,4	169,3	151,3	119,3	111,0	81,1	101,6	87,1	113,4	137,1	126,5	119,5	1452,6
Sal	116,1	131,6	152,8	125,5	98,7	80,6	73,3	70,3	106,5	118,0	129,1	119,5	1322,0
Tbó	116,7	122,5	127,0	107,8	101,3	84,1	108,1	88,0	121,6	118,3	113,1	95,7	1304,2

Fuente Dirección Nacional de Meteorología

2. 1. 3. 4 Evapotranspiración

El agua del suelo puede pasar a la atmósfera a través de dos procesos: la evaporación y la transpiración. Evaporación es el proceso por el cual el agua, bajo la forma de vapor, abandona las superficies húmedas del suelo y entra en la atmósfera, sin intervención de los vegetales. Transpiración es el proceso por el cual el agua, luego de ser absorbida por las raíces, es emitida como vapor a través de los estomas de las hojas de la planta, hacia la atmósfera. Ambos procesos juntos constituyen la evapotranspiración (Cardelino et al, 1993). Los estomas constituyen el más importante mecanismo regulador de los intercambios gaseosos entre las células de las hojas y el aire, consecuentemente su funcionamiento determina la regulación de las pérdidas de agua de la planta, (Morales 2001).

A nivel agrícola ambos procesos ocurren simultáneamente, por eso siempre se habla de evapotranspiración. No son procesos independientes sino que están íntimamente interrelacionados y por eso se influyen mutuamente, actuando en la generalidad de los casos como uno solo (Cardelino et al. 1993). Si bien en el Uruguay existe muy poca variación en la distribución estacional, el clima debe considerarse subtropical subhúmedo ya que durante el verano la evapotranspiración potencial (ETP) excede las precipitaciones, ocasionando deficiencias de agua en los suelos. Esta situación sería una causa más que determinan que las forrajeras templadas se vean limitadas en su potencial productivo y en su persistencia, reduciendo su vida útil de las pasturas sembradas (Santiñaque 1996).

Cuadro 6. Evapotranspiración potencial (ETP) (mm) en las Estaciones Meteorológicas de Artigas, Salto y Tacuarembó.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Art	206	177	134	79	47	34	39	62	85	121	162	208
Sal	210	171	130	78	54	33	38	61	84	123	164	200
Tbó	195	156	124	75	47	31	36	55	77	108	150	192

Fuente: Dirección Nacional de Meteorología

El agua transportada se mueve en la hoja por difusión hacia el estoma, donde la pérdida de agua a la atmósfera esta gobernada por el gradiente absoluto a la concentración de vapor de agua (Romero 1996).

Frente a un estrés hídrico, las plantas logran una disminución eficiente en las pérdidas de agua mediante el cierre de los estomas, reduciendo la difusión de vapor de agua hacia la atmósfera. Como contrapartida, este cierre estomático determina al mismo

tiempo una reducción en la posibilidad de captación de CO₂, reduciendo por esta causa, la fotosíntesis (Morales 2001).

2. 1. 4 Vegetación

La vegetación dominante en la región basáltica es herbácea, siendo los arbustos y árboles muy poco frecuentes. La vegetación herbácea está compuesta en su gran mayoría por gramíneas perennes mientras que las leguminosas nativas son muy poco frecuentes. También se observa la presencia de un número elevado de otras familias botánicas: compuestas, umbelíferas, ciperáceas, juncáceas, etc., pero con frecuencias reducidas, excepto en áreas particulares (Berretta 1998).

La vegetación es compuesta por especies estivales (C4), con una estación de crecimiento de primavera a otoño, y especies invernales (C3), con una estación de crecimiento de otoño a primavera. Las especies estivales son las más frecuentes siendo responsables de un 60 a 80 % en el recubrimiento del suelo (Berretta 1998).

En suelos superficiales, las C3 tiene una frecuencia elevada pero se encuentran compuestas de hierbas enanas y pastos ordinarios, estas especies son de menor porte y productividad mientras que en los suelos de mayor profundidad la composición es de pastos finos invernales . En los suelos superficiales el recubrimiento del suelo es más reducido (50 – 70 % del área) mientras que en los suelos de mayor profundidad superan el 90 % (Berretta 1998).

Las pasturas naturales desarrolladas sobre los litosoles de basalto son comunidades vegetales que se caracterizan por su adaptación a las frecuentes restricciones hídricas. Esto ha determinado poblaciones dominantes con menor potencial productivo que las que prosperan en los suelos profundos (Bologna, 1997). En suelos de mayor profundidad y fertilidad la vegetación está compuesta por especies de mayor productividad y calidad, siendo mas apetecible por los animales (Berreta 1998).

En los suelos superficiales, las gramíneas más frecuentes son estivales, pertenecientes a los géneros, *Chloris*, *Bouteloua*, *Schizachirrum*, *Aristida*, *Eragrostis*, *Botriochloa* y *Stypa*. A medida que la profundidad del suelo se hace mayor, se encuentran especies de gramíneas más productivas de los géneros *Paspalum*, *Andropogon*, *Axonopus*, *Coelorhachis*, *Schizachyrium*, *Stipa*, *Piptochaetium* y *Poa*. También se encuentran algunas leguminosas de los géneros *Adesmia*, *Trifolium*, *Rhynchosia*, *Desmantus* y *Desmodium* (Arias, 1963; Berretta 1998).

Entre las malezas más importantes debe citarse el mío-mío (*Baccharis coridifolia*), la cual predomina en los suelos poco profundos. Por su toxicidad y su aptitud de renovarse anualmente por yemas subterráneas o basales le hacen muy

agresivo y difícil de dominar. La chirca (*Eupatorium buniifolium*) aparece en campos más profundos sobre todo en la zona de Valentín, departamento de Salto (Arias 1963).

Resumiendo podemos decir que en general, las pasturas de basalto son “finas” muy productivas y de buen valor nutritivo. Las asociaciones predominantes son de ciclo estival, aunque se encuentran buenas especies invernales. La mayor limitación es la falta de leguminosas productivas (Arias 1963).

2. 1. 5 Producción de materia seca y tasa de crecimiento diario

Las pasturas de los suelos superficiales pardos rojizos tienen una tasa de crecimiento diario que se hace máxima en los meses de octubre y noviembre. Esta característica puede estar relacionada con un mayor incremento de la temperatura del suelo, al tener éste, menor profundidad y encontrarse la roca madre próxima a la superficie. Esto favorece el rebrote temprano de la vegetación. En cambio julio es el mes de menor crecimiento (Berretta 1998).

La tasa de crecimiento diario estacional registra los máximos valores en primavera y verano siendo la del invierno la más reducida (Berretta et al, 1991; Berretta et al, 1998); aunque trabajos de Berretta, en 1991, concluyen que las estaciones de mayor crecimiento son la primavera y el otoño, coincidiendo en el invierno como la estación de menor crecimiento.

Trabajos de Berretta et al, en 1998, concluyen que la tasa de crecimiento diario estacional presenta gran variabilidad, tanto entre como dentro, de las estaciones.

Cuadro 7 Tasa de crecimiento diario (kgMS/ha/día) por estación de los suelos pardo rojizos desde 1980 a 1994

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Media	10,1	6,8	4,9	9,9
Desv est	4,9	2,9	2,5	3,9
C. V (%)	49	43	51	40

Fuente Berretta et al, 1998)

La mayor variabilidad se da en el invierno y verano, mientras que la de menor variación se observa en la primavera (Berretta 1991; Berretta et al, 1998)

La producción total anual promedio para un período de 14 años es de 2885 kg de materia seca por hectárea, registrándose la mayor producción de 4835 kg de materia seca por hectárea y la menor y 1412 kg de materia seca por hectárea como el valor de menor producción en el período (Bemhaja et al, 1998). Los mismos autores señalan a la

primavera y el verano como las estaciones de mayor importancia productiva, donde se produce más del 60 % del forraje anual, mientras que el invierno se presenta como la estación con menor cantidad de forraje producido.

Cuadro 8. Distribución estacional (%) de la producción de forraje de un suelo superficial pardo rojizo desde 1980 a 1994

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Media	31,4	21,1	15,7	31,7
Desv est	12,8	6,0	5,8	9,8
C. V (%)	41	28	37	31

Fuente Berretta et al, 1998

Estos suelos presentan frecuentes déficits hídricos, los que provocan una rápida disminución del crecimiento y producción de la pastura. Al recuperarse las condiciones adecuadas de humedad, el crecimiento se reanuda rápidamente, superando en el corto plazo, al de los suelos de mayor profundidad (Berretta et al, 1998).

En los suelos superficiales negros el mayor crecimiento se registra en octubre y noviembre (Berretta, 1991), mientras que las tasas más reducidas se registran en mayo, julio y enero. En cuanto a la tasa de crecimiento diario estacional, muestran a la primavera y el verano como las estaciones de mayores valores (Berretta, 1991; Berretta et al, 1998).

Cuadro 9. Tasa de crecimiento diario (kgMS/ha/día) por estación de los suelos negros desde 1980 a 1994

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Media	13,6	8,8	6,1	13
Desv Tip	5,9	3,6	2,4	4,3
C. V (%)	43	41	40	33

Fuente Bemhaja et al, 1998

Las mayores variaciones en la tasa de crecimiento se registran en verano, relacionadas particularmente al balance hídrico (Berretta, 1998)

Estos suelos tienen una producción de materia seca por hectárea por año promedio de 3772 kg (Bemhaja et al, 1998), registrándose el valor más alto de 5443 kgms/há y el más bajo de 2330 kgms/há. . La estación de mayor importancia productiva es la primavera, seguida del verano donde se produce el 64 % del forraje anual, el invierno es la estación con menor producción de forraje, sin embargo, trabajos de

Berretta en 1991 concluyen que en estos suelos la menor producción de forraje se da en el verano.

Cuadro 10. Distribución estacional (%) de la producción de forraje de un suelo superficial negro desde 1980 a 1994

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Media	32,1	21,0	14,9	32,0
Desv est	11,5	5,5	5,1	9,6
C. V (%)	36	26	34	39

Fuente Bemhaja, et al, 1998

Estos suelos también presentan frecuentes déficits hídricos, lo que se refleja en la variabilidad de su producción forrajera de los meses de verano. Sin embargo, a diferencia de los pardos rojizos, mantienen la humedad por períodos más largos, debido a su posición topográfica y drenaje imperfecto (Berretta, 1998).

En los suelos profundos, las mayores producciones de forraje ocurren en los meses de octubre y noviembre, mientras que las menores producciones se dan en los meses de mayo, julio y enero, (Berretta, 1991). La primavera es la estación con mayor tasa de crecimiento y el invierno es la estación que presenta los menores valores.

Cuadro 11. Tasa de crecimiento diario (kgMS/ha/día) por estación de los suelos profundos desde 1980 a 1994

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Media	17,2	10,9	7,3	14,8
Desv est	7,8	4,2	3,1	4,4
C. V (%)	45	38	42	30

Fuente Berretta et al, 1998

La tasa de crecimiento al igual que en los otros suelos es más variable en verano, relacionada principalmente con las condiciones meteorológicas (Berretta, 1998), la primavera es la estación con más estabilidad en este tipo de suelo (Bemhaja et al, 1998).

La producción de materia seca por hectárea anual promedio es de 4576 kg, con un valor máximo de 6646 kg y un valor mínimo de 3204 kgms/há. Este mayor crecimiento anual de forraje está relacionado con una vegetación más densa, con alta frecuencia de especies más productivas y vigorosas que en los suelos de menor profundidad y fertilidad (Berretta et al, 1998).

Las estaciones de mayor importancia productiva continúan siendo la primavera y el verano (Berretta et al, 1991), donde se produce el 63 % del forraje anual, mientras que el invierno vuelve a presentarse como la estación de menor producción, (Berretta et al, 1998).

Cuadro 12. Distribución estacional (%) de la producción de forraje de un suelo profundo desde 1980 a 1994

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Media	33,3	21,5	15,1	30,1
Desv est	12,0	6,3	6,4	8,8
C. V (%)	36	29	42	29

Fuente Berretta et al, 1998

En estos suelos, con mayor fertilidad y profundidad se desarrollan especies de alta producción, lo que se manifiesta en una mayor cantidad de forraje que en las comunidades anteriores. En estos ambientes se encuentran especies finas y tiernas con mayor frecuencia que en los anteriores, pero mezcladas con estas hay pastos ordinarios y duros (Berretta, 1998).

En todos los suelos considerados, la menor cantidad de forraje producido se registra en invierno. Las especies estivales son dominantes en los suelos superficiales y profundos. Las temperaturas en invierno, aún no siendo muy bajas, deprimen o detienen el crecimiento de las mismas (Berretta et al, 1998).

2. 2 MEJORAMIENTOS EXTENSIVOS

2.2.1 Introducción

Las especies que componen los campos naturales de una región, están adaptadas a las condiciones predominantes de clima, suelos y del sistema de pastoreo a que se los ha sometido. En la región del basalto, éste complejo ha determinado que las especies predominantes sean plantas del tipo C4, capaces de sobrevivir en un medio ambiente de baja fertilidad y se ven favorecidas por el sistema de pastoreo continuo.

A pesar de encontrarse adaptada a niveles reducidos de nutrientes se ha encontrado respuesta a la fertilización con NP (Castells et al, 1971; Bemhaja, 1996). Estos autores informan de respuestas muy importantes del campo natural profundo de basalto, principalmente en la producción de verano y otoño. Trabajos de Risso (1990) han demostrado la fertilización fosfórica, cuando no se cuenta con leguminosas en las pasturas no logra incrementos mayores del 15 - 30 % en la m.s. El agregado de nitrógeno y

posiblemente una interacción de P y N ha dado resultados muy alentadores. La digestibilidad no fue modificada por la fertilización de P ni N.

Cuadro N° 13. Efecto del agregado de fertilizante en el campo natural

	C. N = 100	M. O. D in vitro
C. N	100	51.6
C. N + P	128	52.0
C. N + N	134	48.3
C. N +NP	177	49.9

Fuente Riso, 1990

La aplicación de fertilizantes principalmente P y en menor grado N es una práctica que se ha utilizado con frecuencia. En general, la información concuerda que el agregado de P mejora algo la producción de materia seca pero no modifica su digestibilidad.

Carámbula 1996, sostiene que como consecuencia de este comportamiento, resulta ineludible considerar el incremento de la fertilidad junto a la siembra en el tapiz de especies (C3) que presenten buen crecimiento en la época de menor producción y que su forraje producido en épocas favorables puede ser diferido en pie sin perder calidad. (Berrutti et al, 1993) coinciden de que la existencia de especies, sobre todo leguminosas que puedan integrarse a la pastura natural y provocar cambios sustanciales en la producción y calidad con un aporte marcadamente invernal hace importante su consideración.

La introducción de leguminosas en el tapiz natural ofrece la ventaja de un costo bajo, escasa movilización de maquinaria agrícola y el hecho de no desaprovechar el pastoreo durante el primer año (Bono, 1960). El mejoramiento de campo por fertilización fosfatada e interseembra de leguminosas adaptadas es una importante tecnología para elevar la productividad de los campos naturales en suelos profundos y medios sobre basalto (Berretta et al, 1998).

Berrutti et al, 1993 sostienen que la técnica de introducción de especies con el agregado de fertilizantes se integra al concepto de evolución de las pasturas naturales. Intenta mejorarlas sin el riesgo de pérdida del tapiz que acompaña la roturación. Además de esto:

- Mantiene la producción estival de la pastura natural.
- Conserva la resistencia a la invasión de malezas de la pastura.
- No provoca pérdida de piso y permite su utilización en tiempo lluvioso (alarga el tiempo de pastoreo).
- No aumenta los riesgos de erosión.
- No requiere equipos complejos de maquinaria.

- Tiene un bajo costo de implantación.
- Mantenimiento.
- Puede presentar alta persistencia permitiendo incrementos acumulables.
- En productividad es posible alcanzar en formas sostenida los niveles de mejoramientos convencionales en sus mejores períodos.

Mediante la fertilización y siembra de leguminosas en la pastura nativa, se busca elevarla a un nuevo equilibrio de mayor productividad, en base a hacerle disponible elementos previamente limitantes como P y N y especies con alta capacidad de respuesta (Risso, 1991).

Es una tecnología conservadora en el empleo de insumos y de fácil implementación en áreas sin infraestructura agrícola, siendo poco agresiva con el suelo y con la pastura nativa la cual generalmente responde favorablemente. Es entonces poco probable que frente a pérdida de las leguminosas, la producción caiga por debajo de los niveles originales (Millot et al. 1987; Risso, 1991)

Los mejoramientos de campo permiten alcanzar rendimientos comparables de materia seca a los de las pasturas sembradas y tienen la ventaja de que el costo por unidad de materia seca producido es menor. Además es posible lograr una mayor persistencia productivas ajustando el manejo del pastoreo, la resiembra natural y la refertilización (Berrutti et al 1993).

Trabajos de Moir et al (1960) en un campo natural de basalto señalan que la introducción de leguminosas y fertilización incrementó la frecuencia de una leguminosa nativa, la *Adesmia*.

En el caso de los mejoramientos extensivos, se enfatiza fundamentalmente el comportamiento de las leguminosas ya que un factor primordial entre los que limitan la expresión de nuestras pasturas naturales es el Nitrógeno, elemento tradicionalmente muy costoso y de escasa residualidad por su fácil lixiviación del perfil. Se recurre entonces a la activación de su ciclo promoviendo la presencia de leguminosas naturales o introducidas, que transferirán a través de exudados de raíces y restos en descomposición, el Nitrógeno fijado simbióticamente (Millot et al, 1987).

Se favorece de esta manera una mejora en el rendimiento y calidad del tapiz, de dos formas, directa e indirectamente. En forma directa, por la contribución de forraje, en cantidad y calidad realizado por la leguminosa y en forma indirecta, al aumento en la disponibilidad de Nitrógeno que se produce para las gramíneas nativas, lo que posibilita que se manifiesten y predominen, las más productivas y exigentes (Millot et al, 1987).

El mejoramiento por intersembra de leguminosas constituye un procedimiento más eficiente que la simple fertilización fosfatada, lográndose incrementos de un 75 % sobre la oferta de forraje (Carámbula, 1987).

2.2.2 Implantación

La reducción de la competencia del tapiz natural es fundamental si se desea aumentar las posibilidades de una buena implantación a través de un alto porcentaje de establecimiento y una mayor persistencia. Este aspecto tiene gran importancia cualquiera sea el método aplicado para introducir especies y su incidencia será tanto mayor cuanto menor sea el porcentaje de tapiz destruido. De ahí que en siembras en cobertura el mismo alcance el mayor efecto (Carámbula, 1977).

El mismo autor afirma que cuanto más bajos son los niveles de fósforo presentes o a utilizar, más importante resulta controlar el tapiz, ya que las gramíneas naturales por su mayor tasa de crecimiento a niveles deficitarios de ese nutriente, se encuentran en condiciones de desplazar a las leguminosas introducidas.

Para que las especies introducidas puedan colonizar el tapiz natural, es imprescindible que este presente espacios que faciliten la implantación de las nuevas plántulas. Según el grado de cobertura que ejerza el tapiz sobre las plántulas, puede favorecer o perjudicar el crecimiento de estas, mediante efectos de protección o competencia respectivamente (Carámbula, 1996).

2.2.2.1 Preparación del terreno

La eliminación o disminución del efecto competitivo sobre la o las especies que se van a introducir puede lograrse a través de diferentes tratamientos del tapiz, entre los que pueden citarse el pastoreo, la quema y los herbicidas (Carámbula, 1977).

Pastoreo

El pastoreo previo a la siembra debe ser planeado con anterioridad dado que solo realizado de esta manera se podrá controlar el crecimiento de la pastura y su agresividad en forma eficiente. El área elegida para el mejoramiento debe comenzar a ser pastoreada en la primavera previa, continuando hasta la siembra. El tipo de vegetación es determinante en cuanto al manejo de este pastoreo. Se recomienda realizar pastoreos lo más intensos posibles. Generalmente se podría iniciar el pastoreo con vacunos que luego podrían ser reemplazados por lanares una vez que la pastura ofrezca menores cantidades de forraje y sea difícilmente accesible a los primeros (Risso, 1998).

En general es necesario realizar un pastoreo previo con vacunos para reducir los pastos altos con restos secos; la dotación estará en función del forraje disponible al final de la primavera y del crecimiento durante el verano, pero deberá de ser alta. Si este es muy lluvioso, el crecimiento del campo será elevado y quedará hacia el final del mismo una cierta cantidad de restos secos y cañas florales, por lo que se debe incrementar la dotación para evitar este forraje. En las etapas finales de acondicionamiento del tapiz es necesario utilizar ovinos para reducir la altura hasta alrededor de 2 cm. Estos pastoreos pueden hacerse continuos aunque es conveniente hacerlos de manera de reducir la altura, permitir un rebrote y luego pastorear nuevamente, reduciendo así las reservas de la planta para favorecer la germinación y emergencia de las plantas introducidas (Bemhaja et al, 2001).

Cianciarullo et al, 2000, señalan que cuanto más pequeño es el nicho, más expuestas estarán la semilla y la plántula a ser dominadas por la velocidad del rebrote, y la densidad creciente del tapiz nativo. El ideal es lograr por manejos previos, rebrotes débiles y de baja capacidad de competencia. A estos efectos, el campo debe ser pastoreado en forma intensa durante el verano, alternando algunos períodos de alivio para evitar que la vegetación se entrame. Según Minutti, et al, (1996), se favoreció la implantación de *Lotus Corniculatus* con un pastoreo intenso previo a la siembra en cobertura.

Según Carámbula (1996), finalmente se debe expresar que no es imprescindible ni conveniente arrasar totalmente el tapiz ya que la presencia de cierta altura de forraje y algunos restos secos protegen la germinación y las pequeñas plántulas en desarrollo

Con pastoreo intenso el trébol blanco y lotus tuvieron un establecimiento significativamente superior que con pastoreo aliviado o uso de herbicidas. Con el pastoreo es posible obtener alrededor de un 45 % de superficie no recubierta por vegetación, con una altura de 15 cm. Los restos secos son el principal componente siendo el suelo desnudo cercano al 10 % (Risso, 1998).

Quema

El campo quemado tiene un mayor porcentaje de implantación que el campo arrasado por pastoreo. A pesar de que los porcentajes de germinación son similares, mueren menos plántulas cuando el tapiz es previamente quemado. Esto indica que el principal efecto de la quema no es favorecer el contacto semilla suelo, sino eliminar la competencia ejercida por el tapiz natural (Fillat et al, 1958).

Cuadro 14. Número de plantas en 36 m² a los 21 días y 4 meses después de la siembra

	Campo arrasado	Campo quemado
21 días	2262	2211
4 meses	248	394

(Fillat et al., 1958)

Según los mismos autores, su uso puede presentar en general serios inconvenientes de practicidad y manejo y en particular problemas de promoción de malezas agresivas tales como el caragatá (*Eryngium horridum*) y el mío-mío (*Baccharis coridifolia*).

Las ventajas de este método se observan fundamentalmente en aquellos casos en que una excesiva cantidad de forraje seco impedirá la instalación de las plántulas. Si el forraje seco se encuentra acumulado en manchones, este método no resulta eficiente, siendo preferible que el material inflamable se presente extendido en la pastura de manera uniforme (Carámbula, 1996).

La quema es eficaz cuando el pastoreo no promueve un raleo adecuado. Sin embargo White (1981), sostiene que una quema severa podría eliminar totalmente la cubierta vegetal conduciendo a un porcentaje de implantación muy pobre (Carámbula, 1996).

La semilla debería ser distribuida inmediatamente después que baje la temperatura de las cenizas y antes de que ocurran lluvias. En muchas oportunidades se recomienda el pasaje de rastras después de la siembra a los efectos de que la ceniza cubra mejor las semillas y se concrete una mejor cama de siembra (Cianciarullo et al, 2000).

Herbicidas

Cuando se aplica herbicida a una pastura con alta disponibilidad, los restos vegetales pueden ser demasiado abundantes, impidiendo el contacto semilla suelo (Risso, 1992).

Según Minutti, et al (1996), el uso de herbicidas es un método que posibilita el marchitamiento de la cubierta vegetal dejando un mantillo de restos secos que protegen la semilla de la desecación y posteriormente a las plántulas de las bajas temperaturas.

El empleo de químicos debe ser muy cuidadoso. Es preferible utilizar herbicidas no selectivos de contacto de manera de no afectar negativamente la capacidad de crecimiento de las plantas nativas. En los casos que se utilicen herbicidas sistémicos, la dosis debe ser baja para preservar especies nativas de gran valor (Bemhaja et al, 2001).

Los principales inconvenientes que presenta este método, son en primer lugar, al ser destruida la vegetación natural, la población de insectos y fauna se concentra en las especies introducidas. El follaje del tapiz demora en transformarse en humus, además se produce deficiencia temporaria de nitrógeno por descomposición de las raíces, lo que puede provocar el amarillamiento y muerte tanto de las gramíneas introducidas como de aquellas leguminosas que no hayan nodulado bien (Carámbula, 1996).

Berretta et al, (1983) señalan que las especies sembradas tienen una escasa participación en el recubrimiento del suelo, evaluadas en un testigo sin herbicida y que esa participación aumenta con la aplicación de herbicidas, pasando de 1,59 % en el testigo, hasta 50 % en el tratamiento con glifosato.

Ferenczi et al, (1997) registraron que el análisis de los cambios en la composición botánica evidenció que el glifosato redujo la población de gramíneas nativas de ciclo estival, mientras que las especies de ciclo invernal tendieron a ser afectadas por ambos herbicidas (paraquat y glifosato). Otra consecuencia de la aplicación de dichos herbicidas fue el incremento de las malezas.

Cuadro 15. Efecto de diferentes dosis de Glifosatos y del Paraquat sobre el tapiz natural

	Testigo	Glifosato 1lt	Glifosato 2 lts	Glifosato 3 lts	Paraquat 2,25 lts
Gramíneas Estivales	190	120	117	70	164
Gramíneas Invernales	44	28	26	18	18

Fuente: Ferenczi, et al (1997)

Ferenczi et al (1997), en un experimento de lotus corniculatus y trifolium repens, encontraron que los diferentes controles de la vegetación (glifosato, paraquat y testigo), no afectaron la implantación a los 110 días de ambas especies. La producción de materia seca del campo natural del primer año disminuyó con los tratamientos con herbicida, en mayor grado con el glifosato. Sin embargo el mayor control de la vegetación aumentó el aporte de lotus corniculatus con la siguiente mejora de la calidad de la oferta forrajera.

Cuadro 16. Efecto del uso de herbicidas en la implantación de lotus corniculatus.

	Glifosato	Paraquat	Testigo
Campo natural	60,35	71,42	81,69
Lotus corniculatus	24,78	13,58	12,10

Fuente: Ferenczi, et al (1997)

2.2.2.2 Época de siembra

La época de siembra más adecuada sería en otoño, desde abril hasta fines de mayo. En este período las probabilidades de precipitación son relativamente altas, sumado a una evapotranspiración media, resulta en una buena humedad del suelo con temperaturas aún no muy bajas, condiciones que facilitan la germinación y el desarrollo inicial (Risso, 1998).

Se requieren 20° C de temperatura en el suelo para obtener una óptima germinación en Lotus (Formoso, 1993). Dicho proceso se favorece con contenidos de agua en el suelo próximos a capacidad de campo, siendo deprimido tanto por déficit como por exceso. En marzo y abril se registran valores de temperatura media del suelo próximo al óptimo sugerido, en tanto el déficit hídrico real disminuye hacia el invierno y los excesos hídricos aumentan (Risso, 1998)

Las chances del éxito dependen de que en las primeras semanas siguientes a la siembra se disponga de niveles sostenidos de humedad, que permitan una germinación rápida de la semilla y favorezcan la inmediata penetración de la radícula en el suelo. Si falta humedad, el extremo de la radícula se muere y aunque luego la raíz se recupere y continúe su crecimiento no podrá penetrar en el suelo. En siembras muy tempranas al combinarse altas temperaturas y lluvias de escasa importancia permiten una germinación rápida de la semilla; las cuales en la mayoría de los casos perecen, ya que la superficie del suelo se seca rápidamente y es difícil que dispongan de condiciones de humedad favorables para su implantación. En siembras tardías, a causa de las bajas temperaturas, la velocidad de germinación es muy lenta y por lo tanto necesita períodos de humedad mayores. Si bien esta última condición es relativamente fácil de cubrir en esa época, también es cierto que la probabilidad de que se produzcan temperaturas muy bajas y heladas son mucho mayores, con las consiguientes desventajas tanto para el crecimiento de las plántulas como para el proceso de simbiosis (Carámbula, 1977).

Las siembras tempranas posibilitan llegar a comienzos de primavera con un tamaño de plantas suficiente que permite aprovechar más eficientemente las condiciones climáticas que se registran en primavera obteniéndose una mayor cantidad de forraje. En siembras tardías de junio, las plantas son muy pequeñas a la entrada de la primavera y no pueden capitalizar en la misma magnitud las condiciones de ambiente de dicha estación, por baja área foliar, acumulando por tanto menos forraje en el período considerado (Carámbula 1977).

2. 2. 2. 3 Inoculación de la semilla

La inoculación consiste en mezclar con la semilla un producto que contiene una concentración adecuada de rizobios especialmente seleccionados por su capacidad para utilizar el nitrógeno del aire (Cianciarullo, et al, 2000).

Breakwell (1961) señala que uno de los problemas para el establecimiento de las leguminosas en los suelos del Uruguay, es la falta de cepas de Rizobios efectivas, sobre todo para los *Trifolium*.

Según Date (1963), en situaciones como las que existen en Uruguay, donde los rizobios nativos son raros o no existen la inoculación es absolutamente esencial para el establecimiento exitoso de la pradera. En zonas donde existe una leguminosa natural como por ejemplo el *Trifolium polymorphum*, el problema puede también existir pues en este caso los rizobios formarían nódulos inefectivos en las leguminosas introducidas.

En realidad este es un problema más serio que la ausencia de rizobios nativos pues estas cepas nativas pueden competir fuertemente con las cepas introducidas mediante inoculación de la semilla y utilizar los lugares de infecciones en la raíz del huésped antes de que el inoculante aplicado haya tenido tiempo suficiente para ajustarse a su nuevo medio ambiente y multiplicarse en la zona de la raíz (Date, 1963).

En siembras con suelo removido (preparación convencional, excéntrica o zapata) existe una disponibilidad de N que permite a la leguminosa sobrevivir y lograr cierto crecimiento radicular y eventualmente en forma tardía ser infectada por rizobios efectivos y desarrollar algunos nódulos funcionales. Una planta con nodulación mixta (efectiva e inefectiva) probablemente fijará N por debajo de su potencial (Coll, 1991).

De lo antedicho surge la importancia del número de rizobios en el inoculante presentes en el entorno de las semilla en el momento de la germinación. Los numerosos factores que contribuyen a alterar ese número son de importancia decisiva en la implantación de tréboles (Coll, 1991).

En nuestro país se utilizan dos métodos de inoculación, la inoculación simple con agua azucarada (10 % como adherente) y la peletización, que emplea un adherente más

potente y un polvo de recubrimiento (carbonato de calcio micronizado) para que las semillas no se peguen entre sí y lograr una protección de los rizobios del contacto entre la semilla y fertilizantes ácidos como los superfosfatos. (Labandera et al., s/f).

El establecimiento de una simbiosis exitosa depende para cada caso en particular de la incidencia de un conjunto de factores que interactúan, por ejemplo: preparación del suelo, grado de humedad del mismo, época de siembra, correcta elección de las especies, tipo de mejoramiento que se encare (Labandera et al., s/f).

2. 2. 3 Método de siembra

El término laboreo mínimo, labranza reducida o laboreo cero es utilizado para designar un sistema de laboreo en el cual la manipulación mecánica del suelo es reducida al tráfico y preparación de la cama de siembra solamente. La implantación de un cultivo sin laboreo o con laboreo mínimo es posible por la aplicación de técnicas culturales variadas (Berretta, 1983).

Las consideraciones sobre el método a emplear, dependerán de factores tales como: tipo de vegetación y suelo, condiciones de humedad a la siembra y aspectos económicos y de disponibilidad de maquinaria. La cobertura es el método más sencillo y económico. Es fundamental realizar la siembra con la pastura bien baja, para favorecer el contacto semilla suelo y disminuir la competencia de las especies nativas a las plántulas introducidas (Carámbula, 1977).

En condiciones de escasa humedad y/o con pasturas densas y competitivas; el empleo de la zapata y en algunos casos la remoción parcial de la vegetación y el suelo, con disquera y excéntrica liviana contribuirán a aumentar la disponibilidad de Nitrógeno, a mejorar el contacto semilla suelo, etc., favoreciendo una buena implantación. (Carámbula 1977).

2. 2. 3. 1 Cobertura

Puede aplicarse por avión, en suelos con pedregosidad, campos demasiados desperejos o cerrilladas; o mediante sembradoras-fertilizadoras terrestres si el campo lo permite (Carámbula, 1977).

Al aplicar este método es más importante que en ningún otro, eliminar al máximo la competencia ejercida por el tapiz natural. De esta manera, no solo se logra un mayor contacto entre semilla y suelo y se evita la presencia de semillas colgadas sobre el tapiz, sino que también se favorece el primer crecimiento de las plántulas (Carámbula, 1977).

Siempre que la humedad del suelo permita la penetración de la radícula, los porcentajes de instalación son aceptables. Las plántulas no son muy vigorosas por lo que

demoran en desarrollarse y por consiguiente están más expuestas a factores adversos. Como ventaja presenta la rapidez y economía de su aplicación en grandes superficies, permitiendo aprovechar al máximo el momento en que se presentan condiciones más favorables (Carámbula, 1977).

2. 2. 3. 2 Zapatas

El trabajo que realizan las zapatas consiste en abrir un surco de alrededor de 7 cm de ancho donde son depositadas las semillas y el fertilizante y cubiertas por una cadena que corre en el surco. Este método implica alterar el tapiz entre un 15 y un 30 % (Carámbula, 1977).

Es la primera sembradora con enganche de tres puntos, este sistema hace que todo el peso de la unidad caiga sobre las zapatas (Breakwell, 1961).

Una de las ventajas de este implemento es que permite ubicar la dosis de fertilizante en contacto con la semilla, lo cual conduce a un crecimiento rápido de las plántulas y a una mejor nodulación (Carámbula, 1977).

Las ventajas relativas por el uso de uno u otro método de siembra se manifiestan en los primeros meses, precisamente durante la implantación, favoreciendo o no ese proceso de acuerdo a sus condiciones particulares, resultando en una mayor y más pronta entrega de forraje. Luego de superada la etapa de implantación y a partir del segundo año, es posible concluir que el método pierde importancia y las productividades son comparables (Carámbula 1977).

Trabajos de Risso (1998) muestran que el primer año, la producción total de forraje de la cobertura es significativamente superior, aunque no se detecten diferencias en la producción de las leguminosas, en igual período. Esta situación podría explicarse por un mayor aporte del campo no perturbado en la cobertura, frente a las otras aplicaciones que destruyen parte de la cubierta vegetal.

Cuadro 17. Producción de forraje del mejoramiento y de las leguminosas introducidas en el primer año de siembras con distintos métodos (Risso, Morón y Castro, datos no publicados)

Método de siembra	Forraje total (t MS/ha)	Forraje de leguminosa (t MS/há)
Cobertura	6,8 a	3,2 a
Renovadora	6,0 b	2,8 a
Excéntrica	5,0 c	2,9 a

Tratamientos con distinta letra tienen D: S: (5 %).

2. 2. 3. 3 Excéntrica

El trabajo que se realice con este implemento consiste en producir la destrucción de porcentajes variables del tapiz, esto porcentaje depende del tipo de rastra, la trabazón y el peso del equipo (Carámbula, 1977).

Trabajos de Fillat et al., (1958) comparando distintos métodos de siembra resultan en que la mejor implantación se logró en los tratamientos en que se pasó una rastra de discos, el cual fue superior a los tratamientos donde se aplicó pastoreo, quema y pastoreo y renovadora de praderas.

Berretta et al., (1996) en un ensayo de dos años sobre cristalino comparando cobertura, renovadora y excéntrica, no encontraron diferencias en el establecimiento y producción de los mejoramientos.

2. 2. 4 Variedades a sembrar

Las leguminosas mejor adaptadas a este tipo de siembra son el *Lotus Corniculatus*, particularmente los cultivares San Gabriel y Ganador; lotus Rincón (*Lotus Subbiflorus*) cv. El Rincón y el trébol blanco (*Trifolium Repens*), cultivares Zapicán y Bayucaá, (Risso, 1998, Bemhaja, 1998).

Trabajos de Moir et al (1960) de introducción de leguminosas en un campo natural de Basalto, señalan un muy buen comportamiento del lotus corniculatus cv San Gabriel en comparación con las otras leguminosas testadas.

Trabajos de Castells et al (1971) resultan que de las especies perennes, el lotus corniculatus presento el mejor comportamiento por su crecimiento vigoroso y su persistencia.

Estudios evaluados en *Lotus* han demostrado que este género ofrece grandes perspectivas de utilización al presentarse varias de sus especies como forrajeras pioneras para elevar la productividad del campo natural. Ello se debe a que este género tiene muy buenas características respecto a que se adapta a suelos con bajo ph, escasa disponibilidad de fósforo y niveles extremos de humedad, panorama que se presenta en la mayoría de las situaciones del país en que deben aplicarse mejoramientos extensivos.

Características generales del *Lotus corniculatus*

Perenne primavera-estival (Milot et al, 1987). Las mayores tasas medias de producción de forraje estacional ocurren en primavera, disminuyendo las mismas en verano, aunque mantiene su calidad (Coscia et al, 1983). En otoño e invierno, las tasas

medias de producción son inferiores a las de primavera verano, siendo el invierno la de menor producción de cada edad del cultivo (Formoso, 1993).

Aparentemente la relación entre las producciones de primavera y primer verano, están relacionadas al mes de siembra. Las tasas medias de producción de materia seca en primavera son superiores a las de verano, independientemente de la edad (Formoso, 1993).

Presenta buena resistencia a la sequía y a pesar de su ciclo se mantiene verde y realiza aportes en invierno, siendo de buena calidad a lo largo del año, con la ventaja de no causar meteorismo, aunque este aspecto puede resultar secundario en mejoramientos extensivos. Si bien su implantación es algo lenta por bajo vigor de plántulas y a pesar de ser sensible al manejo de defoliación, se adapta a una diversidad de suelos, tolerando acidez, drenaje lento y baja fertilidad, presentando buen potencial productivo (Methol et al, 1987)

En el Uruguay, el cv San Gabriel se caracteriza por presentar una capacidad continua de producción de forraje durante todo el año. El período invernal de menor potencial de producción de forraje se explica parcialmente por la ocurrencia de temperaturas infra óptimas para fotosíntesis neta (Formoso, 1993).

Otra especie que se destaca por su buen comportamiento es el trébol blanco. No obstante, esta forrajera adquiere la mayor importancia en los mejoramientos convencionales, dado que para ser realmente productiva demanda niveles altos de fósforo (Carámbula, 1993).

Características generales del *Trifolium repens*

Es una especie de alto valor nutritivo y muy bien adaptada al pastoreo. Esto se debe principalmente a su hábito de crecimiento postrado, la alta capacidad de rebrote de los ápices de los estolones y su capacidad de elongar el pecíolo para ubicar sus hojas en la porción superior de la pastura (Arana et al, 1999; Millot et al. 1987).

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 segundo año y a partir de ese momento la supervivencia de la plántula depende de las raíces adventicias de los estolones (García, 1996).

Para muchos autores, la inclusión del trébol blanco en las pasturas templadas y subtropicales, se basa, principalmente en dos razones:

En primer lugar, el aporte que realiza al sistema por medio de la fijación biológica. Trabajos realizados en Uruguay (García et al, 1994) señalan que los porcentajes de nitrógeno fijado por este mecanismo ascienden a unos 30 kg por tonelada de forraje producida.

En segundo lugar, la producción de forraje del trébol blanco resulta de gran importancia debido a la calidad de la misma y el mayor consumo, asimilación etc., que genera en la alimentación animal. El trébol blanco en Uruguay tiene una producción estacional marcada, ubicándose en la máxima producción en primavera y logrando valores interesantes en cuanto a calidad y cantidad en invierno, momento en que las plantas naturales reducen su crecimiento (Arana et al, 1999).

Una pastura de trébol blanco, ya sea pura o con otras especies basa su persistencia en el tapiz en función de diferentes estrategias. Puede persistir como planta anual a través de la resiembra o como perenne a través de la producción continuada de estolones. Por esto, en las pasturas de trébol blanco conviven diferentes tipos de estructuras vegetativas y su importancia en el tapiz varía con el tiempo. La importancia relativa de ambos mecanismos varía en función del clima (García, 1996).

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

Hay características importantes asociadas al tamaño de hoja. Los de hoja grande tienen en general un menor número de estolones pero más gruesos y más erectos que los de hoja pequeña, que son muy postrados y estoloníferos (García, 1996).

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).

La variedad Zapicán es de hoja mediana a grande y presenta elevada producción invernal así como buena resistencia a enfermedades y producción de semillas. Es la variedad de trébol blanco más utilizada en el Uruguay (Arana et al, 1999).

No tolera suelos muy ácidos y requiere buena fertilidad, presentando una elevada respuesta al P (Milot et al, 1987).

2. 2. 5 Suplementación mineral

2. 2. 5 1 Nitrógeno

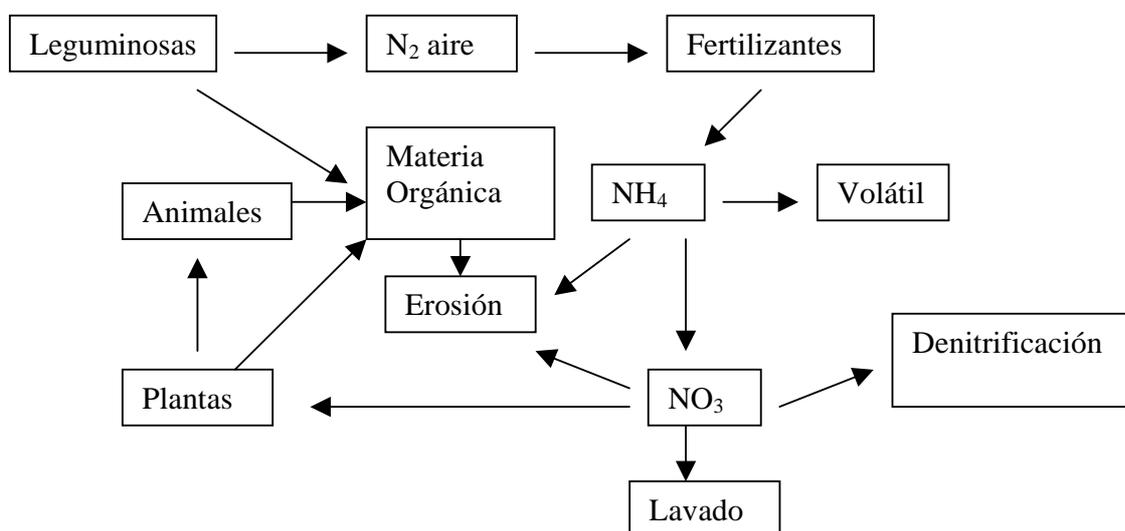
Introducción

En los sistemas naturales las principales entradas de nitrógeno son: la deposición de materia seca y húmeda de sustancias nitrogenadas de la atmósfera y la fijación biológica. (García Lamothe, 1994).

En los sistemas de producción del Cono Sur, las fuentes de N más importantes para los cultivos y pasturas son: la mineralización del N orgánico, el aporte de N por las leguminosas, las deposiciones animales y los fertilizantes químicos (Baethgen, 1992).

Por otro lado los procesos de pérdida del N más importante en estos sistemas son la lixiviación o lavado de nitratos, la denitrificación, la volatilización de amoníaco, la remoción de N por los cultivos cosechados y la erosión (Baethgen, 1992; García Lamothe, 1994).

Fig 1 Esquematación del ciclo del nitrógeno, en condiciones de pasturas incluyendo leguminosas (Baethgen, 1992)



El contenido de N del suelo está determinado por este equilibrio entre las entradas de residuos orgánicos y salidas de nitrógeno del suelo, la interacción de factores

ambientales y su efecto sobre la actividad microbiana y el tipo de vegetación, (Lamothe, 1994).

Las plantas requieren más de nitrógeno que de cualquier otro nutriente del suelo. Las gramíneas tienen tan altas demandas de nitrógeno que la concentración del mineral en el suelo es habitualmente deficitaria (Bemhaja, 1994).

Aportes de N a los sistemas por mineralización

La mineralización es el proceso mediante el cual los microorganismos del suelo convierten el N orgánico en nitrógeno inorgánico (amonio o nitratos), que es la forma en la cual las plantas absorben nitrógeno (Baethgen, 1992). Los residuos orgánicos que llegan al suelo son descompuestos por los microorganismos y transformados en inorgánicos a través del proceso de mineralización, donde amonio es el producto final. El N mineral que los organismos no utilizan es tomado por las plantas (García Lamothe, 1994).

Es importante resaltar que ese N orgánico puede provenir de diferentes orígenes; entre ellos el contenido natural de N en suelos no cultivados, de residuos de cultivos agrícolas, de N fijado en forma biológica por las leguminosas, de deposición de animales, etc. (Baethgen, 1992).

Desde un punto de vista práctico, lo que realmente interesa es la mineralización neta. En la dinámica del nitrógeno en los suelos, los procesos de mineralización e inmovilización (utilización de N inorgánico por los microorganismos del suelo e incorporación del mismo al “pool” de N orgánico) coexisten permanentemente. La cantidad de N inorgánico presente en un momento dado es el resultado neto de estos dos procesos opuestos (Baethgen, 1992).

Aportes de N por incorporación de leguminosas

Es privativo de algunos grupos de microorganismos procariotas la capacidad de transformar el N₂ molecular en formas utilizables para los vegetales, y así retornar ese nitrógeno perdido al sistema suelo – planta (Döbereiner, 1992).

La planta huésped secreta por sus raíces material genético y factores de crecimiento que estimulan el desarrollo y la multiplicación de los rizobios en la zona inmediata a la raíz. La cantidad de rizobios que llegan a multiplicarse en esa área puede llegar a ser de 1 millón a mil millones por c. c. de suelo (Fillat, 1961).

En la relación que se establece, las plantas aportan, como fuente de energía para las bacterias, compuestos carbonados producto de la fotosíntesis y permite el desarrollo del nódulo que protege a la bacteria del medio ambiente oxidante que existe en el proceso de fijación de N. A su vez el rizobio, mediante la acción catalítica de sus enzimas

nitrogenasas, convierte el N del aire en amonio. El amonio a su vez es utilizado por la planta huésped para formar aminoácidos que son conducidos hacia los tejidos en desarrollo. Este proceso de fijación simbiótica de N demanda una gran cantidad de energía, un 10 a 40 % del carbono fijado por las leguminosas en la fotosíntesis es utilizado para la fijación de N (Baethgen, 1992).

Una investigación sobre la fijación de nitrógeno asociado a gramíneas mostraron que valores de 10 a 50 % del N incorporado puede ser proveniente de N₂ atmosférico, (Döbereiner, 1992). En un trabajo de medición del nitrógeno fijado por las leguminosas, se determinó que puede considerarse que cada tonelada de materia seca de leguminosa fija alrededor de 30 kg de nitrógeno por año. El proceso de fijación tiene su máximo durante el invierno y casi se anula durante el verano y principio de otoño (García et al 1994).

Como consecuencia directa de la gran demanda de energía para la fijación de N, requiere la hidrólisis de 16 ATP por molécula de N₂ fijada (Frioni, 1999), cualquier factor que afecte la tasa de fotosíntesis de la leguminosa también afectará la cantidad de N fijado. La gran demanda energética del proceso de fijación es también la causa más probable de la alta correlación existente entre la cantidad de N fijado por una leguminosa y su producción de materia seca (Baethgen, 1992)

La bacteria penetra a la raíz a través de un pelo absorbente. Este generalmente se deforma encorvándose por acción de una secreción que realiza el rizobio. El nitrógeno existente en el suelo tienen un marcado efecto depresivo sobre la infección, el número de nódulos, su tamaño y la actividad de los mismos. Un alto nivel de nitrógeno en el suelo impedirá que se deformen los pelos absorbentes de las raíces y la adhesión a sus paredes reduciendo las probabilidades de infección. La reducción del número de nódulos es consecuencia de la reducción de las raíces de las leguminosas producida tanto por los fertilizantes nitrogenados como por las deyecciones de los animales (Fillat, 1961).

En este sentido (Johnson et al, 1975) encontraron que al aumentar la fertilización nitrogenada de un cultivo de soja de 0 a 448 kg de N/há, la fracción de N en la soja proveniente de la fijación simbiótica, pasaba del 46 al 10 % (Baethgen, 1992).

La simbiosis *Rhizobium* – leguminosa es altamente dependiente del fósforo, por lo que el déficit de este elemento limita el buen desempeño de la fijación biológica (Baraibar, 1994; Carámbula, 1996; Frioni, 1999). Para que los rizobios puedan emigrar a través del suelo en dirección al sistema radicular es preciso que las células tengan motilidad y estén flageladas, el P ejerce una acción pronunciada sobre la conservación de esa motilidad. Además el P estimula el crecimiento de las raíces (Fillat, 1961).

El azufre es otro elemento importante para el funcionamiento normal de la simbiosis. Trabajos de investigación destacan que en las plantas que habían recibido azufre

se encontraban nódulos grandes ramificados y de buen color mientras que en las no tratadas los nódulos eran pequeños, y no ramificados (Fillat 1961).

El molibdeno, cobalto, hierro y magnesio son importantes en el funcionamiento de la nitrogenasa (Frioni, 1999).

Baethgen (1992), señala que a bajo PH del suelo se reduce la cantidad de N fijado. Según Fillat (1961) los rizobios viven mejor en suelos cercanos a la neutralidad que en suelos ácidos.

La fijación simbiótica de N se realiza entre ciertos límites de temperatura. Las muy bajas o muy altas disminuyen o aún detienen la realización de este proceso (Fillat, 1961; Baethgen, 1992; Baraibar, 1994). Es necesaria una temperatura mínima de más o menos 9° C antes de que pueda comenzar una activa fijación de N. En tréboles se produce una fijación subóptima cuando la temperatura excede 25 °C. Finalmente en regiones donde la temperatura del suelo puede llegar a más de 50 °C, la supervivencia del rizobio, nativos o introducidos con las semillas, se ve seriamente comprometida (Fillat, 1961).

Finalmente, la cantidad de N fijado por pasturas con leguminosas depende del manejo al cual se somete a las mismas. Evidentemente en los sistemas en que la pastura es utilizada para heno o para silo, la cantidad de N aportado al suelo es menor, (Baethgen, 1992).

Aportes de N con las deposiciones animales

El contenido de nutrientes en el estiércol varía considerablemente con el tipo de animal, con la dieta y con el manejo del estiércol.

Cuadro 18. Producción anual y contenido de nutrientes de estiércol de diferentes animales (Baethgen, 1992)

Animal	Peso vivo (Kg)	Estiércol Peso húmedo Kg/año	Nutrientes en estiércol Kg/1000 kgr est húm		
			N	P	K
Vaca lechera	290	17.000	6	1,5	6,0
Novillo	200	11.000	6	1,5	4,0
Cerdo	20	1.400	6	1,5	2,5
Ponedora	1	45	14	4,5	5,0
Pollo	0,5	7	26	9,0	14

La cantidad de nutrientes aportada en el estiércol puede ser muy significativa. Peterson et al (1956), encontraron que la aplicación de nutrientes por la excreta individual de ganado en pastoreo alcanzaba valores en kg/há de 850 N, 170 P y 410 K para el estiércol y 450 N, 7 P y 400 K para la orina. Dado que las plantas no pueden utilizar cantidades tan altas de nutrientes, una parte de los mismos (en especial el N) se pierde (Baethgen, 1992).

Por otro lado la excreta es depositada muy desuniformemente por lo que la mayor parte del área pastoreada no recibe ningún aporte de nutrientes (Baethgen, 1992).

Procesos de pérdida de N

Lavado de nitratos

Es el proceso por el cual generalmente se pierden las mayores cantidades de N del suelo, a excepción de la remoción por los cultivos. Dos condiciones son necesarias para la existencia de grandes pérdidas de lixiviación: a) una alta concentración de nitratos en el suelo y b) una gran cantidad de agua percolando a través del perfil del suelo (Baethgen, 1992).

La forma práctica de reducir pérdidas por lixiviación, consiste en evitar la existencia de períodos en los que los suelos presentan altas concentraciones de nitratos, sin una cobertura vegetal capaz de asimilarlos (Baethgen, 1992).

Pérdidas gaseosas de N

Los dos procesos de pérdidas gaseosas más importantes son la volatilización de amoníaco y la denitrificación.

Volatilización es el término utilizado para describir el proceso mediante el cual el amoníaco gaseoso es liberado desde la superficie del suelo a la atmósfera. Una condición necesaria para que este proceso tenga lugar es la existencia de amoníaco libre resultante de la mineralización de la materia orgánica, residuos vegetales, deposiciones animales, etc. O de la aplicación de fertilizantes tales como la urea, fosfatos de amonio, nitratos de amonio, etc. (Baethgen, 1992).

Las pérdidas por volatilización generalmente aumentan con pH del suelo altos, altas temperaturas y baja capacidad de intercambio catiónico de los suelos (CIC). Los otros dos factores que controlan el mecanismo de pérdida son el contenido de humedad del suelo y la concentración de amonio de un suelo en un momento dado (Baethgen, 1992).

La denitrificación es un proceso respiratorio de microorganismos que son capaces de utilizar nitratos o nitritos en ausencia de oxígeno. Estos microorganismos son anaeróbicos facultativos: es decir que si bien son capaces de utilizar el oxígeno como

terminal de electrones en la cadena respiratoria para producir energía, también utilizan a los nitratos o nitritos para esa misma función en las condiciones que el oxígeno se vuelve limitante. El resultado de este tipo de respiración es la liberación de N molecular y óxidos de N a la atmósfera (Baethgen, 1992).

La gran mayoría de los microorganismos involucrados en la denitrificación son heterótrofos: es decir que obtienen su energía y carbono a partir de sustratos orgánicos. Por lo tanto las condiciones necesarias para que la denitrificación ocurra son un bajo nivel de oxígeno en el suelo, presencia de nitratos y nitritos y disponibilidad de algún material orgánico que los microorganismos puedan utilizar como fuente de energía (Baethgen, 1992).

Efecto de la aplicación de N en las pasturas

El agregado de nitrógeno al sistema afecta no solo la productividad anual, también magnifica la productividad estacional y que conduce a un balance diferente entre especies. La mayor respuesta a este nutriente se concentra en términos generales principalmente en los períodos de mayor producción de las mismas, en los meses de primavera, verano y otoño (Ayala et al., 1994).

Trabajos de Hatchondo (1958) comparando la producción de materia seca del agregado de fertilizantes frente a un testigo resultaron en un aumento de la producción de materia seca del tratamiento con N, el cual pasó de 4.744 kg a 7656 kg ms/há/año.

Un incremento en el nivel de fertilidad trae aparejado cambios botánicos en la pastura, favoreciéndose las especies de mayor respuesta, las que una vez levantada la limitante se tornan competitivas (Ayala et al, 1994)

El efecto fundamental del fertilizante es producir más materia seca, ya que desde el punto de vista de la calidad del forraje la aplicación de N, P o K no afecta generalmente la digestibilidad del campo nativo (Ayala et al, 1994).

El agregado de N permite alcanzar porcentajes mayores de proteína cruda en las pasturas. Este comportamiento se detecta particularmente en invierno y luego en otoño en que la presencia de N favorece el logro de valores superiores de PC (Ayala et al, 1994).

Con referencia a la fracción fibra detergente ácido, no se registraron efectos significativos frente al agregado de nutrientes. La digestibilidad y FDA no son afectadas por la fertilización nitrogenada. (Ayala et al, 1994).

No se encontró diferencias importantes en la producción total de materia seca de una pastura natural, entre el efecto del agregado de 120 kg de N como fertilizante, con el

efecto del N fijado por las leguminosas de una cobertura, pero si se detectaron diferencias en la composición botánica y en su calidad (Bemhaja, 1994).

Cuadro 19. Determinación de fibra (FDN y FDA) y proteína cruda (PC) de campo natural; campo natural más leguminosas (CN + Leg); campo natural + 40 unidades de nitrógeno (CN + 40N); campo natural + 80 unidades de nitrógeno (CN + 80N) y campo natural + 120 unidades de nitrógeno (CN + 120N).

Tratamiento	FDN	FDA	PC
Campo natural	73,95	39,25	9,25
CN + Leg	62,30	23,45	18,95
CN + 40N	67,15	36,70	10,45
CN + 80N	65,65	35,30	13,20
CN + 120N	66,70	35,40	13,45

Fuente Lab de nutrición INIA Tacuarembó

La fertilización con N favorece el aumento de los pastos finos, particularmente de ciclos invernal y tiernos por lo que aumenta la calidad de la pastura. La calidad del forraje fue superior en los tratamientos con leguminosas; seguida por la de aquellos que recibían nitrógeno, que fueron superiores al testigo en proteína cruda y menores en fibra, (Bemhaja, 1994).

Las diferencias de la calidad de la pastura de los campos que recibieron nitrógeno frente al testigo se explican por el aumento de la frecuencia de gramíneas invernales sobre las estivales. El aumento de calidad en las coberturas está explicado por la presencia de las leguminosas por sí mismas y en menor medida por el aumento de las gramíneas invernales (Bemhaja, 1994).

2. 2. 5. 2 Fósforo

Introducción

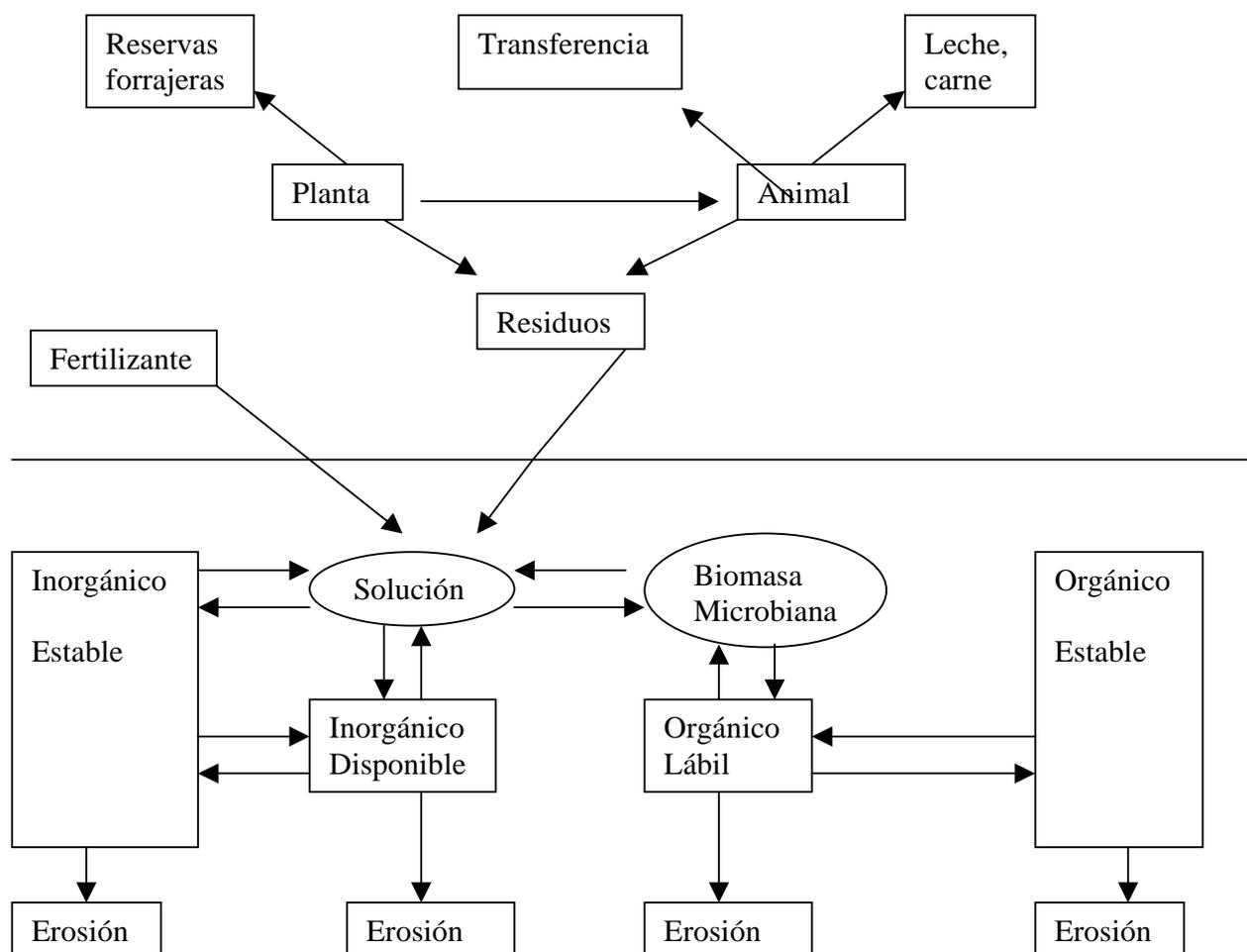
A diferencia del N en el cual la casi totalidad de sus formas en el suelo son orgánicas y su dinámica fundamentalmente biológica y también del potasio con formas exclusivamente inorgánicas y con equilibrios determinados por potenciales químicos; en el caso del P coexisten en el suelo un equilibrio químico inorgánico y un ciclo orgánico que gobiernan su disponibilidad (Zamalvide, 1996).

En los sistemas naturales, sin la intervención del hombre, el ciclo del fósforo es virtualmente cerrado sin intercambios con el exterior. En cambio, en los agroecosistemas el ciclo del fósforo es abierto y existen entradas y salidas (Morón, 1994).

Siempre debe recordarse que el factor clave que determina la dinámica del P en los suelos y su disponibilidad para las plantas es la baja solubilidad de los compuestos inorgánicos tanto en las formas naturales como en los productos resultantes de las reacciones con los fertilizantes. Esto determina que las concentraciones de P en la solución del suelo sean muy bajas (de 0,05 a 0,2 ppm), lo cual significa cantidades de 50 g/há en los primeros 20 cm del suelo con buena humedad (Zamalvide, 1996).

El fósforo es un nutriente esencial para las plantas y animales por su intervención en numerosas reacciones que implican almacenamiento y liberación de energía (Morón, 1994).

Figura 2. Ciclo del fósforo bajo pastoreo (Morón, 1996)



De acuerdo a los datos analíticos de un amplio rango de suelos bajo campo natural, los contenidos de fósforo total de horizontes A, varían entre aproximadamente 100 y 900 ppm. Casos típicos de niveles bajos, de 100 a 250 ppm son los de suelos arenosos y los planosoles y solods del este. Suelos medios de 250 a 500 ppm son por ejemplo aquellos sobre Libertad y Fray Bentos y suelos altos, de más de 500 ppm son fundamentalmente suelos sobre basalto (Zamalvide, 1992).

Debido a que el fósforo es un elemento móvil en las plantas y que las partes jóvenes en crecimiento tienen prioridad en situaciones deficitarias, los síntomas de carencia se presentan en hojas viejas (Morón, 1994; Morón, 1996). En las pasturas donde las plantas son un producto intermedio, el déficit de P disminuye las tasas de crecimiento y afecta la concentración de P en el forraje y por tanto su calidad nutritiva (Morón, 1996).

Existen cuatro grandes vías de pérdidas del sistema: extracción de P a través de salidas de reservas forrajeras (heno y/o silo), transferencia de P vía heces fuera del área productiva, en productos animales (carne, leche) y erosión (Morón, 1994).

Los contenidos de P total de los suelos no presentan una correlación clara con la disponibilidad del mismo para las plantas, pues la mayor parte está en formas con muy poca significación sobre los mecanismos de aportes a las plantas. Un buen ejemplo de esto es el suelo analizado con mayor contenido de P total, un litosol rojo sobre basalto con 887 ppm de P, cuyo análisis de P asimilable por Bray N° 1 es de 3 ppm y presenta una clara respuesta de las plantas al agregado de fertilizantes fosfatados. Esto es así por su alto contenido en P orgánico (458 ppm) y por el hecho de que el P inorgánico está fuertemente inactivado en el suelo por los óxidos libres de hierro (Zamalvide, 1992).

Los altos contenidos de P orgánico en relación con el P total en los horizontes superficiales en campo natural son lógicos de esperar en nuestro país pues son suelos de vegetación nativa de praderas que tiende a acumular altos contenidos de materia orgánica. Esto puede tender a cambiar cuando pierden materia orgánica por el uso agrícola y cuando acumulan residualidad de fertilizaciones anteriores en la fracción inorgánica (Zamalvide, 1992)

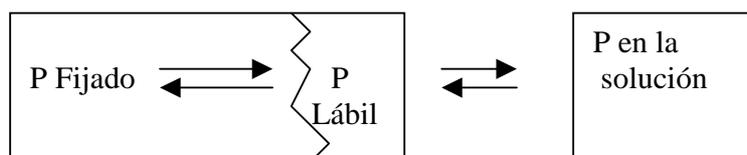
El fósforo lábil

Se entiende por lábil o disponible aquella fracción del fósforo inorgánico presente en fase sólida capaz de reponer el fósforo presente en la solución del suelo, en la medida en que esta disminuye su valor de equilibrio (Morón, 1994; Zamalvide, 1996). En condiciones naturales su nivel, siempre muy bajo, es determinado por las actividades de los cationes retenedores de P como el Al, Fe y Ca y por el retorno a través del ciclo orgánico (Zamalvide, 1996).

No existe un límite neto entre el P lábil y el P fijado sino que existe dentro de esta fracción toda una graduación de energía de retención o K_{ps} (constante del producto de solubilidad) de sus productos que pueden reaccionar en diferentes grados o diferentes tiempos para reponer P a la solución y que por lo tanto la mantendrían a diferentes concentraciones (Zamalvide, 1992).

El mantenimiento o enriquecimiento de un nivel mayor al del equilibrio natural de P lábil por fertilización implica que estos productos inestables que lo incrementan tenderán nuevamente a su condición de equilibrio inicial pasando de P lábil a P fijado. Esto implica que el mantener el suelo en altos niveles de productividad eliminando la restricción de P para las plantas supone un costo permanente de fertilización fosfatada (Zamalvide, 1992).

Figura 3. Formas y equilibrios del fósforo inorgánico en los suelos, Zamalvide, 1992



La absorción por parte de las raíces de plantas en crecimiento disminuye constantemente la concentración de fósforo respecto al valor de equilibrio (Morón, 1994).

El P lábil aumenta significativamente de acuerdo a los productos de reacción del suelo con los fertilizantes. Los fertilizantes son retirados de la solución de forma rápida y casi cuantitativa por las reacciones que ocurren con el suelo (Zamalvide, 1996)

Fósforo inorgánico

El fósforo en la fase sólida del suelo se encuentra en dos grandes grupos: inorgánico y orgánico (Morón, 1992, Morón, 1994). El P inorgánico se encuentra combinado con aluminio (Al), hierro (Fe), calcio (Ca) y minerales arcillosos. 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 (Morón, 1992).

Chang y Jakson en 1957, clasificaron el fósforo inorgánico en cuatro principales grupos: fosfato de calcio, fosfato de aluminio, fosfato de hierro y fosfato soluble en reductores. El P soluble en reductores o P ocluido se refiere al P físicamente encapsulado por minerales que son estructuralmente desprovistos de P (Morón 1992).

Las pérdidas por fijación o retrogradación inorgánicas están dadas por el hecho de que los productos de reacción suelo - fertilizante permanecen un cierto tiempo en la fracción lábil pero luego más lentamente evolucionan hacia formas fijadas de casi nula solubilidad y reactividad y por lo tanto, disponibilidad (Zamalvide, 1996).

Los dos mecanismos de retención son la adsorción y la precipitación. En general la fracción de P ligada al Al ha sido considerada como la más importante para la nutrición de las plantas en suelos ácidos o cercanos a la neutralidad (Morón, 1994; Morón, 1996). En el caso del cation Fe, además de la composición del suelo, existen otros factores que afectan su acción, como son las alternancias de procesos de reducción, oxidación, proceso muy importante en numerosos suelos de nuestro país (Zamalvide, 1996).

Fósforo orgánico

El P orgánico forma parte de la materia orgánica del suelo y tiende a seguir el esquema de acumulación o pérdida de la misma. El P orgánico, a través del proceso microbiológico de mineralización es transformado en formas inorgánicas utilizadas por las plantas (Morón, 1994). La tasa de mineralización del P orgánico está determinada por la intensidad del ataque a la materia orgánica y por la riqueza en P del material atacado. En ese sentido se puede hablar de contenidos de P que provocan mineralizaciones o inmovilizaciones netas. Este contenido se ha ubicado en el entorno del 0,2 % (Zamalvide, 1996).

El contenido de P orgánico en los suelos varía considerablemente, oscilando en general entre el 20 y el 80 % del fósforo total en el horizonte superficial del suelo (Morón, 1992).

Solo una pequeña porción del total de la materia orgánica puede ser biológicamente activa. El componente central del ciclo activo del P orgánico es el P en la biomasa microbiana (Morón, 1992).

El P orgánico forma parte de la materia orgánica y sigue en su totalidad el esquema de su acumulación y pérdida de la misma (Morón, 1992).

Fósforo disponible

P en solución \leftrightarrow P \leftrightarrow P lábil \leftrightarrow P no lábil

Clásicamente se entiende por lábil o disponible aquella fracción del fósforo inorgánico presente en fase sólida capaz de reponer el P presente en la solución del suelo en la medida en que disminuya su equilibrio. La absorción por parte de las raíces de las

plantas en crecimiento disminuye constantemente la concentración del P respecto al valor de equilibrio (Morón, 1992).

Es de interés citar el concepto de biodisponibilidad manejado por Barber (1984). Este entiende a la biodisponibilidad como el proceso de suministro de nutrientes para las plantas. Integra los conceptos de disponibilidad de nutrientes manejado por la química del suelos conjuntamente con el proceso de absorción radicular que estudia la fisiología vegetal (Morón, 1992).

En la situación específica del P es interesante destacar que se presentan resultados que muestran que pueden existir variaciones en determinadas características radiculares que afectan el proceso de absorción, pudiendo tener igual o más importancia que la variación de fósforo en la concentración del suelo (Morón, 1992).

Las plantas toman el P desde la solución del suelo especialmente como P inorgánico (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}), dependiendo del pH del suelo la predominancia de una u otra forma (Morón, 1992). Las concentraciones de P en la solución de suelo son generalmente muy bajas, por tanto debe existir una constante reposición desde la fase sólida para suplir las necesidades de las plantas (Morón, 1994; Morón, 1996).

Tradicionalmente ha sido reconocido que una baja en el potencial de óxido reducción del suelo provocado por una inundación del mismo, aumenta la disponibilidad de P. Una causa de esto es a través de una disminución en la energía de retención del P por el pasaje de Fe^{+++} a Fe^{++} . Es sabido que la Kps de los productos de reacción del anión fosfato con el Fe^{+++} a Fe^{++} . Este fenómeno, en suelos mal drenados podría explicar las altas disponibilidades de P en invierno para trébol blanco en estos suelos y consecuentemente los éxitos obtenidos con poca aplicación de este nutriente (Zamalvide, 1992).

Pérdidas de fósforo

El P puede ser perdido por lixiviación dentro del perfil del suelo, en solución por escurrimiento superficial y en las partículas de suelo por escurrimiento superficial.

La erosión de suelo es un proceso selectivo en el cual el sedimento está enriquecido en partículas finas y en materia orgánica. El P se encuentra especialmente en las partículas finas y la materia orgánica contiene relativamente altos niveles de P

Relaciones entre el fertilizante agregado y el suelo

La aplicación de fertilizantes fosfatados solubles, determina un rápido aumento de la disponibilidad que luego disminuye a medida que transcurre el tiempo. La disminución del efecto con el tiempo es función de: a) las pérdidas hacia el exterior de

los sistemas productivos, anteriormente mencionados y b) las transformaciones internas: inmovilización en compuestos orgánicos estables y retrogradación hacia formas inorgánicas de alta solubilidad (Morón, 1994).

Cuando el P soluble es agregado al suelo existirían dos reacciones entre el P en solución y el suelo: una rápida en la cual el P es adsorbido desde la solución y una lenta en la cual el P es retenido en una forma más simple (Morón, 1992).

En términos generales, la eficiencia de uso de los fertilizantes fosfatados, definida como el porcentaje del P agregado que es usado por las plantas, es baja (Zamalvide, 1996).

Resumiendo trabajos de diversos autores, Morón concluye que la fase de pasturas mejoradas induce a un importante aumento en el contenido de P orgánico en el suelo, siendo parte acumulado en fracciones mineralizables rápidamente y con rápido reciclaje.

Fertilización inicial y refertilización

La gran mayoría de los suelos del país son deficitarios en P, por lo tanto es decisiva la política de fertilización que se siga en el potencial productivo y persistencia del mejoramiento (Milot et al, 1987; Más et al 1991).

La siembra de leguminosas en cobertura o realizada con mínimo laboreo tiene que ir acompañada de una fertilización y refertilización anual fosfatada. Los diferentes niveles de fósforo provocan cambios en la composición de la mezcla de leguminosas sembradas (Bemhaja, 1998).

Ensayos de Alzugaray et al (1982) con trébol blanco, rojo y lotus resultan en un alto efecto residual de la fertilización inicial y una respuesta significativa a la refertilización en la producción de forraje para las tres leguminosas, siendo el trébol blanco la que más aumentó su producción a dosis de P altas.

Grasso et al (1987) trabajando con distintos niveles de fertilización fosfatada: 0 – 200 – 400 – 800 kg/há de superfosfato (0 21- 23- 0) señala que la respuesta de las leguminosas al agregado de P fue positiva en todos los niveles de fertilización

Trabajos de Casanova et al, (1982) evaluando los requerimientos de fósforo en la instalación de trébol blanco, trébol rojo y lotus, con dosis crecientes de P a la siembra, resultaron en que la respuesta física se hacía mayor a medida que se aumentaba la dosis.

Caradus y Snaydon (1986 a, b), Hart (1986), Gourley et al (1993), Caradus (1994) y Ortega et al (1994) reportan una respuesta positiva en producción de materia seca de *T repens* al incrementar la disponibilidad de fósforo. Esta respuesta es resultado del incremento de tamaño de los componentes de la planta: tamaño de hoja, extensión de la

planta, enramado, número de nódulos, largo de las raíces, supervivencia de la planta y menos hojas muertas (Olmos, 2000).

Risso et al (1983) señalan que la fertilización inicial favorece más al trébol blanco que al lotus por su menor capacidad de respuesta al P.

Bordoli et al. (1984) evaluando el efecto de la fertilización y refertilización fosfatada en pasturas de trébol rojo y raigrás en tres suelos de la cuenca lechera del sur, obtuvieron respuestas significativas en producción de forraje en los tres suelos.

El propósito de la refertilización es mantener las modificaciones que se le hicieron al ambiente para que las especies introducidas en ese ambiente mejorado persistan. El aporte de nitrógeno se mantiene a lo largo del tiempo por la fijación de las leguminosas introducidas, el fósforo es agregado en la refertilización.

Cuando se tiene en cuenta el porcentaje de leguminosas, se observa que este pasa de 5 % sin agregado de P a 27 % con 120 unidades de P_2O_5 /há. Por encima de 120 unidades la respuesta no parece importante. En el segundo año de la pastura, la respuesta a la fertilización realizada a la siembra entre 0 y 240 unidades de P_2O_5 /há, es prácticamente lineal (Mas et al, 1991).

En general, en las distintas zonas del país, las diferencias de fuentes no son de magnitud; pero en suelos de Cristalino y el Este el empleo de Hiperfosfato puede resultar más eficiente, mientras que en Basalto, la respuesta inicial favorecería al Superfosfato (Millot et al, 1987).

Las necesidades de refertilización dependerán del nivel de P del suelo y de la presencia y desarrollo de la leguminosa implantada, variando generalmente entre 20 y 80 unidades/há (Millot et al, 1987).

Existen diferencias de requerimientos entre las posibles leguminosas a implantar, desde las poco exigentes como el Lotus, intermedias como las anuales, hasta las exigentes como el trébol blanco. Las dosis iniciales y de refertilización variarán con dichos requerimientos y el nivel natural de P en el suelo, pero en general es posible afirmar que aplicaciones iniciales de entre 30 y 60 kg. de P_2O_5 /há se adecuarán para una buena implantación de Lotus y de tréboles subterráneos y carretilla, mientras que para el trébol blanco de acuerdo al potencial de suelo se requerirán de 60 a 90 kg de P_2O_5 /há (Millot et al, 1987).

En especies del género lotus niveles iniciales de 30 a 40 U de P_2O_5 /há y aplicaciones anuales de 30 U de P_2O_5 /há posibilitan un buen comportamiento productivo del mejoramiento, mientras que en el otro extremo, para trébol blanco, las dosis deberán ser

superiores (60 a 80 U de P_2O_5 /há iniciales y por lo menos 40 U de P_2O_5 /há anuales), (Risso 1998).

El grado de respuesta a la concentración de fósforo varía entre cultivares y poblaciones. Generalmente las poblaciones colectadas en suelos con bajo contenido de P muestran una menor respuesta a aquellas que vienen de suelos con alto contenido de P, las cuales muestran un comportamiento pobre en condiciones de bajo P. El primer grupo es típicamente de genotipos de hoja pequeña y el segundo de hojas largas (Olmos, 2000).

Las estaciones en las que la fertilización puede tener una mayor influencia desde el punto de vista del manejo ganadero son el otoño y el invierno (Berretta et al, 1998)

2. 2. 5. 3 Azufre

Introducción

En la producción agropecuaria extensiva del Uruguay, el área de fertilidad de suelos centra su atención casi exclusivamente en dos nutrientes: nitrógeno (N) y fósforo (P). Sin embargo existen elementos de juicio para pensar que los sistemas productivos con procesos de intensificación, esta situación podría estar cambiando. En el caso particular del azufre (S), existen dos elementos de reflexión: a) el uso intensivo de los suelos determina mayores cantidades de azufre exportado en productos y perdidos por lixiviación o erosión, b) la utilización creciente de fertilizantes fosfatados carentes de azufre en su composición ha conducido a una reducción significativa de las entradas de S a los sistemas productivos (Morón, 1996).

Funciones del azufre

El S es un elemento esencial para el desarrollo vegetal. Junto al nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio constituye los denominados macronutrientes vegetales. El azufre es un constituyente de los aminoácidos cisteína y metionina y por lo tanto de las proteínas. También es constituyente de cofactores como la biotina, tiamina (vitamina B1), coenzima A y ferredoxina, los cuales son esenciales para distintos procesos metabólicos. El déficit de azufre conduce a: a) inhibición de la formación de proteína. Esto provoca aumentos en la concentración de nitrógeno orgánico no proteico y nitratos sintetizándose especialmente proteínas de baja concentración de azufre. b) inhibición de la síntesis de ácidos grasos de cadena larga (Morón, 1996).

Como en el caso del N, el azufre está presente en las plantas, principalmente en forma de proteínas y los síntomas de deficiencia de azufre se asemejan mucho a los de deficiencia de N (crecimiento atrofiado, amarillamiento de leguminosas). A diferencia de las gramíneas que son muy competitivas por el S proveniente de la mineralización de

la materia orgánica y pueden utilizar hasta el 95 % de S de esa fuente; las leguminosas dependen, casi por completo de otras fuentes de S diferentes del suelo (Minutti et al, 1996).

Formas y transformaciones del azufre en el suelo

La cantidad total de azufre en el suelo se encuentra fuertemente asociada a las cantidades de carbono y nitrógeno (Freney, 1986; Stevenson, 1986, citados por Morón, 1996). Esta asociación es producto de que generalmente la mayoría del S se encuentra en forma orgánica. En condiciones normales el azufre inorgánico se encuentra como SO_4^- , mientras que en suelos calcáreos la presencia en forma de yeso (CaSO_4) puede ser de importancia.

El SO_4^- se presenta en diferentes categorías: a) solución del suelo, b) adsorbido en los óxidos y minerales arcillosos por mecanismos de adsorción electrostática y específicos y c) sulfatos poco solubles de hierro y aluminio. Las plantas toman preferentemente azufre inorgánico como SO_4^- desde la solución del suelo (Morón, 1996).

Las transformaciones del S en el suelo son producto de la actividad de la biomasa microbiana y de procesos químicos. Los procesos microbiológicos más importantes son:

- a) Inmovilización: es la transformación de S en forma de SO_4^- orgánico, componente del material celular de microorganismos.
- b) Mineralización: la conversión de S orgánico en S inorgánico por acción de los microorganismos con formación de ácido sulfhídrico (H_2S).
- c) Oxidación: el S inorgánico en sus niveles de oxidación más bajo (H_2S , S elemental), en condiciones aeróbicas son convertidos en SO_4^- como producto final estable.
- d) Reducción: Las formas oxidadas del S (ejemplo SO_4^-) son reducidas en condiciones anaeróbicas a ácido sulfhídrico (H_2S).

Dentro de las distintas familias de plantas, las crucíferas son las de mayor requerimiento de S, en segundo lugar las leguminosas y por último las gramíneas (Marschner, 1986, citado por Morón, 1996).

La cantidad de S requerido por las leguminosas es aproximadamente, una duodécima parte del N fijado, de manera que una pastura que fija 500 kgs de N/há/año requerirá alrededor de 42 kgs de S/há/año, nivel muy superior al nivel de retorno de la atmósfera. En muchos suelos fertilizados con superfosfato para corregir la deficiencia de

P, también corrigen las deficiencias de S, pues el superfosfato contiene 8 % de S en forma de yeso (Minutti et al, 1996).

En algunas localidades y en ensayos maceteros se encontraron respuestas positivas aunque muy variables al agregado de potasio y S en el establecimiento y persistencia del trébol subterráneo (Millot et al, 1987).

Las relaciones del sistema con el medio

El S puede perderse por la lixiviación de sulfato. El S es menos retenido en el suelo que el P siendo por lo tanto susceptible de ser perdido por lavado. La magnitud de las pérdidas depende de las precipitaciones, la capacidad de retención del sulfato del suelo y la capacidad de inmovilización de S por los microorganismos.

De acuerdo a During, (1955); aunque la deficiencia de S está ampliamente extendida en vastas zonas de Nueva Zelanda, dicha carencia ha quedado enmascarada por la adopción generalizada de superfosfato como fuente de P. Algo similar puede haber ocurrido en Uruguay, dado que en años anteriores el superfosfato simple se utilizó en forma masiva, siendo escasos los estudios de respuesta al agregado de S en suelos del Uruguay. Observaciones que datan de 1928 han demostrado que el S solo, mostró ser tan efectivo como el superfosfato en incrementar los rendimientos de alfalfa, en algunos suelos de Nueva Zelanda de muy bajo contenido de materia orgánica y alto contenido de cenizas (Minutti et al, 1996).

Fuentes de azufre

Existen distintos fertilizantes que aportan S: sulfato de amonio (24 % de S), sulfato de potasio (17 – 18 % de S), superfosfato simple (12 – 14 % de S), yeso (15 – 16 % de S) y azufre elemental (98 – 99 % de S). En dichos fertilizantes el S se encuentran en forma de sulfato (disponible para las plantas), mientras que el S elemental debe ser oxidado en el suelo, por procesos microbiológicos a sulfato para poder ser utilizado por las plantas.

2. 2. 6 Impacto productivo de la mejora del campo

El rendimiento de los campos mejorados con leguminosas y agregado anual de P, es según el tipo de suelo y vegetación superior al de las pasturas naturales ente el 50 y 100 %; siendo el rendimiento invernal hasta 3 veces superior (Berretta, 1998; Bemhaja et al, 2001; Berrutti et al 1993).

La introducción de especies de leguminosas, la fertilización con fósforo y el manejo del pastoreo dirigido a favorecer las especies sembradas provocan un cambio cualitativo en la población, aumentando la proporción de pastos finos y tiernos en comparación a campos no mejorados. En estas condiciones, en algunos campos, especies nativas invernales como

Poa Lanígera, Stipa Setígera, Piptochaetium Stipoides y babosita (adesmia bicolor) incrementan su frecuencia, haciendo que la vegetación del mejoramiento realice un aporte más invernal que la del campo que le dio origen, (Berretta et al, 1990; Risso, 1998; Bemhaja et al 1991).

Trabajos de Bemhaja et al, (1987), comparando una siembra a zapata de trifolium repens y lotus corniculatus, con 80 unidades de P₂O₅ a la siembra y 40 anuales contra un testigo; resultan en un incremento de la producción de materia seca del tapiz mejorado en el primer año de un 67 % al testigo, que produjo un total de 3240 kg de materia seca por hectárea en el año. El incremento en la producción se mantiene durante los siguientes cinco años. Otro factor a tener en cuenta es que se partió de un nivel de Poa Lanígera de 0,4 y se llegó en el sexto año al 7,9 % de esta gramínea nativa, perenne e invernal de alta calidad.

Améndola et al (1987), trabajando con lotus corniculatus sembrado con y sin laboreo en un suelo virgen de pradera natural donde se usaron niveles crecientes de fertilización fosfatada, señala que, en la siembra sin laboreo, al aumentar la edad de la pastura aumenta el aporte de la leguminosa y se produce una disminución del rendimiento de la gramínea como consecuencia del aumento de la presión competitiva de la leguminosa. En la siembra con laboreo se produce un efecto inverso durante el período que dura el experimento. La evolución de ambos tipos de pastura determinó que al cuarto año tengan un potencial de producción muy diferente. En la pastura con laboreo la leguminosa va disminuyendo su aporte y al cuarto año, su rendimiento anual promedio de los distintos niveles de fertilización fosfatada, alcanza apenas a 430 kgs de materia seca/hectárea, mientras que en la siembra sin laboreo el aporte promedio de la leguminosa al cuarto año de los distintos niveles de fertilización fue de 3067 kgs de materia seca/hectárea.

La producción promedio de forraje estacional de un campo natural y de un mejoramiento durante un período de 10 años sobre un suelo profundo fue superior en el mejoramiento en todas las estaciones. Estos cambios cuantitativos están asociados a modificaciones en la comunidad de especies nativas y sembradas (Bemhaja, 1996).

Cuadro 20. Producción de forraje estacional de campo natural y de mejoramiento extensivo promedio de 10 años consecutivos (1979-1988) y su desviación estándar sobre suelo profundo de Basalto.

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Total
Cam nat	1006	838	1201	1509	4.554
Desv st	403	309	406	703	
Mejora	1258	1769	1874	2141	7.042
Desv st	328	701	446	766	

El verano se presenta como la estación de mayor variabilidad en la producción de forraje tanto en campo natural como en mejoramiento. Los cambios a largo plazo en producción estacional y total de forraje se explican fundamentalmente por cambios en la composición botánica (Bemhaja 1996).

A pesar de que no existen diferencias significativas en producción de forraje total entre los tratamientos con agregado de 120 unidades de N y de las coberturas con leguminosas, se detectan diferencias en la composición botánica y calidad de la pastura.

La calidad de las pasturas fue superior en los tratamientos con agregado de leguminosas; seguida de aquellos que recibían N, que a su vez fueron superiores frente al testigo. El cambio cualitativo en el balance entre las especies invernales y estivales explica la diferencia en calidad de las gramíneas con y sin N. El aumento en la calidad en las coberturas está dado por la presencia de las leguminosas y en menor medida por el aumento de las gramíneas invernales (Bemhaja, 1996).

2. 2. 7 Manejo de los mejoramientos

Los objetivos de manejo de sistemas intensivos de producción de pasturas según Formoso (1996) son: maximizar el crecimiento y utilización del forraje de alta calidad para consumo animal y mantener las pasturas vigorosas, persistentes y estables a largo plazo.

Para comprender los principios del manejo de las pasturas debemos saber como funcionan, como viven y como crecen las plantas. Estas toman del suelo agua y minerales y con la energía del sol, los transforman en tejidos y alimentos de reserva. La acumulación de reservas es la parte más importante a tener en cuenta en el manejo, ya que dichas reservas permiten que la planta rebrote rápidamente luego de ser pastoreada. Las reservas se acumulan en diferentes partes de la planta según la especie (Arias et al., 1967).

2. 2. 7. 1 Aprovechamiento de la radiación solar

El crecimiento de una pastura es más acelerado cuanto mayor es la biomasa acumulada hasta interceptar el 95 – 100 % de la energía solar incidente. Por encima de este punto, la presencia de nuevas hojas en la parte superior del tapiz resulta en un aumento del sombreado de los estratos inferiores que se tornan paulatinamente más ineficientes además por la presencia de hojas viejas y/o muertas. Esto puede resultar en una estabilización e incluso caída en la tasa de crecimiento cuando se alcanzan altos valores de Índice de Area Foliar (relación entre área de las hojas de una pastura y área de suelo que la misma ocupa (Millot et al., 1987).

En consecuencia, variando con las distintas especies que integran un tapiz, el IAF que permita alcanzar los más altos rendimientos resultará de un compromiso entre abundantes estratos de hojas fotosintéticamente eficientes que intercepten toda luz incidente y el gasto creciente de respiración de las hojas viejas y sombreadas (Millot et al., 1987).

El trébol blanco y el trébol subterráneo tienen sus hojas dispuestas en posición horizontal, mientras que las gramíneas disponen sus hojas en posición semivertical. Por esta razón en una pradera densa, el trébol blanco o el trébol subterráneo logran la interceptación de la luz en una etapa anterior de desarrollo que una gramínea. Tan pronto como toda la luz es interceptada por las hojas superiores, las inferiores dejan de recibir luz suficiente y pierden su capacidad de producir azúcares. Esto significa en términos de manejo de pasturas que el trébol blanco y el trébol subterráneo deben pastorearse antes de que crezcan demasiado altos o densos. En cambio a las gramíneas les sería posible seguir produciendo aunque lleguen a mayor altura, debido a la disposición de sus hojas (Arias et al., 1967).

Otro factor a tener en cuenta cuando se considera el manejo de una pastura es la edad de la hoja. Es el tiempo en que una hoja nace, se desarrolla, madura y luego entra en proceso de descomposición y muerte. En gramíneas, cada macollo tiene una hoja naciendo, madurando y muriendo al mismo tiempo. Cada nueva hoja que nace es acompañada por la muerte de la más vieja. De esta manera el número total de hojas por macollo es constante. Por ejemplo en rye-grass es 3.- Su número depende de la especie y de la fertilidad del suelo (Korte 1987).

El ritmo de nacimiento y muerte está influido por la temperatura y humedad. Cuanto más cálido y húmedo más rápido es el ciclo de nacimiento, maduración y muerte. En el ejemplo del rye-grass, en primavera nace una hoja cada 8 días y el ciclo total es de 24 días, mientras que en invierno la hoja puede demorar más de 20 días en emerger y su ciclo se alarga cercano a los 60 días (Korte 1987).

Con el pastoreo se induce a todas las plantas de la pradera a continuar produciendo los azúcares que son necesarios para su propio crecimiento y alimento para los animales que las consumen (Arias et al., 1967).

Si la pradera sigue creciendo en altura, las hojas inferiores no recibirán luz, tomarán un color amarillento y entrarán en putrefacción (Arias et al., 1967).

Para un manejo correcto es muy importante el control de la intensidad del pastoreo, o sea no arrasar para no reducir las reservas de la planta, pero tampoco dejar que la pradera crezca excesivamente, pues de tal modo se desperdicia forraje (Arias et al., 1967).

En términos muy generales, la defoliación determina una disminución instantánea de la fotosíntesis y consecuentemente del nivel de energía disponible para la planta. Cuando las plantas son defoliadas, la mayor prioridad apunta hacia un nuevo objetivo, maximizar la velocidad de refoliación utilizando eficientemente la energía remanente post defoliación a los efectos de restablecer lo más rápidamente posible un balance positivo de fijación de energía (Formoso, 1996).

A medida que estos procesos evolucionan la refoliación alcanza un tamaño y una actividad que posibilita la producción de las máximas tasas de incremento de materia seca aérea, se alcanza el índice de área foliar óptimo y se alcanza el 90 % o más de la radiación fotosintéticamente activa (Formoso, 1996).

La maximización de la velocidad de refoliación se sustenta en un factor morfológico, el número de meristemos refoliadores y en otro fisiológico, la disponibilidad de energía para los mismos que son determinantes de las tasas de rebrote (Formoso, 1996)

Desde el punto de vista de la pastura, el rebrote luego de la defoliación, será el resultado del nivel de sustancias de reserva y del 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 bases de macollos bajo forma de carbohidratos más o menos complejos y probablemente algunas proteínas, cuando hay remanente de la respiración y crecimiento (Millot et al., 1987).

El rol de estas sustancias en el rebrote varía con las especies. Luego de cada defoliación, ocurre un descenso importante en el nivel de las mismas que es consecuencia del mantenimiento de la respiración y seguramente del traslocamiento a puntos de crecimiento para permitir el rebrote inicial, hasta que la área foliar o superficie fotosintetizante cubra los requerimientos vitales.

En algunas especies es fundamental el mantenimiento de un nivel mínimo de reservas que asegure el rebrote entre defoliaciones pues el tejido fotosintéticamente activo remanente puede ser escaso. Así por ejemplo se ha observado que el nivel de reservas de una pastura de lotus bajo pastoreo continuo sufre una disminución constante, mientras que en un pastoreo rotativo muestra recuperaciones parciales próximas al nivel inicial, resultando en un contenido promedialmente mayor en este manejo durante todo el período analizado (Millot et al., 1987).

El trébol blanco acumula sus reservas en los estolones, los que se extienden y echan raíces para formar nuevas plantas. Los estolones crecen contra la tierra por lo cual esta planta puede soportar pastoreos muy al ras (Arias et al., 1967). El trébol blanco,

especie de hábitos postrados solamente eleva hojas e inflorescencias al horizonte de pastoreo, manteniendo los meristemos axilares nodales, los primordios foliares y los meristemos apicales de los estolones contra el suelo (Formoso, 1996).

El lotus y la alfalfa acumulan sus reservas en la raíz. Por ello estas especies pueden soportar un pastoreo intenso pero intermitente, nunca un pastoreo continuo ya que ello les obligaría a utilizar todas sus reservas (Arias et al., 1967).

2. 2. 7. 2 Otros efectos del animal

Pastoreo selectivo

Los rumiantes de acuerdo al forraje disponible seleccionan hojas sobre tallos y material verde respecto al seco, así como una dieta con superior contenido de energía, fósforo y nitrógeno y menor presencia de fibra (Millot et al, 1987).

La pastura es modificada en este proceso al alterarse las relaciones de competencia entre sus componentes por un consumo diferencial de los mismos. Es conocida la rápida desaparición de hojas en los primeros días de pastoreo, así como la disminución en la proporción de leguminosas en un tapiz mixto y en general de todas las especies preferidas (Millot et al, 1987).

En consecuencia las plantas menos consumidas estarán en mejores condiciones de reservas y área foliar remanente para un rápido rebrote, por lo que paulatinamente se harán dominantes en el tapiz (Millot et al, 1987).

Blan y Dent demostraron en *Dactylis glomerata* que también existen preferencias entre variedades de la misma especie. Concluyeron que esta selección se debía probablemente a las diferencias en el contenido de azúcar entre las variedades (Gardner, 1967).

Pisoteo

El pisoteo sería la principal causa de disminución del rendimiento de una pastura bajo pastoreo con respecto a su potencial bajo corte, como consecuencia de la destrucción de los puntos de crecimiento, hojas, tallos y aún tapices; ello resulta en una menor capacidad de rebrote (Millot et al., 1987).

El pisoteo de los animales aumenta la compactación del suelo reduciendo con su porosidad (macro), su aireación como también la infiltración de agua (Gardner, 1967).

Cuando la humedad de suelo es alta, el daño causado por las pezuñas puede llegar a destruir completamente la pastura (Gardner, 1967).

Para disminuir sus efectos es fundamental evitar el pastoreo con altas cargas en aquellos potreros más bajos y/o húmedos, con suelos pesados y particularmente cuando ha existido algún tipo de remoción (Millot et al., 1987).

Deyecciones

En general, un importante porcentaje de los elementos presentes en el forraje consumido es devuelto en las deyecciones y orina de animales en pastoreo, siendo el promedio de deposiciones de una unidad ganadera de 410 kgs. aproximadamente 14 lt de orina y 25 kgs. de estiércol, con gran concentración de nutrientes (Millot et al 1987).

El estiércol contiene numerosos elementos, ente los cuales el N y el P son los más importantes en el aumento de la productividad del tapiz. Sin embargo, gran parte del N está en forma orgánica que debe sufrir mineralización para ser aprovechado por las plantas y el P es muy poco móvil, haciendo que no ocurran modificaciones importantes del crecimiento durante el primer año posterior a la deposición (Millot et al, 1987).

El área próxima a las deyecciones es rechazada por los animales, lo que hace que la vegetación tenga mayor desarrollo que el resto. El tamaño de esa área y el tiempo que persista, varían con la composición de aquellas y con la presión de pastoreo (Millot et al, 1987).

La orina contiene más del 70 % del N y casi todo el K que es excretado por el animal. Dicho contenido es variable y como el caso del N es afectado por la ingestión de agua y el contenido proteico del forraje, siendo ligeramente más alto en la orina del ovino que en la del vacuno. La zona de pastoreo afectada por la orina es rechazada por un corto período de tiempo (Millot et al, 1987).

Una alta proporción del N de la orina se encuentra como urea que al pasar a formas asimilables en el suelo, favorece un rápido crecimiento de la pastura, por un período variable de 50 a 100 días (Millot et al, 1987).

2. 2. 7. 3 Manejo en el año de instalación

El principal objetivo en el año de instalación de un mejoramiento debe estar dirigido a lograr un buen establecimiento y obtener una pastura altamente productiva y bien equilibrada que asegure su salud y vigor en el futuro (Carámbula, 1997).

En el primer año de una intersiembra, más daños se producen por subpastoreos que por sobrepastoreos, cuando la misma se realiza en tapices muy densos. Pastoreos continuos luego de la siembra, demostraron ser superiores a pastoreos poco frecuentes, (Minutti et al, 1996).

Como forma de asegurar la persistencia de los mejoramientos, en el año de implantación, los pastoreos excesivos deben evitarse, especialmente en las etapas iniciales del crecimiento y durante esa primera semillazón de las especies, de manera de permitir la existencia de un banco de semillas que aseguren adecuadas poblaciones y nivel de reposición de plantas en el otoño siguiente. Asociado al concepto anterior, la realización de pastoreos de limpieza o el uso de rotativas que permitan la remoción del excedente de forraje estival, favorece la brotación de especies invernales y posibilita la germinación de nuevas plántulas a partir del banco de semillas existente (Millot et al., 1987).

Por ello, el verdadero pastoreo en el año de instalación debe ser restringido a un período primaveral relativamente corto (mediados de agosto – fines de octubre), con lo que se contemplarán las necesidades de disponer de un período de implantación (abril – julio) mediante pastoreos iniciales muy controlados y las de un período de floración semillazón muy adecuado (fines de octubre – principios de enero). No obstante estas limitantes y en condiciones de excepción, es posible realizar algún pastoreo muy corto invernal sin demasiadas pretensiones, siempre que se prioricen los requerimientos de las especies sembradas, con el objetivo de favorecer su implantación y evitar una dominancia por parte del tapiz natural (Carámbula, 1997).

No se recomienda pastorear normalmente hasta que se aproxime la primavera y las leguminosas presenten una buena disponibilidad de forraje y se encuentren enraizadas adecuadamente (Carámbula, 1997).

2. 2. 7. 4 Manejo estacional de los mejoramientos

El impacto que tiene el manejo de la defoliación aplicado en una estación, sobre el comportamiento productiva de una especie en la misma estación que se aplica o sobre las posteriores, varía con las especies y estaciones (Formoso, 1996).

Se debe tener en cuenta que el buen manejo de un mejoramiento no significa que se deban aplicar las mismas técnicas durante todo el año. Por el contrario se debe tener en cuenta no solo los cambios morfofisiológicos que ocurren en las especies en cada estación del año, sino también las variaciones climáticas que acompañan al desarrollo del mejoramiento. En este sentido, nunca se debe olvidar que las condiciones del clima determinan en gran parte las acciones para manejar bien una pastura (Carámbula, 1997).

Otoño

Las condiciones climáticas de esta estación favorecen un proceso activo de macollaje y una acumulación eficiente de reservas. De ahí que en el manejo de otoño se

deba promover dichos procesos mediante diferentes tratamientos que incluyan pastoreos oportunos y refertilizaciones apropiadas (Carámbula, 1992).

Por lo tanto, fines de verano – principios de otoño es la época para limpiar los restos de forraje estival y favorecer la recuperación del mejoramiento en el cual la densidad de especies introducidas puede ser baja dada la mortalidad normal que se produce en veranos típicos (Carámbula, 1997).

En cuanto a las refertilizaciones es imprescindible la aplicación anual o bienal temprano en el otoño con cantidades adecuadas de fosfatos rápidamente disponibles. Estos contribuyen a la salud y vida del mejoramiento apoyando no solo el reclutamiento de las plantas jóvenes de las leguminosas y la presencia de poblaciones adecuadas de rizobios, sino aportando también el mineral que asegurará a las leguminosas adultas el nutriente esencial para su mejor comportamiento Carámbula, 1997).

Invierno

Debido a que en esta época, la intensidad y el ángulo de incidencia de la luz son menores que en las demás estaciones, es posible utilizar toda la energía disponible con áreas foliares menores. Por consiguiente, en un mejoramiento bien manejado, en invierno no deberá producirse pérdida de hojas por descomposición (Carámbula, 1997).

Períodos de descanso prolongado en esta época traen aparejados pérdidas de potencial por sombreado de los puntos de crecimiento, aspecto que afecta posteriormente la entregas de forraje temprano en primavera (Carámbula, 1997).

Primavera

Para lograr el buen manejo en primavera, el principal objetivo consiste en maximizar el consumo por parte de los animales, manteniendo la pastura con alta calidad (Carámbula, 1997).

En general durante la primavera se producen las mayores tasas de crecimiento del año y los manejos de pastoreos frecuentes en esta estación determinan las mayores disminuciones en términos absolutos del potencial de producción de forraje primaveral y consecuentemente anual (Formoso, 1996).

Esto se debe a que los manejos más frecuentes limitan morfológicamente el crecimiento de los meristemos nodales, intercalares y también del área foliar, deprimiendo por esta vía los niveles de energía disponibles a nivel de puntos de crecimiento, meristemos refoliadores, condicionados por tasas menores de fotosíntesis y/o menor acumulación de energía de reserva (Formoso, 1996).

En lotus, los manejos frecuentes impide la plena manifestación del potencial de alargamiento de entrenudos y determina condiciones de menor producción de forraje. En trébol blanco incrementos en la frecuencia de defoliación determinan en primera instancia tamaños menores de entrenudos y de hojas y mayor muerte de estolones (Formoso, 1996).

En los ejemplos exitosos de persistencia, el cierre relativamente temprano en primavera con ausencia de pastoreo, constituye una medida importante. El objetivo de este cierre no es solamente permitir una muy buena semillazón, sino además posibilitar un fortalecimiento de las plantas de leguminosas perennes y lograr cierta acumulación de forraje sobre fin de primavera. Esto por un lado, garantiza para la próxima estación de crecimiento o año, una mayor proporción de plantas sobrevivientes de leguminosas perennes; por otro lado, deja en mejor posición competitiva dentro del tapiz a las plantas invernales, retardando por competencia la aparición de las estivales, de menor calidad, (Berrutti et al, 1993).

Verano

El verano es la estación más cálida del año, donde normalmente además pueden verificarse varios períodos en los cuales las plantas están bajo condiciones de estrés hídrico de intensidad variada (Formoso, 1996).

Cuando las plantas están sometidas a estas condiciones ambientales, se generan además otra serie de tensiones secundarias, como las térmicas, que se traducen metabólicamente en disminuciones drásticas de energía disponible, ya sea por que disminuyen la tasa de fotosíntesis o por consumo de reservas. Es así que las especies forrajeras pueden estar en condiciones internas próximas al límite fisiológico de plasticidad (Formoso, 1996).

El manejo de la defoliación puede por sí mismo deteriorar la condición fisiológica de las plantas. Si a esta condición se suman condiciones ambientales estresantes se pueden sobrepasar los límites de tolerancia fisiológica y morfológica de la especie en cuestión, detectándose muerte de unidades de producción, macollas tallos estolones y en última instancia muerte de plantas (Formoso, 1996).

Es importante que las plantas permanezcan con buena cantidad de hojas, ya que estas les permitirán a modo de bombas de succión, una mejor extracción de agua del suelo. Para esto es conveniente entrar a esta época con sistemas radiculares bien desarrollados y activos, para lo cual interviene en forma fundamental el buen manejo que se haya hecho en primavera (Arias et al., 1987; Berrutti et al., 1993; Carámbula, 1997).

Durante el verano, salvo si es muy lluvioso, es común que las leguminosas pierdan hojas debido a las altas temperaturas y a la escasez de humedad en los horizontes superficiales. Si las plantas han sido pastoreadas a un nivel de debilitamiento durante la primavera, existe una probabilidad mayor de que muera un porcentaje elevado durante esa estación y que en el próximo otoño se dependa en gran medida de las plantas que puedan nacer de semilla. Estas en condiciones de resiembra natural tienden a hacer su aporte más hacia la primavera. La pastura tendría una menor proporción de plantas sobrevivientes de la estación anterior y su aporte forrajero otoñal se vería seriamente comprometido. Por esta razón el cuidado de la pastura debe apuntar a mantener una proporción elevada de plantas vivas a través del verano. De esta forma se intenta lograr una producción de otoño ciertamente importante para que pueda ser utilizada durante el invierno temprano (Berrutti et al, 1993).

Otro aspecto constatado es el de la importancia de efectuar un pastoreo enérgico en estas áreas mejoradas durante fin de verano – principio de otoño, de manera de eliminar el forraje que pueda perjudicar el inicio del crecimiento de las especies invernales (Berrutti, et al, 1993).

Las especies invernales se ven favorecidas al eliminarse los excedentes de mala calidad de las estivales (Berrutti et al, 1993).

2. 2. 8 Persistencia del mejoramiento

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, 1997).

2. 2. 8. 1 Persistencia de especies anuales y perennes

Las formas de crecimiento de las leguminosas determinan en parte el rango de adaptación de las mismas a distintas situaciones ambientales y de manejo. Desde el punto de vista de la persistencia, reviste particular importancia lo relativo a los sistemas radiculares (García, 1992).

En las especies anuales la persistencia está determinada totalmente por los éxitos o los fracasos de la regeneración de las poblaciones por resiembra natural, la que forzosamente debe efectuarse todos los años. Por lo tanto en estas especies es vital mantener la integridad del proceso de semillazón a los efectos de asegurar la persistencia productiva. Para ello resultan fundamentales los descansos estratégicos durante la fase final de la estación de crecimiento. Se debe también recordar que la persistencia de las especies anuales depende ampliamente de factores climáticos fuera de control, lo cual

las lleva a presentar un comportamiento con variaciones importantes entre años, siendo en general muy favorecidas por las sequías estivales (Carámbula, 1997).

En 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; por consiguiente en las especies perennes se debe considerar por un lado la persistencia por supervivencia o muerte de cada planta individualmente y por otro la persistencia del mejoramiento debida a un balance favorable entre la producción y la pérdida de unidades vegetativas, así como de la resiembra natural (Carámbula, 1997).

Existen básicamente dos formas mediante las cuales las leguminosas pueden persistir: por permanencia de la planta original o por resiembra e instalación de nuevas plantas. La importancia relativa de ambos mecanismos varía con la especie y el clima (García, 1992; Carámbula, 1997). En Lotus la persistencia depende en gran medida de la perennidad de la planta original; la resiembra natural puede ser importante en algunos casos pero en general es bastante errática. El trébol blanco persiste vegetativamente a través de los estolones aún después de la muerte de la planta original. Dado que estos tienen un enraizamiento superficial, la especie es muy sensible al déficit hídrico (García, 1992).

En zonas templadas húmedas con tapices cerrados tales como zonas de Nueva Zelanda y Europa, la persistencia por resiembra es de muy poca importancia y la perennidad de la especie depende de la sobrevivencia de los estolones. En zonas con pronunciada sequía estival (estrés periódico), tales como las del sur de Estados Unidos, el trébol blanco se comporta como anual y las poblaciones adaptadas tienen alta capacidad de semillazón. Forde sugiere que el trébol blanco no es una planta bien adaptada para un hábito anual (García, 1992).

El clima en Uruguay se caracteriza por su aperiodicidad. Los estreses por sequía pueden suceder en cualquier época del año, de ahí que la resiembra como mecanismo de persistencia tiene alto grado de erraticidad. No es casualidad que en la flora praterse nativa predominen especies perennes (García 1992).

2. 2. 8. 2 Factores que afectan la persistencia de las leguminosas

La persistencia es el resultado de acción de diversos factores tales como clima, variedades, enfermedades y plagas, manejo, competencia, etc., lo que interacciona de forma diferente en cada ambiente dando origen a un problema complejo y propio de cada situación en particular (García, 1992).

Los principales componentes del ecosistema pastura que determinan su productividad y persistencia son los recursos genéticos, los factores ambientales y el manejo (Carámbula, 1997)

Clima y suelos

Factores climáticos y edáficos determinan mayormente las regiones geográficas en que las especies se adaptan.

Los factores climáticos que parecen afectar más el crecimiento y persistencia de las leguminosas en el Uruguay son los déficits y excesos hídricos y las altas temperaturas (García, 1992).

En situaciones de déficit hídrico, cuando la transpiración excede la absorción de agua se produce el estrés que afecta la fisiología y el crecimiento de las plantas. Si este es severo, las plantas se desecan y mueren. El déficit hídrico puede hacer que se cierren los estomas, se reduzca la transpiración y que se eleve la temperatura foliar. Los excesos hídricos detienen el crecimiento radicular por condiciones de anaerobiosis y promueven enfermedades como *Phitophthora*, *Phytium*, etc., (García, 1992).

Los efectos de las altas temperaturas se dan muchas veces confundidos con los del déficit hídrico. El daño más común es cuando las temperaturas están cerca del máximo para el crecimiento durante períodos prolongados (García, 1992).

En Uruguay, las altas temperaturas de verano, los frecuentes déficits hídricos en la superficie, asociados muchas veces a suelos con una alta tendencia a la compactación superficial, originan situaciones de estrés que actúan ya sea afectando directamente las plantas o como elementos predisponentes que las debilitan, dañan sus raíces, las predisponen a enfermedades, etc. El estrés que imponen los factores bióticos (mal manejo, enfermedades, plagas, etc.) son aditivos de factores abióticos (clima, etc.) y cuanto más extremos sean estos, especialmente la sequía, mas sensitivo es el sistema a los primeros (García, 1992).

Alfalfa, trébol rojo y lotus, por su sistema radicular son más tolerantes que el trébol blanco a los déficit de humedad. El orden de tolerancia al estrés hídrico es alfalfa > lotus > trébol rojo > trébol blanco (García, 1992).

Desde el punto de vista edáfico, la limitante más generalizada en el Uruguay es el bajo nivel de fósforo de los suelos. También la compactación superficial puede ser un problema para el enraizamiento de estolones de trébol blanco y también para la resiembra de lotus y trébol rojo. En algunos suelos las leguminosas pueden estar limitadas por niveles de ph por debajo del rango óptimo para el crecimiento (García, 1992; Carámbula, 1997).

Variedades

Se debe insistir sobre la necesidad de poseer un mejor conocimiento tanto de especies foráneas como de las subespontáneas y nativas a los efectos de poder explotarlas con un criterio de adaptación, productividad y persistencia. No se debe olvidar que la siembra de especies y variedades inadecuadas suele ser una de las causas de baja persistencia (García, 1992).

Resulta muy importante tener en cuenta los grados de compatibilidad entre gramíneas y leguminosas que deben llevar a un balance correcto entre ambas fracciones, para alcanzar y mantener la estabilidad de los mejoramientos (Carámbula, 1997).

En ciertos casos la siembra de variedades inadecuadas suele ser una causa de poca persistencia. En Uruguay se utilizan mayoritariamente variedades de origen nacional. A continuación se describe brevemente la situación para cada especie:

Trébol blanco. Existen mejores variedades tanto desde el punto de vista de producción de forraje como de la persistencia vegetativa. Estas corresponden a algunos cultivares de tipo ladino como regal, California ladino, etc., que pueden llegar a producir 25 % más de forraje que Zapicán y que notoriamente persisten más por estolones aún en condiciones de pastoreo intenso por ovinos (García, 1992).

Lotus. Los cultivares San Gabriel y Ganador que se siembran masivamente en el Uruguay son claramente los mejores desde el punto de vista de la producción de forraje, sin embargo en los últimos años se ha observado mortalidades de plantas muy importantes en stands de las variedades rioplatenses San Gabriel y Ganador, aparentemente debidas a infección de *Fusarium* lo cual indica que probablemente estas variedades deberán ser sustituidas en el futuro (García, 1992).

Enfermedades y plagas

Las enfermedades son una causa muy importante de pérdida de plantas. Generalmente, varias enfermedades están activas al mismo tiempo e interaccionan con otros factores y solo ocasionalmente la pérdida de un stand puede atribuirse a una sola enfermedad (García, 1992).

Aún cuando generalmente las enfermedades se categorizan por la porción de la planta que atacan (foliares, radicales, etc.), sus efectos son sobre la planta entera. Enfermedades foliares afectan las raíces y viceversa (García, 1992).

En las plagas hay que distinguir entre daños agudos y subclínicos. El daño agudo por ataque de un insecto es generalmente esporádico, implica que una especie es rápidamente reconocible y sus efectos más fácilmente cuantificables. El daño subclínico, en cambio, puede tener un mayor efecto sobre el potencial productivo de una pastura,

pero es más difícil de cuantificar y generalmente es el resultado de la acción de un complejo en el que intervienen insectos, hongos, nematodos, virus, etc, (García, 1992).

Fertilización fosfatada

Los suelos del Uruguay son deficientes en fósforo y la falta de este nutriente impide generalmente un normal desarrollo de las leguminosas, (García, 1992).

Implantación

Si no existe una implantación satisfactoria difícilmente podrá lograrse alta producción y persistencia (García, 1992).

En este sentido merecen ser considerados muy especialmente la calidad de la semilla, el método de siembra y la posibilidad de ocurrencia de animales y plagas (Carámbula, 1997).

La consecuencia de lograr o no un buen stand es diferente según la forma de crecimiento de cada especie. En trébol blanco por ejemplo, aún cuando el stand inicial sea relativamente bajo, el hábito estolonífero de la especie le permitirá colonizar espacios. En lotus alfalfa y trébol rojo el logro de un stand inicial de plantas es mucho más importante pues si este es deficitario será difícil de solucionar y en algunos casos casi imposible (García, 1992).

Hay distintos factores que afectan la implantación de las pasturas. El primer punto a tener en cuenta es la calidad de la semilla, si esta no es buena no se obtendrá una buena pastura (García, 1992).

Los métodos de siembra son elementos manejables por el productor y que influyen en la instalación de las pasturas. Altier y García (1986) encontraron una estrecha relación entre el rendimiento de implantación, que es función del crecimiento y densidad de las especies en el año de siembra y el rendimiento en el año siguiente, lo cual muestra claramente la permanencia de los efectos de una mala implantación (García, 1992).

Manejo

Las especies de leguminosas tienen distintos requerimientos de manejo en función de su fisiología, hábito de crecimiento, etc. Por consiguiente la forma (intensidad, frecuencia, época del año, etc.) en que son defoliadas las leguminosas, tiene efectos muy importantes en su producción posterior (García, 1992).

El manejo del pastoreo es uno de los factores que afectan con mayor intensidad la persistencia de los mejoramientos, a la vez que puede ser manipulado con mayor facilidad por el productor (Carámbula, 1997).

El manejo puede afectar la persistencia de leguminosas por un efecto directo sobre las mismas o indirecto ya sea promoviendo o debilitando los efectos competitivos de las gramíneas asociadas. Generalmente la persistencia de las gramíneas es más pobre cuanto más vigoroso y denso es el crecimiento de la gramínea acompañante (García, 1992).

Lo que importa resaltar aquí es que el estrés que eventualmente impone el manejo interacciona con otros factores (temperatura, humedad del suelo, competencia de otras especies, etc.). Algunas pautas de manejo desarrolladas en el Uruguay indican para especies como trébol blanco, lotus y trébol rojo, los mejores resultados se obtienen cuando los pastores se realizan con una acumulación de forraje de 1,5 a 2 ton ms/há, cuando se evitan sobrepastoreos en situaciones de déficit hídrico y cuando se maneja aliviado durante el verano (García, 1992).

Competencia

Las leguminosas forrajeras se usan en mezclas con gramíneas y otras especies de leguminosas y están por lo tanto sujetas a competencia. A esto debe agregarse el hecho de que en una pastura normalmente aparecen especies no deseadas ya sea dicotiledóneas o gramíneas agresivas (García, 1992).

El clima del Uruguay permite el crecimiento de gramíneas templadas y subtropicales; esto hace que normalmente en una pastura el componente gramínea pueda presentarse como un importante factor de competencia para las leguminosas por su mayor adaptación a situaciones de estrés (García, 1992).

Varios autores reconocen a la competencia de la vegetación residente como uno de los principales factores limitantes, no solo del crecimiento inicial de las plántulas cuando estas son sembradas en cobertura, sino también de la sobrevivencia de las mismas luego del primer verano (Minutti et al, 1996).

Dentro de las gramíneas que más compiten con las leguminosas en el Uruguay, sin duda que la gramilla brava (*Cynodon dactylon*) es de las más importantes. Esta especie foránea pero con notables características de adaptación a nuestro clima, es un componente infaltable en las praderas del litoral sur y una de las vías finales de la degradación de las pasturas sembradas, (García, 1992).

Alelopatía

El término alelopatía denota cualquier efecto dañino, directo o indirecto de interacción química o bioquímica entre plantas. Estas interacciones son complejas y se confunden muchas veces con competencia (García, 1992).

Se ha sugerido la existencia de efectos alelopáticos como uno de los factores involucrados en la declinación de las leguminosas en el tapiz. Se ha encontrado por ejemplo que los extractos foliares de festuca reducen la germinación de lotus y trébol rojo, así como el crecimiento radicular en trébol blanco (Pederson, 1985, citado por García, 1992). También se ha encontrado que extractos acuosos del trébol blanco inhiben la germinación y causan anomalías y en plántulas de esa especie así como de otras especies forrajeras.

Rhizobium

Un requisito indispensable para la persistencia de las leguminosas es el establecimiento y mantenimiento de una simbiosis efectiva leguminosa: rhizobium. Uno podría preguntarse si la declinación de las leguminosas no está relacionada con un descenso en la capacidad de fijación de nitrógeno (García, 1992).

2.3 METODOS DE EVALUACIÓN DE LA PASTURA

EL método más simple y usado más frecuentemente en la evaluación de las pasturas es el corte y pesada de forraje. Hay muchas variaciones de esta técnica pero esencialmente los resultados se calculan por el peso del pasto en un área conocida (Gardner 1967)

Cuando se trata de especies o variedades de gramíneas que varían considerablemente en sus fechas de maduración, hay que determinar las frecuencias ya que hay una gran influencia de de la fase reproductiva sobre los rendimientos de pasto Gardner. Durante la fase vegetativa el rendimiento está determinado por la habilidad de la planta para producir nuevos macollos. Cuando comienza el alargamiento del tallo y hasta la espigazón y un poco después hay un período de crecimiento rápido en que las ganancias diarias de materia seca son muy grandes. Una vez ocurrida la antesis, el incremento decae rápidamente y puede ser negativo en un tapiz denso, donde las hojas basales están muy sombreadas (Gardner 1967).

Aparece claramente que si estamos comparando dos variedades o especies con diferente época de maduración y una de ellas ya ha entrado en la fase de crecimiento máximo antes que se haga un corte esta variedad será favorecida.

Este problema de la frecuencia de corte se presenta por lo tanto, durante el período de alargamiento del tallo y la floración. En los demás períodos de crecimiento la habilidad de un pasto para producir forraje es una función del número y tamaño de los macollos producidos y en iguales condiciones la frecuencia de corte afectará a todas las variedades de la misma manera (Gardner 1967).

Las técnicas experimentales que deben ser empleadas dependerán de las condiciones locales y de la interpretación del agrónomo sobre la utilización de las especies (Gardner 1967).

2. 3. 1 Altura de corte

En un tapiz, el mayor porcentaje de forraje se puede observar en las capas más bajas. Esto significa que ligeras variaciones en la altura de corte de esta zona pueden cambiar significativamente la estimación del rendimiento.

Según los resultados de Brougham, cuanto más bajo sea el corte, menor será la velocidad de rebrote, como resultado de un menor índice de área foliar. Como consecuencia el corte bajo conducirá a reducir los rendimientos. El rebrote de un corte alto llegará a su máxima rapidez de crecimiento antes que el rebrote de un corte bajo. Un segundo corte realizado cuando el crecimiento del rastrojo más alto esté llegando a su punto de máximo crecimiento, favorecerá este tratamiento (Gardner 1967).

Reid señala que el rebrote de un corte alto llegará a su máxima rapidez de crecimiento antes que el rebrote de un corte bajo (Gardner 1967).

Cuando se comparan algunas variedades de gramíneas o leguminosas y se sabe que una o más variedades tienen hábito de crecimiento rastrero, requiriendo por lo tanto una altura de corte más baja, hay dos procedimientos que pueden emplearse. La primera posibilidad es cortar las parcelas a mano o con tijeras eléctricas de esquila.

La segunda posibilidad es cortar pequeñas áreas a mano dentro de las parcelas.

En resumen la altura de corte puede ser un factor vital que influye tanto en el rendimiento como en la calidad. Se debe por lo tanto considerar cuidadosamente cuales y cuantas alturas de corte se deben incluir en el experimento (Gardner 1967).

Cuando hay pastoreo, si es rápido y los animales ocupan el terreno solo durante uno o dos días los cortes efectuados inmediatamente antes del pastoreo constituyen una buena estimación de la producción. A medida que el período de pastoreo aumenta, el rendimiento determinado por este método subestimarán progresivamente el verdadero rendimiento ya que el crecimiento durante el período de pastoreo no es tomado en

cuenta. Se llega al caso extremo bajo pastoreo continuo, cuando no es posible hacer estimaciones de rendimiento si no se emplean jaulas (Gardner 1967).

3 MATERIALES y METODOS

3.1 UBICACION

El predio donde se han realizado los mejoramientos, se encuentra ubicado al sur del departamento de Artigas sobre la ruta nacional n° 4 al oeste, entre los kms 126 y 136, muy cerca del límite con el departamento de Salto (Anexo 1)

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PREDIO

3.2.1 Areas de estudio

3.2.2.1 Edafología

Los suelos desarrollados a partir del material geológico, son fértiles a pesar de que presentan algunas deficiencias minerales. Difieren entre si por: la profundidad de su perfil que va desde muy superficiales 5 – 10 cm hasta suelos muy profundos 150 cm; por el grado de pendiente, que varía desde pendiente de 0 a 2 grados a pendientes de mas de 45 grados; por la orientación de esta pendiente, que puede ser desde norte a sur, modificando las condiciones de crecimiento; y por el contenido de arcilla. Son además suelos que en su mayor parte presentan un alto riesgo de erosión. Esta diversidad de tipos de suelo se encuentran asociados de forma irregular, en áreas reducidas, dificultando su separación para el manejo o su empotramiento.

A continuación se presentan los perfiles de los suelos dominantes y asociados de esta unidad relevados en el predio por Azziz et al 1994.

Cuadro 21. Perfil de un litosol melánico

Horizonte	Prof (cm)	Color	Textura	Características
A1	20	Pardo oscuro	Limo arcilloso	Moteados difusos y concreciones de CaCO ₃
R				

Cuadro 22. Perfil de un brunosol típico

Horizonte	Prof (cm)	Color	Textura	Características
A	20	Pardo oscuro	Limo arcilloso	
B2t	30	Negro	Arcilloso	
BC	10	Pardo rojizo	Arcilloso	Oxidos de Fe y basalto alterado

Cuadro 23. Perfil de un brunosol típico

Horizonte	Hor	Prof (cm)	Color	Textura	Características
A		20	Pardo	Franco arcilloso	
B1t		20	Pardo oscuro	Arcilloso limoso	Películas de arcilla
B2t		20	Pardo muy oscuro	Arcilloso	Películas de arcilla
Cca			Pardo rojizo	Arcilloso	Concreciones de CaCO ₃ , Mg y Fe con presencia de moteados

Cuadro 24. Perfil de un vertisol háplico

Horizonte	Hor	Prof (cm)	Color	Textura	Características
A1		25	Pardo oscuro	Franco limoso arcilloso	
A2		20	Pardo	Arcillo limoso	Mg y Fe (color negro)
AC		15	Grisáceo	Arcilloso	Idem
C1		30	Pardo rojizo	Arcilloso	Idem
C2			Rojizo	Arcilloso	Mg y Fe, concreciones de CaCO ₃ y moteados

Cuadro 25. Perfil de un planosol

Horizonte	Prof (cm)	Color	Textura	Características
A1	16	Pardo	Franco limoso	
E	5	Grisáceo	Limoso	Moteados blancos
B1t	20	Pardo oscuro	Arcilloso	
B2t	30	Negro	Arcilloso	Películas de arcilla
BC		Negro	arcilloso	Moteados anaranjados

Estos suelos se hallan agrupados en unidades CONEAT constituyendo áreas homogéneas definidas por su potencial productivo en términos de lana y carne ovina y bovina en pie. Esta se expresa como un índice relativo referido a su capacidad productiva media del país la cual corresponde al índice 100. Los grupos catalogados en el área relevada son en su mayoría el 1.10b, y el 12.10 con el 32 y el 44 % del mismo respectivamente. En menor porcentaje aparecen los grupos 1.11a, 12.11 y 12.13. (Anexo 2)

3. 2. 2. 2 Caracterización climática

Temperatura

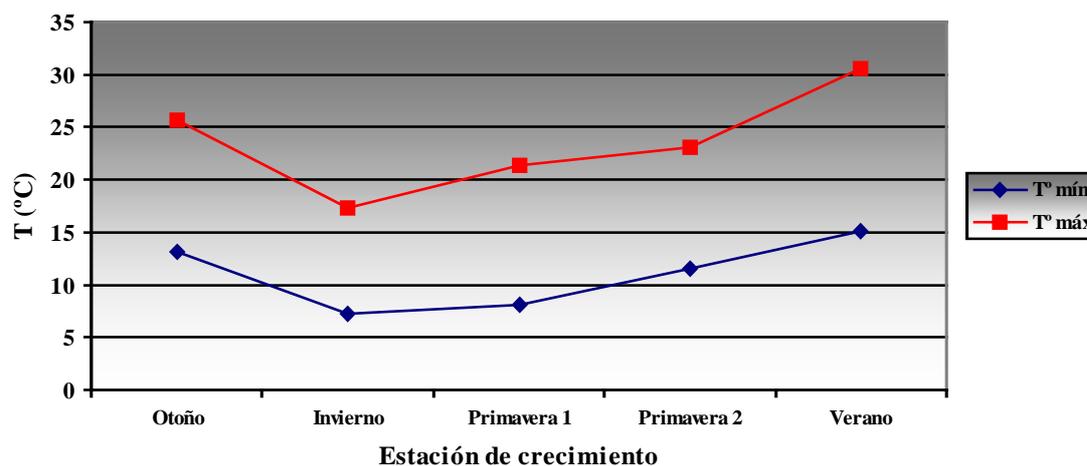
Los datos de temperatura se obtuvieron de una serie (1988–1997) de boletines publicados por la Dirección Nacional de Meteorología. A continuación se presentan los datos promedio de temperatura máximas y mínimas por mes y por estación

Cuadro 26. Temperaturas máximas y mínimas medias, promedio mensuales para Artigas (período 1988/1998).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T máx	32	30	29	25	20	17	17	21	21	24	27	29
T mín	19	18	17	13	10	8	7	9	10	13	15	18

Fuente: Dirección Nacional de Meteorología

Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas medias promedio por estación (1988/1998)



Precipitación

Los datos de precipitación fueron obtenidos de registros del predio. Los mismos se corresponden a una serie de años desde 1988 hasta 1998. La precipitación promedio es de 1457 mm; estos se dividen en, aproximadamente 346 mm en otoño, 245 mm en invierno, 141 mm en primavera 1, 235 en primavera 2 y 443,45 mm en verano.

Cuadro 27. Precipitación promedio (mm) para los meses del año (período 1988 – 1998)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Pp	199	119	141	205	101	91	60	57	84	134	127	134	1457
Desv	156	103	104	142	107	87	43	46	46	55	87	143	386

Fuente: Registros del establecimiento

Cuadro 28. Precipitación promedio por estación y anual registradas en el establecimiento (Período 1988 – 1998)

	Otoño	Invierno	Primav 1	Primav 2	Verano	Anual
Pp	346	245	141	235	443	1457
Desv	187	180	66	108	266	386

Fuente: Registros del establecimiento

El mes con la mayor variabilidad de precipitación es enero, seguido de diciembre; la estación de crecimiento con mayor variabilidad es el verano, seguida del otoño. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Olmos en 1997; como también la variación dentro del año, la cual es muy elevada.

En el invierno se observan valores más bajos de precipitación que en verano, otoño y parte de la primavera, por lo que los excesos que se producen en esta estación de crecimiento no están explicados por una abundante precipitación.

Lo contrario ocurre en el verano, donde se observan los valores más elevados de precipitación estacional, por lo que los déficits que ocurren en esta estación no se explican por baja precipitación.

Evapotranspiración

Para el cálculo de la evapotranspiración se utilizaron los datos de evaporación de tanque promedio de la serie de años 1988/1998.

Como la cantidad de agua que se pierde evaporándose directamente del tanque es mayor de lo que evapotranspira una pastura, se procedió a calcular la ET₀, que es la evapotranspiración del cultivo de referencia, tomando como cultivo de referencia a “una extensa pradera de gramíneas en crecimiento activo, de altura uniforme entre 8 y 15 cm que sombrea completamente el suelo, libre de enfermedades y que nunca escasea el agua y los nutrientes” (Baccino et al., 1994).

Para calcular la ET₀ se multiplicó la evaporación de tanque mensual por un coeficiente de tanque, característico de cada departamento, el coeficiente que se utilizó, correspondiente a Artigas se presenta en el siguiente cuadro:

Luego de hallar la evapotranspiración por mes se procedió a hallar por estación para la serie de años, el promedio de esta se presenta a continuación.

Cuadro 29. Evapotranspiración promedio en mm/mes

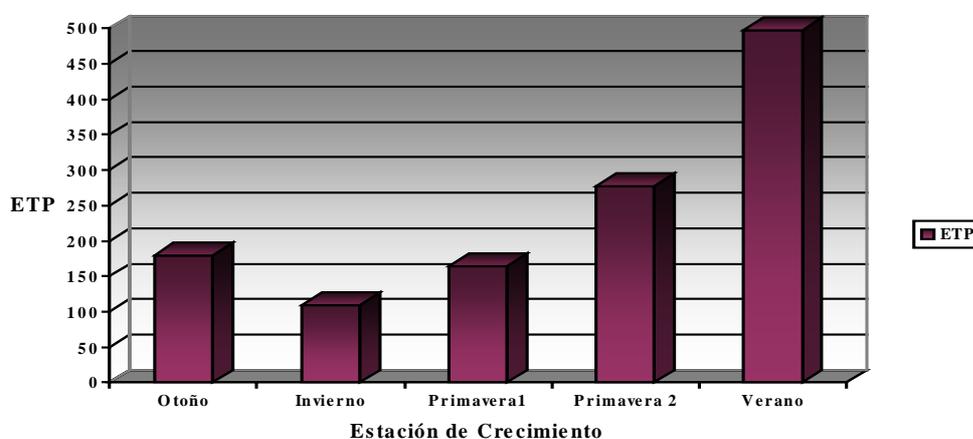
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Mm	228	190	169	99	77	59	79	109	131	168	192	233
Ktan	0,76	0,94	0,75	0,63	0,53	0,52	0,48	0,68	0,68	0,7	0,81	0,74
ET₀	174	179	127	63	41	31	38	75	89	117	156	177

Como puede apreciarse, los meses con mayor demanda atmosférica son diciembre, enero y febrero; mientras que los menores valores se dan en mayo junio y julio.

Si agrupamos los meses en sus correspondientes estaciones, observamos que la mayor demanda atmosférica se da en verano, mientras que el menor valor corresponde al invierno. Esto puede apreciarse en la figura ¿?.

Observamos que el invierno es la estación que menos demanda atmosférica posee, por lo que los excesos de agua estarían mejor explicados por la baja demanda que por la precipitación.

Figura 5. Evapotranspiración potencial (mm) promedio por estación de crecimiento (1988-1998)



Balance precipitación/evapotranspiración

En el siguiente cuadro se muestra la diferencia entre la precipitación promedio y la evapotranspiración promedio para cada mes del año.

Cuadro 30. Diferencia entre la precipitación mensual y la evapotranspiración mensual (Promedio de la serie de años 1988/1998)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pp	200	119	141	206	101	92	61	57	84	135	127	134
ETP	174	179	127	63	41	31	38	75	89	117	156	177
Dif	26	-60	14	143	60	61	23	-17	-5	17	-29	-43

En Abril se da la mayor diferencia positiva, en el otro extremo aparece Febrero, donde se registra la diferencia negativa más alta.

Una diferencia positiva en la relación PP/Etp quiere decir que la precipitación que ocurre en ese mes es suficiente para cubrir la demanda atmosférica y resta agua aún

Para ser almacenada en el suelo y aprovechada por las plantas. Cuando esta relación es negativa, significa que la demanda atmosférica no es abastecida con las precipitaciones, pasando a la atmósfera agua que se encontraba almacenada en el suelo, la cual ya no estará disponible para las plantas.

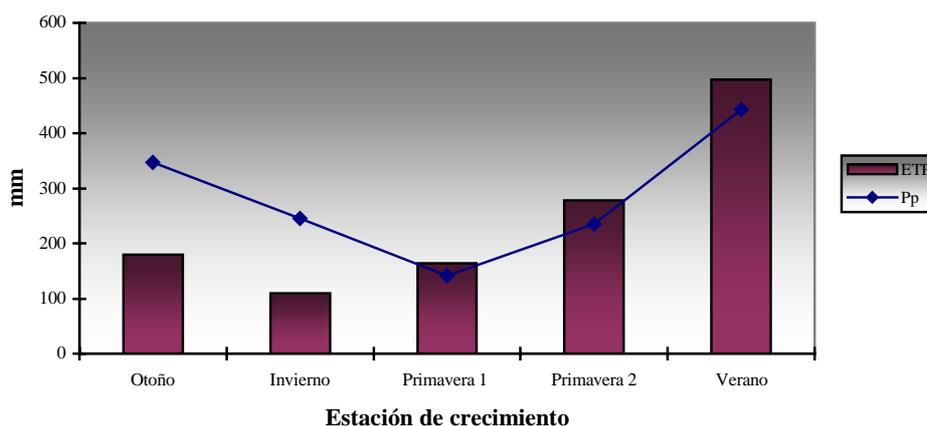
Si agrupamos a los meses del año de acuerdo a su estación de crecimiento correspondiente, la diferencia entre precipitación y evapotranspiración queda de la siguiente manera.

Cuadro 31. Diferencia entre la precipitación promedio estacional y la evapotranspiración promedio estacional (Promedio de la serie de años 1988/1998).

	Otoño	Invierno	Primavera 1	Primavera 2	Verano
Pp	346,54	245,27	141,36	235,09	443,45
ETP	180,05	109,64	164,02	277,85	497,50
Diferencia	168.35	157.36	-18.62	-42.76	-42.90

Se observa que en promedio, durante los períodos primavera 1, primavera 2 y verano, las precipitaciones no cubren la demanda atmosférica. En verano y primavera 2 se registran las demandas atmosféricas mayores, lo que explicaría el déficit pronunciado que se produce.

Figura 6. Balance entre precipitación promedio y evapotranspiración promedio por estación de crecimiento



3. 2. 2. 3 Vegetación

La vegetación presente en el lugar concuerda con la de la región, es decir presencia mayoritaria de gramíneas y una gran diversidad de especies en un área reducida, presentando el tapiz una clara predominancia de las gramíneas estivales tipo C4 sobre las gramíneas invernales C3. Tanto en uno como en otro grupo, se aprecian especies de buen valor productivo como *Axonopus affinis*, *Paspalum notatum* y *pauciciliatum*, como estivales y *Bromus auléticus* y *catarticus*, *Poa lanígera*, *Lolium multiflorum* como invernales que permiten tener esperanzas de una respuesta productiva importante frente a una mejora en el nivel de fertilidad y a un cambio en el manejo.

Cuadro 32. Contribución específica por presencia de grupos morfotaxonómicos relevadas en campo superficial y profundo

	CEP (%) en suelo Profundo	CEP (%) en suelo Superficial
Gramíneas	68,7	64,0
Graminoides	16,3	10,4
Leguminosas	0	0,5
Malezas enanas	14,4	25,8
Malezas de campo sucio	0,5	0

Azziz et al, 1994

Cuadro 33. Contribución específica por presencia de especies estivales e invernales en campo superficial y profundo

<i>Ciclo anual</i>	<i>Campo superficial (%)</i>	<i>Campo profundo (%)</i>
Invernales	26,81	18,29
Estivales	70,48	81,71

Adaptado de Azziz et al, 1994

3. 3 MEJORAMIENTO DE LA PASTURA

En la composición de la pastura predominan las gramíneas perennes estivales entre las que se destacan algunas de muy buena productividad. En menor proporción también existen gramíneas perennes y anuales de ciclo invernal, de buena producción. La presencia de leguminosa es aún mas reducida y su aporte tanto al forraje como en la fijación de nitrógeno es discutible. La producción de materia seca de estas pasturas, sigue un padrón primavera, verano, otoño con una disminución muy marcada en el

período invernal. Dentro de los factores determinantes del bajo aporte invernal de las pasturas, se identificaron factores del sistema de pastoreo, niveles limitantes de nutrientes y la ausencia de especies leguminosas invernales de buena producción. Mejorar la pastura desde el punto de vista de su valor como materia prima de la producción animal, significa incrementar su producción anual de materia seca, mejorar su calidad como alimento animal y corregir el desequilibrio invernal atenuando la estacionalidad. El “mejoramiento” de pastura implica un conjunto de acciones que respetando la pastura existente, intente promocionar el crecimiento de las especies invernales mediante modificaciones del sistema de pastoreo, la corrección de niveles limitantes de minerales mediante la fertilización y el agregado de especies leguminosas que logren integrarse en forma permanente a la población nativa.

3.3.1 Modificación del sistema de pastoreo

La composición de las pasturas naturales del basalto ha resultado del pastoreo continuo histórico de vacunos y lanares. En el sistema de pastoreo continuo, el ajuste de carga se realiza de acuerdo a la disponibilidad de forraje de las distintas estaciones. El predominio del aporte estival de las pasturas, determina que la carga para lograr su mejor aprovechamiento se ajuste a la producción de esta estación. Debido a la baja producción invernal, se establece un sobrepastoreo de las especies invernales (templadas), no tanto al inicio del invierno pues aún existe un remanente de forraje estival, sino durante el fin del invierno y el principio de la primavera.

Se optó por un pastoreo sobre el fin del verano y principio del otoño a cargas superiores a 1 UG/ha realizado a expensas de las especies estivales. De esta manera se disminuye la capacidad de competencia por luz, agua y nutrientes de estas especies y se favorece la germinación y el macollaje de las especies invernales, en el inicio de su estación de crecimiento. La eliminación de la cubierta estival es fundamental para favorecer la germinación de las semillas y permitir su establecimiento como plantas a la vez que favorece el rebrote de las plantas que han pasado en forma vegetativa, el verano. Se pone además, a disposición de las plantas en crecimiento, los nutrientes orgánicos reciclados en las deyecciones animales.

Al final del invierno, cuando las especies templadas se preparan para el fin de su estación de crecimiento, permitirles mediante el retiro de los animales, la acumulación de reservas y semillar, mecanismos que van a favorecer la sobrevivencia de plantas durante el verano y ser capaces de rebrotar con vigor en el otoño. El aporte otoño invierno de forraje de estas especies va a estar sostenido por las especies que pasen la estación adversa (verano) en forma vegetativa. La semilla conforma un mecanismo complementario de asegurar una población de plantas importantes a la próxima generación. Estas plantas van a lograr su expresión productiva tarde en el invierno o a principio de la próxima primavera.

El permitir el fortalecimiento de estas especies al final del invierno perjudicará además el inicio de crecimiento de las estivales al enfrentarlas a una población vigorosa que mantiene un volumen importante de nutrientes formando parte de sus tejidos y que compete activamente por luz, agua y nutrientes.

3.3.2 Fertilidad

Para corregir las deficiencias minerales en fósforo y azufre se optó por el superfosfato simple (0-21/23-0 + 13 de S) de baja concentración pero con un porcentaje de azufre importante.

Para el nitrógeno, se desestimó su corrección por el agregado de fertilizantes por su costo y la necesidad de realizar su aplicación en condiciones muy estrictas y fraccionada. Con la introducción de leguminosas templadas, se incrementa las especies que aportan al forraje invernal mejorando su calidad y realiza además un aporte de nitrógeno en forma orgánica sin costo, que se mineraliza durante los ciclos de meteorización natural coincidiendo con los momentos de crecimiento y demanda de nutrientes por la pastura.

3.3.3 Proceso de mejoramiento de la pastura

Los métodos de implantación, zapatas y coberturas, ya habían sido validados por el Plan Agropecuario en décadas anteriores. En el mismo predio en la década de 1970, se realizó una siembra a zapatas, donde la leguminosa persistió durante unos 6 años. A partir de 1982 se reinicia la experiencia de implantación de leguminosas pero ya en potreros mas chicos y con especies ya evaluadas. A partir de 1986 se establecen algunas medidas objetivas que permiten cuantificar el efecto sobre la pastura de las modificaciones impuestas.

Los suelos elegidos para realizar la experiencia fueron suelos profundos de la formación Cuaró, principalmente de las unidades CONEAT 12-10 por considerarlos de fertilidad razonable y con una buena profundidad que permite atenuar los déficit hídricos normales del verano.

Las especies y variedades fueron elegidas teniendo en cuenta la experiencias de campo realizadas por el Plan Agropecuario en años anteriores, en la región y dentro del predio. Estas experiencias consideraron tréboles anuales como los subterráneos y carretillas y en suelos profundos, se agregaron variedades de trébol blanco, rojo y lotus.

Por ser los potreros elegidos, de buena profundidad y observando el comportamientos de las distintas leguminosas se inclinó por dos perennes adaptadas a la región. El *Trifolium repens*, cv Bayucuá, un subtipo adaptado a la zona de basalto con muchos años de adaptación. El *lotus corniculatus*, cv San Gabriel también de semilleros

locales, producidos a través de la Cooperativa Calsal. Se descartaron las leguminosas anuales por un comportamiento más errático, en la experiencia previa y al trébol rojo por su difícil resiembra luego del segundo año.

3.4 INSTALACIÓN DE LOS MEJORAMIENTOS

3.4.1 Manejo previo

En ese momento no existían experiencias en el uso de herbicidas para este propósito, y el desconocimiento de que tanto el herbicida como la quema previa (otra posibilidad de preparación de la cama de semilla), tuviera un efecto negativo contra alguna especie nativa productiva, hizo optar por el pastoreo animal. La experiencia de siembras con excéntrica también tuvo resultados erráticos en la zona, posiblemente por no haber esperado un tiempo razonable entre el laboreo y la siembra.

El objetivo del sobrepastoreo, era lograr un debilitamiento de las especies de verano no permitiéndole acumular reservas ni mantener un área fotosintetizante importante. Para ello el pastoreo debía continuarse hasta que las condiciones climáticas se volvieran desfavorables para estas especies (fines de otoño). Esto se logró con un pastoreo de 2 a 3 vacunos por hectárea, de las categorías vacas de invernada o novillos entre 300 a 350 kg de peso desde noviembre diciembre mientras que los vacunos no perdieran estado, para luego continuar con lanares a una dotación de 10 capones por hectárea, (2 UG) permitiéndoles cortos períodos de recuperación en buenas pasturas, antes de retornar al potrero. De esta manera se lograba crear espacios de suelo descubiertos que favorecen el contacto semilla suelo.

3.4.2 Siembra

Las semillas tanto de trébol como de lotus, fueron inoculadas con cepas específicas y peleteadas con CaCO_3 . En ambos casos, por ser suelos vírgenes de Rizobios, se usó el doble de concentración recomendada. La semilla se peleteó con carbonato, con hiperfosfato y finalmente con carbonato de calcio micronizado. La proporciones de polvo secante ha ido reduciéndose.

La cantidad de semilla sembrada por hectárea fue de 3 kg y 5 a 8 kg para trébol blanco y lotus, respectivamente.

3.4.2.1 Método de siembra

Los métodos de siembra utilizados fueron, en los potreros 6 y 7 siembra en cobertura y en los potreros 8, 9 y 10 se realizó con una sembradora a zapata.

Para la siembra en coberturas se utilizó una sembradora Vicon del tipo pendular. Esta máquina va montada sobre el mismo tractor. El tubo o péndulo es comandado por la toma de fuerza del tractor. Tiene un orificio regulable para lograr la cantidad de fertilizante por unidad de tiempo y el péndulo es el encargado de impulsar el fertilizante. El péndulo tiene un arco (bozal) con un puente montado sobre la punta, cuya función es la rotura del flujo de fertilizante y lograr una distribución homogénea del fertilizante. En el caso de sembrar sin el bozal, esta máquina tiene una tendencia a hilerar a cada lado de la dirección de marcha.

Para las siembras con zapata se utilizó una sembradora Grasslands. Es una máquina montada sobre enganche tres puntos. Presenta dos ruedas metálicas que aseguran el control de profundidad durante el trabajo. Las rejas o zapatas se encuentran montados en el extremo de brazos metálicos elásticos que se aseguran al cuerpo de la máquina por medio de unos tacos de goma rígidos. Esto le permite pequeños zafes de las zapatas al enganche de piedras firmes. Las rejillas sembradora o zapatas se encuentran distanciadas entre sí unos 30 cm. y realizan un surco de 6 a 7 cm de ancho de una profundidad regulable. En las siembras se utilizó una profundidad de 3 a 4 cm. No posee elemento compactador, pero si una cadena liviana que va realizando una pequeña cobertura de la semilla dentro del surco. La cantidad de siembra de semilla se regula por un mecanismo de velocidad constante y capacidad variable (cajas dosificadoras) mientras que la dosis de fertilizante se regula por un mecanismo de velocidad variable y capacidad constante (combinación de engranajes). La semilla y el fertilizante van en cajones separados pero descienden por un tubo único, siendo depositados detrás de la zapata.

3. 4. 2. 2 Fecha de siembra

La siembra se efectuaba mediados de abril a mediados de mayo cuando se tenía la certeza que la pastura estival no podría rebrotar antes del invierno. Se intentó que el suelo estuviera consistentemente húmedo antes de la siembra. Por otro lado, más avanzado en el invierno, las bajas temperaturas enlentecerían los procesos de germinación y nodulación. A esto debe agregarse la posibilidad de muerte de plántulas por congelamiento a causa de las heladas.

3. 4. 3 Fertilización inicial y refertilización

Con la fertilización inicial se busca modificar el nivel de fósforo y azufre, mientras que la carencia de nitrógeno se apuesta incrementar mediante la fijación biológica de los rizobios. La fertilización inicial fue de aproximadamente 40 unidades de fósforo y 26 unidades de azufre por hectárea

Se realiza una refertilización anual de aproximadamente 20 y 13 unidades por hectárea de fósforo y azufre respectivamente, con el propósito de mantener e incrementar el nivel de fósforo y azufre disponible. A pesar de su mayor costo, se prefirió dosis menores y frecuentes frente a la opción de mayores dosis de forma discontinua. El enriquecimiento de

nitrógeno se logra a través del desarrollo y fijación eficiente de las leguminosas introducidas.

3.5 MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA PASTURA

El método elegido fue el de jaulas móviles (Frame 1981) que permite integrar el área de evaluación, al manejo de pastoreo que se realiza en el potrero. Las jaulas impiden al ganado consumir la pastura del área que se está evaluando en ese período. Luego de cada corte, la jaula es cambiada de lugar dentro de la misma zona del potrero. En su nueva ubicación, el forraje es cortado al ras con tijera de jardín y se la cubre el área cortada con la jaula. Se registra el día de instalación, al cabo del período a evaluar, se anota la fecha, se le realizan 7 medidas de altura y a continuación se distribuían, cuatro marcos de 0,20 x 0,50 m sobre las diagonales de la jaula y se cortaba al ras el forraje de estos marcos colocándose en una bolsa de lienzo identificada. Se consideraba forraje producido a todo lo que se cosechaba dentro de las jaulas.

El área de cada potrero es de aproximadamente de 60 há. y dentro de ellos, eran distribuidas cinco jaulas. Las jaulas estaban hechas con tramas y alambre de púas para evitar que los animales consumieran la pastura. Cubren una superficie de 1 m² cada una. Estas jaulas se distribuían de manera de que la producción de forraje bajo las mismas fuera representativa de la producción de todo el potrero.

Figura 7. Jaula de exclusión colocada en un potrero



El forraje era pesado verde en el establecimiento y luego se enviaba al laboratorio de la Cooperativa CALSAL donde era secado a estufa a temperaturas menores de 60 grados hasta que su peso permaneciera estable. En esas condiciones se lo volvía a pesar y se lo destaraba, obteniendo así, el peso seco de la muestra. El promedio de producción de las cinco jaulas se usaba para la estimación de producción de cada potrero (anexo 5).

Para estimar la tasa diaria de crecimiento se dividió la producción de materia seca y altura promedio de la pastura por los días transcurridos entre corte y corte, obteniendo datos de centímetros por día y kgs. de materia seca por día.

3. 5. 1 Determinación de las estaciones de crecimiento

El año de producción de pasturas se inicia en el otoño con las siembras, fertilizaciones y refertilizaciones y finaliza en el verano del año siguiente. El considerar el verano siguiente y no el previo dentro del período de evaluación, busca evaluar el efecto de las medidas tomadas en la estación de crecimiento invernal sobre el comportamiento de la población estival posterior.

En otros trabajos de evaluación de pasturas, se considera a mayo y gran parte de junio como integrantes del período otoñal y agosto y gran parte de setiembre como parte del período invernal. En esta zona la apreciación personal de la pastura, es de que los meses de mayo y junio se identifica mas con invierno que con otoño y que los meses de agosto y setiembre se semejan mas a la primavera que al invierno. Por esta razón y por tratar de confirmar estas apreciaciones y no de realizar una evaluación experimental, se realiza una elección particular de períodos. Otra particularidad fue la elección de períodos de evaluación de dos y tres meses. Esto crea el inconveniente de que sus resultados medidos en tasas diarias promedios de crecimiento no son totalmente comparables. Un período mayor puede verse favorecido al tener una mayor masa fotosintetizante promedio, sesgando los resultados.

Se deseaba evaluar el crecimiento de la pastura durante el período de agosto setiembre como período de inicio del crecimiento de la pastura luego de la detención invernal. La composición de este forraje debería estar conformado mayoritariamente por especies templadas. En el período de octubre y noviembre se agregaría al aporte final de las templadas, el del inicio de las estivales. El período diciembre febrero cubriría solamente forraje aportado por las especies del período estival. Nuevamente en abril y mayo se solaparían la producción final de las estivales con el inicio de las invernales.

Cuadro 34. Períodos de evaluación

Períodos de crecimiento	Otoño	Invierno	Primavera 1	Primavera 2	Verano
	Marzo Abril	Mayo, Junio, Julio	Agosto, Setiembre	Octubre, Noviembre	Diciembre, Enero, Febrero

3.5.2 Comparación con testigo

A manera de referencia se evaluó la producción de un campo un natural en un suelo superficial CONEAT 1-10b (1987 - 1998), un campo sobre suelo profundo CONEAT 12-10 (1986 - 1989).

A fin de enriquecer la comparación se utilizaron también datos de producción y tasa de crecimiento de campos profundos sobre basalto de la unidad Queguay Chico obtenidos de bibliografía de INIA.

Finalmente también se utilizaron datos de cortes de pastura de un potrero que fue mejorado durante seis años, 1970 a 1996.

3.6 ESTIMACIÓN DE LA CARGA

Estos potreros fueron pastoreados intentando manejar la pastura con una carga que permitiera un buen comportamiento animal. Para su estimación se utilizaron las planillas de control de carga elaboradas por el SERPA para este fin. En ellas las filas representan a categorías animales vacunos y lanares y las columnas a los días del mes. A cada categoría le corresponde una equivalencia en unidad ganadera (u.g.). De esta manera al cambiar de número lo único que se anotaba es el nuevo número de animales de la categoría modificada. Al fin de mes es posible calcular el número de días de pastoreos de cada categoría y su cantidad (número de animales mes por categoría). Con el número de días mes y la equivalencia animal se obtiene la carga total y por há de cada potrero en cada mes o año.

La carga promedio del predio se estimó de registros de carpeta verde (1971/2002). Se tenían la carga tanto bovina como ovina al principio y final del ejercicio y se lo promediaba.

3.7 ANALISIS ESTADISTICO

Para el análisis estadístico de los datos se utilizaron los procedimientos CORR y GLM del SAS (Statistical Analysis System).

En una primera etapa se estudió la correlación ente las variables por medio del proc CORR El procedimiento CORR se utilizó para tener una idea preliminar de la asociación entre las variables a analizar

En una segunda etapa se utilizo el proc GLM con los siguientes modelos.

Para el análisis de los factores que influyen en la producción de materia seca se utilizó el modelo 1

$$1) Y = M + E + P + E*P + T \text{ máx} + T \text{ mín} + T \text{ med} + bpevest + pest + bpevesta + pesta + e$$

donde Y es la producción de MS, M es una constante, E es la estación de crecimiento, P es el tipo de pastura, E*P es la interacción entre estación y pastura T° mín es la temperatura mínima, T° media es la temperatura media T° máx: es la temperatura máxima, Pest es la precipitación de la estación, Bpevest es el balance precipitación/evaporación de la estación, Pesta es la precipitación de la estación anterior, Bpevesta es el balance precipitación/evaporación de la estación anterior y e es el error experimental..

Para el análisis de los factores que influyen en cada estación de crecimiento se utilizó el modelo 2

$$2) Y = M + P + T \text{ máx} + T \text{ mín} + T \text{ med} + bpevest + pest + bpevesta + pesta + e$$

Para analizar la relación entre la producción de materia seca y la edad de los mejoramientos se utilizó el modelo 3.

$$3) Y = M + A + E + e$$

donde Y es la producción de MS, M es una constante, A es el año, E es la edad y e es el error experimental.

Finalmente para el análisis de la producción de materia seca y la altura de la pastura promedio anual y por estación se utilizó el modelo 4

$$4) Y = M + H + e, \text{ donde H es la altura de la pastura.}$$

4 RESULTADOS y DISCUSION

4.1 PRODUCCION DE MATERIA SECA

4.1.1 Producción de materia seca anual

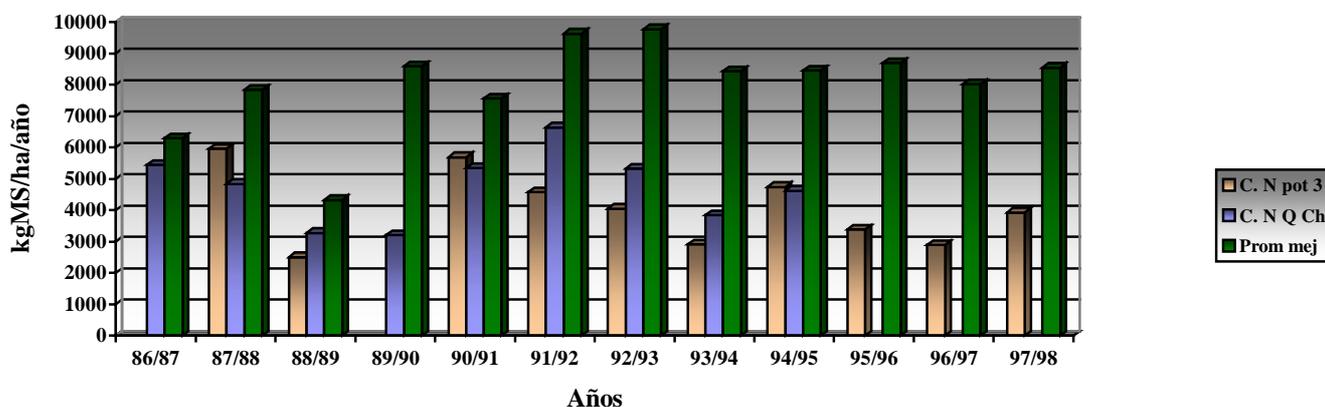
A continuación se presenta la producción de MS anual de cinco mejoramientos de campo implantados entre los años 1982 al 1989 a los que se agrega como testigo, los datos de producción de campo natural. El período de evaluación considera los ejercicios de corte 1986/87 al 1997/98.

Cuadro 35 Producción de MS por hectárea por año de los mejoramientos en el período 1986/1998, del campo natural del predio (1987/1998) y del campo sobre Queguay Chico (1980/1995).

Año	C. N. Testigo	Pot 10	Pot 8	Pot 7	Pot 6	Pot 9	C. N. Q Ch
80/81							4081.8
81/82							3299.0
82/83							3376.6
83/84							3864.8
84/85							6180.4
85/86							5295.2
86/87				3942	5590	9349	5448.0
87/88	5962		5483	6877	8186	10803	4839.3
88/89	2502		3771	3923	4327	5279	3274.9
89/90		7542	8011	7888	9363	10195	3205.5
90/91	5692	7666	5956	7378	7187	9650	5342.3
91/92	4576	7694	7810	9339	11046	12300	6646.7
92/93	4051	6574	9544	9349	10402	13004	5326.3
93/94	2903	6203	8893	8413	8096	10576	3844.1
94/95	4742	6917	9741	9314	8292	8026	4622.0
95/96	3385	7633	9277	9232	7778	9532	
96/97	2884	7170	7971	8174	7764	9015	
97/98	3933	8692	8086	8735	9141	8095	
Promed	4.063	7343	7686	8056	8098	9652	4576
Desv es	1.185	731	1821	1939	1866	2032	1111

Los datos de producción del campo natural, corresponden a una pastura desarrollada en un campo en su mayoría superficial. Por esta razón se agregan datos de producción de un campo natural sobre suelo de basalto de la unidad Queguay Chico durante el período 1980/1994 tomados de Berretta et al (2001). De esta manera se trata de tener como referencia registros de producción de campos similares durante el mismo período.

Figura 8. Producción de materia seca por hectárea por año de los mejoramientos, del campo natural superficial del predio y del campo natural profundo sobre Queguay Chico



La producción de materia seca anual promedio de los mejoramientos en el período 1986/1998 fue de 8.146 kg por hectárea por año. Individualmente, el mínimo valor registrado fue de 3.771 kg de materia seca por hectárea por año en el año 1988 y un máximo de 13.004 kg de MS/ha/año en el año 1992.

4. 1. 1. 1 Promedio anual de tasa diaria de crecimiento

Los valores que se muestran corresponden a la tasa de crecimiento promedio anual de los mejoramientos en el período 1986/1998, del campo natural superficial del predio (período 1987/1998) y datos del campo natural profundo sobre Queguay Chico (período 1986/1994)

Cuadro 36. Tasa de crecimiento diaria promedio anual de los mejoramientos y del campo natural superficial del predio y campo natural sobre Queguay Chico

Año	C. N Testigo	C. N Q- Ch	Pot 10	Pot 8	Pot 7	Pot 6	Pot 9	Prom mej
86/87		15			11	15	26	17
87/88	16	13		15	19	22	30	21
88/89	7	9		10	11	12	14	12
89/90		9	21	22	22	26	28	24
90/91	16	15	21	16	20	20	26	21
91/92	13	18	21	21	26	30	34	26
92/93	11	15	18	26	26	28	36	27
93/94	8	11	17	24	23	22	29	23
94/95	13	13	19	27	26	23	22	23
95/96	9		21	25	25	21	26	24
96/97	8		20	22	22	21	25	22
97/98	11		24	22	24	25	22	23
Promed	11	13	20	23	22	23	27	23
Desv es	3	4	2	6	5	5	6	5

La tasa de crecimiento promedio anual promedio de los mejoramientos en esa serie de años fue de aproximadamente 22 kg MS/ha/día. Individualmente el valor mínimo fue de 9 y el valor máximo de 36 kg de ms/há/día.

Independiente de la profundidad del suelo, el promedio de los mejoramientos presenta una producción de forraje por hectárea por año muy superior a ambos campos naturales testigos, con tasa de crecimiento promedio claramente mayores.

4. 1. 2 Producción de materia seca por estación de crecimiento

A continuación se presenta la comparación de la producción de materia seca por las estaciones de crecimiento definidas entre los mejoramientos y los campos naturales sobre suelos superficial y profundo. En la comparación con el potrero sobre campo superficial se utilizan los datos del período 1986/1998.

En este caso de la comparación con la pastura sobre suelo profundo, no se pudieron utilizar los datos de cortes del campo natural profundo sobre Queguay Chico debido a que los períodos de corte definidos por Berretta no coincidían con los definidos en el establecimiento. En un primera instancia se pensó en usar datos de corte mensuales (Berretta 1984 - 1987), pero al ser pocos años de corte y al contar en el predio con registros

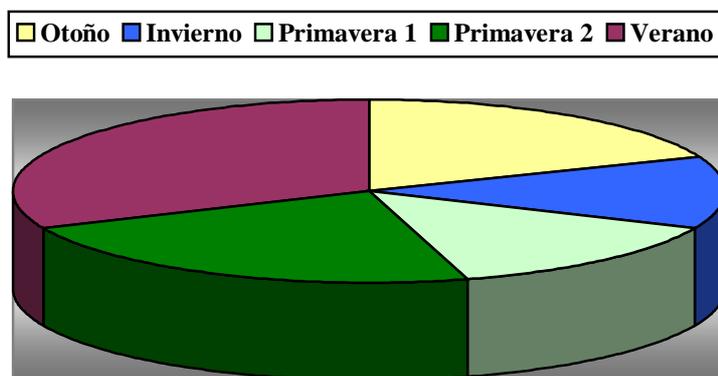
de corte de campo natural profundo durante un período similar de tiempo (Potrero 10 previo a su mejoramiento, 1986 - 1989) pero en coincidencia en el tiempo con los años de corte de los mejoramientos se optó por utilizar estos datos en la comparación. Para no comparar promedios estacionales de doce años con un promedio de tres años, se estimó el promedio de los mejoramientos, en el período 1986/1989 y se presentan estos datos en cuadros aparte.

Cuadro 37. Producción de materia seca por estación (kg/há) de los mejoramientos y del campo natural potrero 3 del predio.

	Prod. media	Desv estándar	% del total	TC
Mejoramientos				
Otoño	1.132	338	14	19
Invierno	1.001	820	12	11
Primavera 1	1.378	511	17	23
Primavera 2	2.022	613	25	33
Verano	2.935	866	33	31
Campo Natural				
Otoño	681	296	19	12
Invierno	498	175	13	6
Primavera 1	569	158	14	9
Primavera 2	923	439	23	15
Verano	1.505	820	32	14

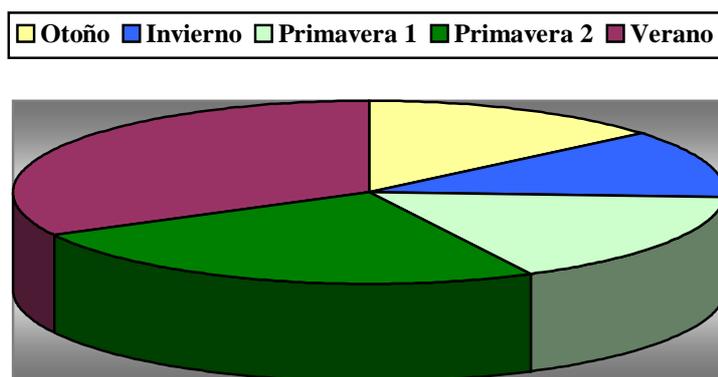
En el campo natural, las estaciones con menor aporte en el año son invierno y primavera 1, mientras que el verano es la estación con mayor contribución.

Figura 9. Distribución estacional de la producción de MS en % para el Campo Natural Potrero 3



En los mejoramientos, el invierno es la estación con menor aporte, seguida por el otoño. Primavera 1 y 2 tienen un % de aporte de MS más importante que el campo natural en las mismas estaciones, mientras que el verano vuelve a ser la estación con mayor aporte.

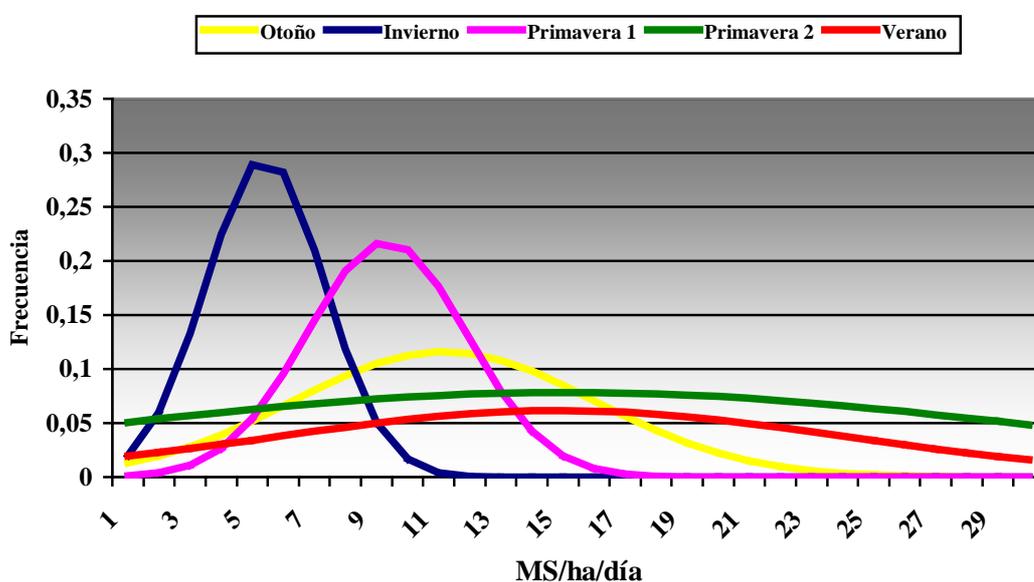
Figura 10. Distribución estacional de la producción de MS en % para los Mejoramientos



En cuanto a la variabilidad, de la producción, tomando el desvío estándar, en el campo natural, la estación con mayor variabilidad en la producción es el verano, seguida de la primavera 2, mientras que en los mejoramientos el verano aparece como la estación de mayor variabilidad pero la sigue el invierno. Las estaciones con menor variación son invierno y primavera 1 en el campo natural y otoño y primavera 1.

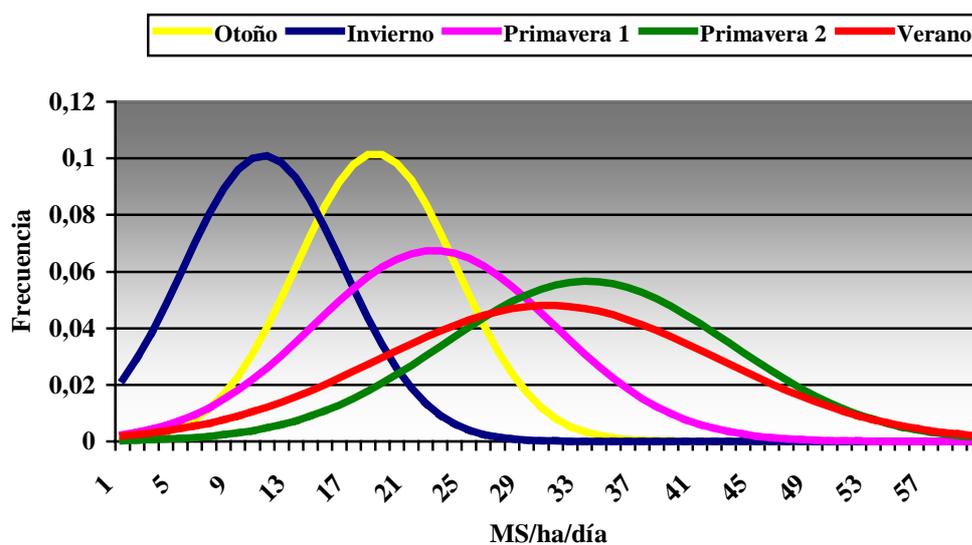
En las figuras 11 y 12 se presenta la tasa de crecimiento para los dos tipos de pastura llevadas a distribución normal.

Figura 11. Tasa de crecimiento del campo natural presentada en distribución normal



Según esta figura, el invierno y la primavera 1 son las estaciones más estables, mientras que el verano y la primavera 2 son las estaciones con más variación en su producción

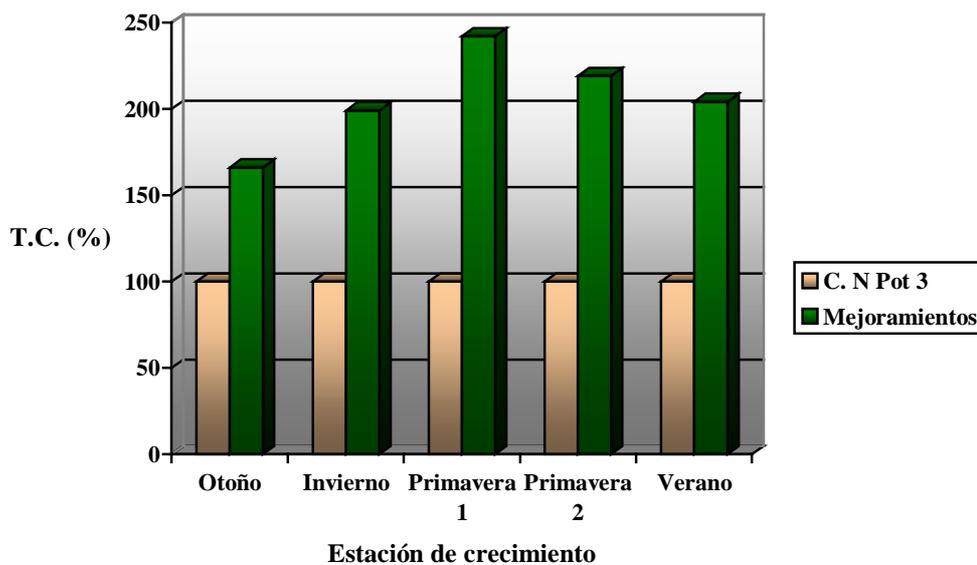
Figura 12. Tasas de crecimiento de los mejoramientos presentadas como distribución normal



Si observamos la amplitud de las curvas de cada estación, los mejoramientos presentarían una mayor estabilidad en la producción que el campo natural. Al igual que en el campo natural, las estaciones que presentan mayor variación son el verano y la primavera 2.

En la figura 11 Se observan las tasa de crecimiento del potrero testigo llevadas a base 100 y su comparación con el promedio de los mejoramientos.

Figura 13. Comparación de las tasas de crecimiento promedio por estación



En la comparación con este potrero, en su mayoría superficial, las mayores diferencias se observan en primavera y verano, mientras que el otoño es la estación donde la diferencia se hace menor.

Figura 14. Mejoramiento de campo en primavera



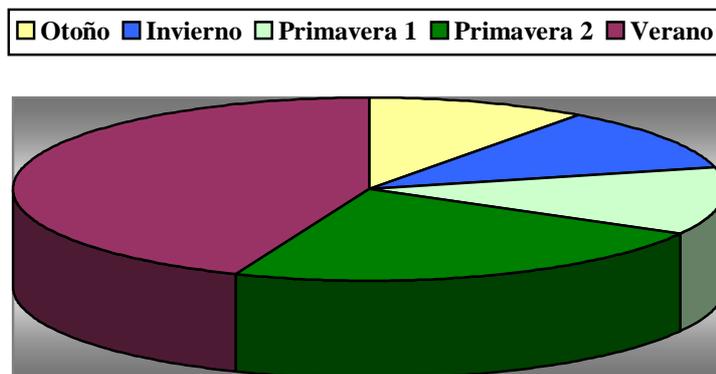
A continuación se presentan los datos de materia seca y tasa de crecimiento por estación de los mejoramientos y del campo natural profundo (potrero N° 10) del predio.

Cuadro 38. Producción de materia seca por estación (kg/há) y tasa de crecimiento (kg/ha/día) de los mejoramientos y del campo natural potrero 10 del predio (1986/1989).

	Prod. media	Desv estándar	% del total	T.C.
Mejoramientos				
Otoño	837	354	12	14
Invierno	1.051	446	16	11
Primavera 1	1.642	533	24	27
Primavera 2	1.819	951	27	30
Verano	1.431	1.149	21	16
Campo Natural				
Otoño	405	254	10	7
Invierno	445	63	11	5
Primavera 1	519	53	12	8
Primavera 2	978	426	23	17
Verano	1.886	2.158	44	17

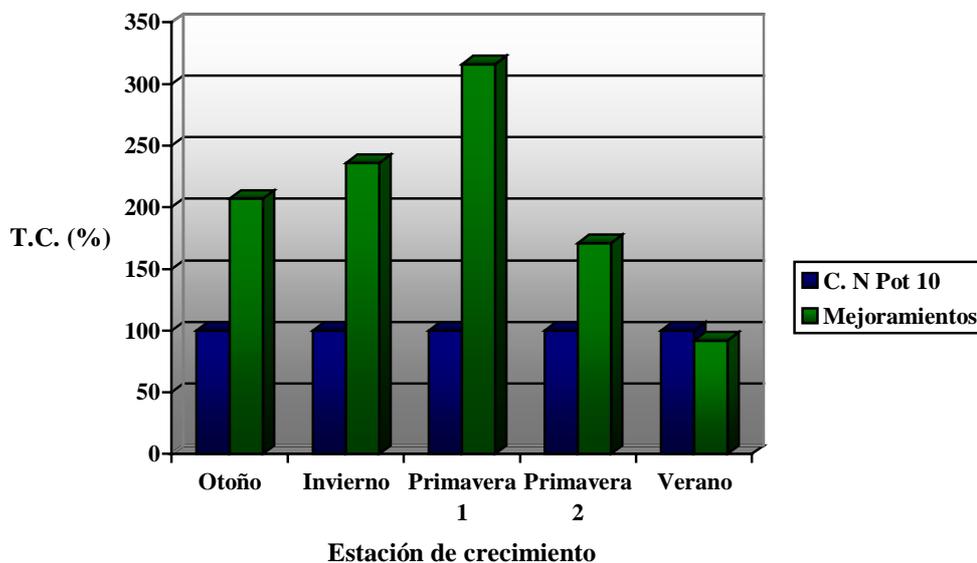
En el campo natural profundo, el verano aporta casi la mitad de la producción de MS, mientras que el otoño e invierno son las estaciones con menor contribución.

Figura 15. Aporte de MS en % de cada estación de crecimiento para el campo natural potrero 10.



En la figura 16 Se tomó como 100 al valor del campo natural profundo y sobre este valor se calculó la tasa de crecimiento de los mejoramientos para cada estación de crecimiento.

Figura 16. Comparación de las tasas de crecimiento promedio por estación



Al igual que lo que ocurre en la comparación con el campo natural testigo superficial, los máximos valores de tasa de crecimiento de los mejoramientos se dan en las mismas estaciones (primavera 1 y 2 y verano) pero las mayores diferencias se dan en invierno y en primavera 1, mientras que en el verano la tasa de crecimiento de los mejoramientos no muestra grandes diferencias con la del campo natural profundo.

Estas diferencias en la comparación de los dos potreros puede deberse a que al tener los dos potreros testigos distinta profundidad, van a tener una vegetación distinta. El campo más superficial, al tener una capacidad de almacenamiento de agua más limitada, sus producciones de primavera tardía y verano van a ser bajas, por lo que es de esperar que las mayores diferencias en producción de materia seca de los mejoramientos se acentúen en esas estaciones.

El campo natural profundo posee una capacidad de almacenaje mayor, sus producciones en la primavera tardía y verano son mayores que las del campo superficial. Con el mejoramiento se eleva la frecuencia de las especies invernales por manejo, aumento de fertilidad y fundamentalmente por introducción de especies invernales. Por lo tanto, es en invierno y primavera temprana donde las diferencias de producción de forraje serán mayores; mientras que en verano, las especies invernales presentan su producción disminuida y la producción de materia seca es fundamentalmente de especies estivales, por lo que no hay grandes diferencias entre las producciones de un mejoramiento y de un campo profundo.

Figura 17. Mejoramiento de campo en primavera 2.



Figura 18. Mejoramiento de campo en verano.



4.2 DOTACIÓN

La dotación promedio del predio (1971/1993) es de 0,78 unidades ganaderas por hectárea, la dotación de los mejoramientos durante el período 1985/1998 fue de 1,16 unidades ganaderas por hectárea y de 1,54 unidades ganaderas por hectárea por día.

Se presenta la dotación promedio de los mejoramientos en cada estación de crecimiento y por año.

Cuadro 39. Dotación (Unidades Ganaderas/ha) promedio de los mejoramientos (1986/1998)

	Otoño	Invierno	Primav 1	Primav 2	Verano	Anual
Potrero 6	2,52	0,59	0,35	1,19	2,14	1,36
Potrero 7	1,58	1,17	0,45	0,25	1,45	0,98
Potrero 8	1,37	0,55	0,45	0,65	2,01	1,01
Potrero 9	2,06	0,78	0,84	1,52	1,92	1,42
Potrero 10	1,77	1,16	0,78	0,22	0,99	1,01
Promedio	1,86	0,85	0,57	0,77	1,70	1,16

Cuadro 40. Dotación (Unidades ganaderas/ha/día) promedio de los mejoramientos (1986/1998)

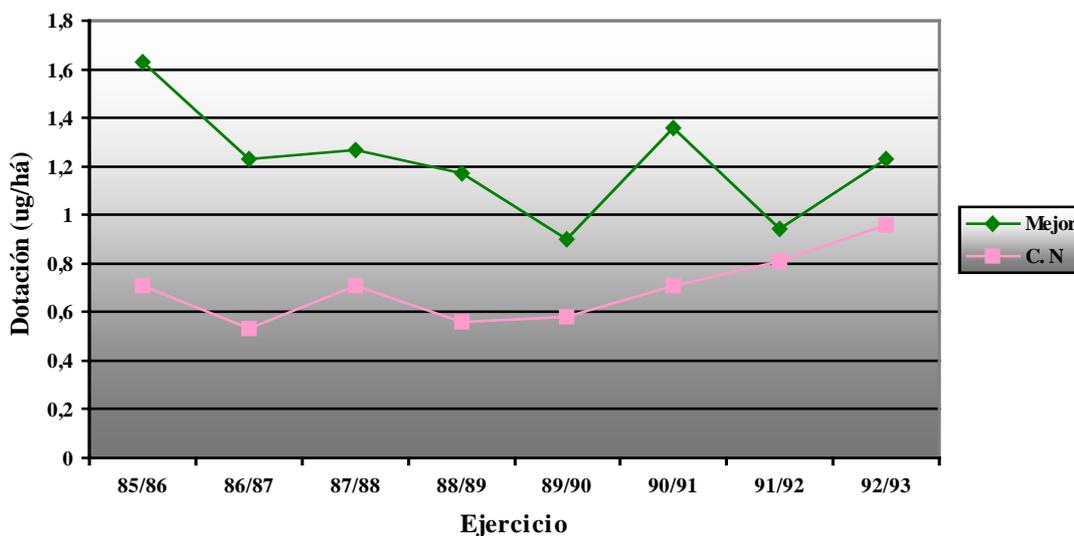
	Otoño	Invierno	Primav 1	Primav 2	Verano	Anual
Potrero 6	2,98	0,88	0,68	2,18	2,38	1,82
Potrero 7	1,97	1,49	0,73	0,52	1,93	1,33
Potrero 8	1,54	0,92	0,84	1,19	2,27	1,35
Potrero 9	2,91	1,13	1,26	2,00	2,27	1,91
Potrero 10	2,06	1,58	1,35	0,23	1,15	1,30
Promedio	2,29	1,20	0,97	1,22	2,00	1,54

En el período 1985/1993, la dotación promedio de los mejoramientos fue de 1,22 unidades ganaderas por hectárea, mientras que en el resto del predio fue de 0,70.

Cuadro 41. Dotación en UG/ha del Resto del predio (campo natural) y del promedio de los mejoramientos.

Ejercicio	Resto del predio	Promedio mejoramientos
85/86	0,71	1,63
86/87	0,53	1,23
87/88	0,71	1,27
88/89	0,56	1,17
89/90	0,58	0,90
90/91	0,71	1,36
91/92	0,81	0,94
92/93	0,96	1,23
Promedio	0,70	1,22

Figura 17. Dotación de los mejoramientos y del resto del predio



Debido a su mayor producción de materia seca, y a su mayor calidad la dotación que soportan los mejoramientos es muy superior a la que soporta el resto del predio.

4.3 EFECTO “RESIDUAL” DEL MEJORAMIENTO

De acuerdo a la revisión bibliográfica (Carámbula, 1991); los mejoramientos extensivos, a diferencia de una pradera convencional, permiten regresar al punto de partida en el caso de que la leguminosa sembrada se pierda por algún motivo. Es decir que si eso sucede, la producción de materia seca volvería a los niveles del campo natural sin mejorar.

4.3.1 Producción de materia seca del potrero N° 4

4.3.1.1 Producción anual

La producción de materia seca/hectárea/año de este potrero se presenta junto a la del campo natural superficial del predio (potrero 3) y al del campo natural profundo sobre Queguay Chico, en los años que se cuentan con registros.

Cuadro 42. Producción de materia seca (kg por hectárea por año) del mejoramiento 70/76.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
70/76	8.614	8144,5	7.229,1	6.122,6	7.672	7.002,3	5.333,7	7.796,9
Mejor	6.880	8.558	8.693	7.542	7.384	7.632	7.632	7.591
Q Ch	5.342,3	6.646,7	5.326,3	3.844,1	4.622,0			
C N p	5.691,8	4.576,2	4.050,7	2.902,5	4.741,9	3.384,7	2.884,2	3.933,3

La producción promedio de la pastura, que se realizó su siembra en el año 1970 y persistió la leguminosa hasta el año 1976, fue de 7.239 kg de materia seca por hectárea por año durante el período 1990/1998.

En la cuadro 43 se observan los valores de tasa de crecimiento promedio anual del mejoramiento 70/76, del promedio de los mejoramientos, del campo natural testigo del predio y del campo natural sobre Queguay - Chico.

Cuadro 43. Tasa de crecimiento promedio anual del promedio de los mejoramientos, del mejoramiento 70/76, del campo natural testigo del predio y del campo natural sobre Queguay – Chico en el período 1990/1998.

Año	Prom mejor	Mejor 70/76	C. N predio	C. N Q-Ch
90/91	21.82	24,71	16.52	14.68
91/92	26.78	22,20	12.29	18.28
92/93	27.28	20,22	11.25	14.65
93/94	23.67	17,90	8.42	10.58
95/95	22.85	21,89	13.53	12.70
95/96	24.08	19,52	9.35	
96/97	21.75	14,77	7.91	
97/98	23.85	22,10	10.96	

La tasa de crecimiento promedio anual del mejoramiento 70/76 fue de 20,2 kg de materia seca por hectárea por día, con una tasa de crecimiento mínima y máxima de 14,8 y 24,7 kg de materia seca, por hectárea por día respectivamente.

Tanto si observamos la producción de materia seca como kg/há/año o kg/há/día, observamos que la tasa de crecimiento promedio anual del mejoramiento 70/76 se mantiene, salvo en el año 90, por debajo del promedio de los mejoramientos y por encima de los dos campos naturales, en todos los años en que coinciden. En el promedio,

se mantiene esta tendencia pero observamos que el valor mínimo de tasa de crecimiento de los mejoramientos es menor al del mejoramiento 70/76.

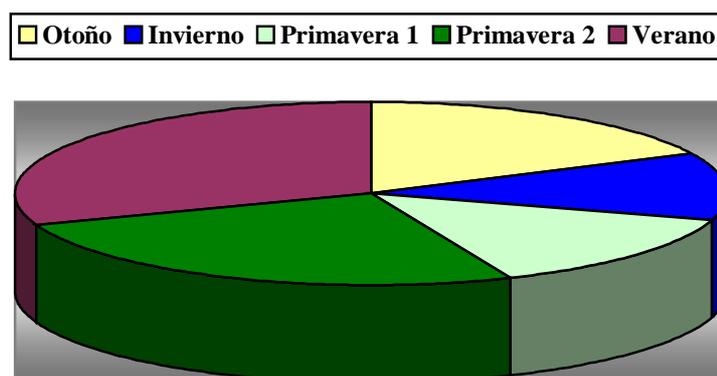
4.3.1.2 Producción de materia seca por estación

En el cuadro 44 se presenta la producción de MS por estación de crecimiento del mejoramiento 70/76.

Cuadro 44. Producción de MS promedio por estación del potrero N° 4 (1990/1998)

	Promedio	Desv estánd	% del total
Otoño	1.275	397	18
Invierno	836	306	12
Primavera 1	1.009	257	14
Primavera 2	1.849	655	26
Verano	2.271	677	31

Figura 21. Distribución estacional de la producción de MS en % para el mejoramiento 70/76

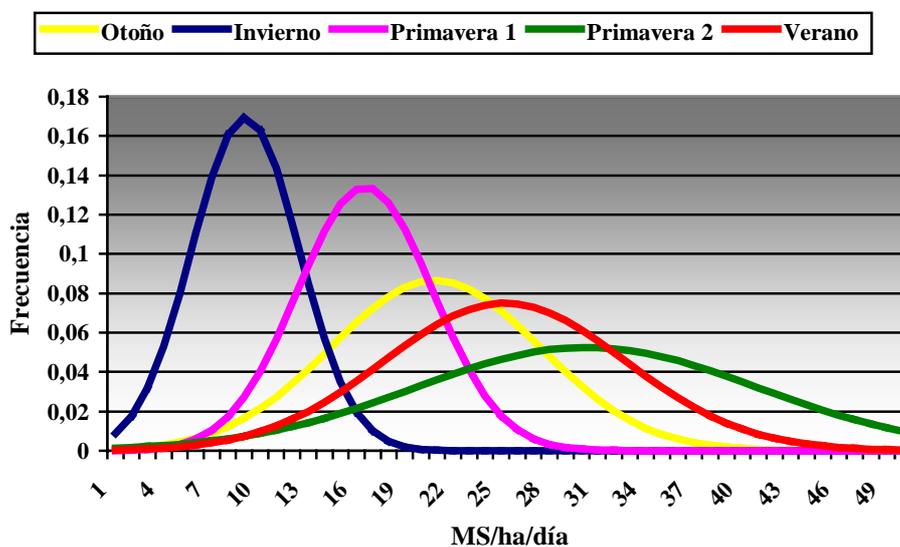


Los mayores aportes se dan en verano y primavera 2, también las de mayor variación según el desvío estándar mientras que invierno y primavera 1 aparecen como las estaciones menos productivas y de menor variación

Cuadro 45. Tasa de crecimiento por estación de crecimiento (1990/1998)

Estación de crecimiento	Ms/ha/día
Otoño	21
Invierno	9
Primavera 1	16
Primavera 2	30
Verano	25

Figura 22. Tasa de crecimiento por estación del mejoramiento 70/76 presentada como distribución normal.



El verano y la primavera 2 son las estaciones que en la figura presentan una mayor amplitud, lo que indicaría una mayor variación. Lo contrario ocurre en el invierno.

A modo de referencia se comparo la producción de MS por estación con los mejoramientos y el campo natural superficial testigo del predio. El campo natural profundo no se incluyó en la comparación debido a que los años en los que se efectuaron los cortes no coincidían con el resto de los potreros y eso podía afectar la comparación.

Cuadro 46. Producción estacional de materia seca (kg/ha) de los mejoramientos, del mejoramiento 70/76 y del potrero 3 durante el período 1990/1998.

	Otoño	Invierno	Primav 1	Primav 2	Verano
Prom mejor	1.210,8	1.052,8	1.366,5	2.061,5	2.949,9
Mejor 70/76	1.275,3	835,3	1.008,5	1.849,4	2.912,4
C. Nat pot 3	750,6	511,7	581,9	910,1	1.267,1

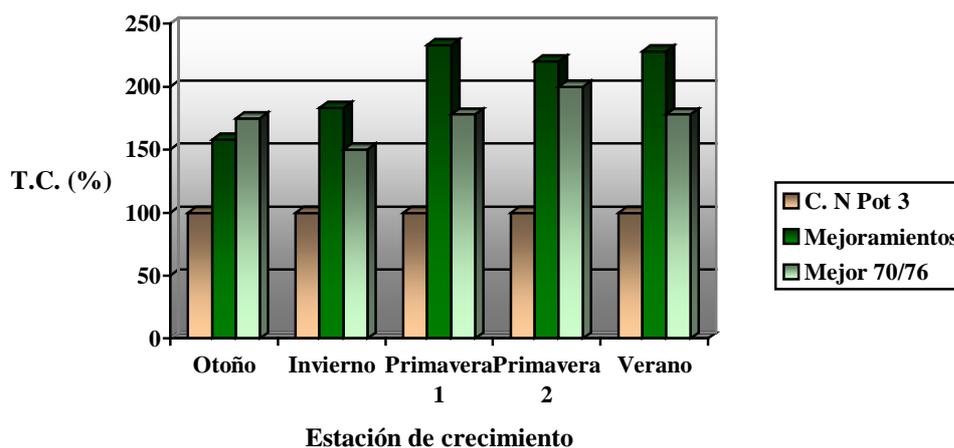
En el siguiente cuadro se presenta la tasa de crecimiento promedio del mejoramiento 70/76, del promedio de los mejoramientos y del campo natural en cada estación de crecimiento durante el período 1990/1998.

Cuadro 47. Tasa de crecimiento promedio (kgMS/ha/día) por estación

Estación	Mejor 70/76	Prom mejor	Campo nat
Otoño	21	19	12
Invierno	9	11	6
Primavera 1	16	21	9
Primavera 2	30	33	15
Verano	25	32	14

En la figura 18 Se tomó el valor de campo natural en cada estación como 100 y en base a esto expresan los valores del promedio de los mejoramientos y del mejoramiento 70/76 en cada estación

Figura 23. Tasa de crecimiento por estación del campo natural potrero 3, de los mejoramientos y del mejoramiento 70/76



El mejoramiento 70/76 supera a los mejoramientos en otoño, y es superado por estos en las demás estaciones.

En la comparación con el campo natural, supera a este en producción en todas las estaciones de crecimiento, siendo el invierno la estación en que la diferencia es menor. a partir de primavera 2 hasta el otoño, no existiendo diferencias en invierno y primavera 1.

En la situación analizada, la pérdida del componente leguminosa de un mejoramiento de seis años, no significó el retorno a los niveles originales de producción, sino que se mantiene en una situación mejor como puede observarse en los datos presentados

Este efecto residual no ha dejado de manifestarse en ninguno de los años en los que se ha realizado los cortes, destacando que en el último año de registros hacía veintinueve años que se había perdido las leguminosas y suspendido las refertilizaciones con P, sin que fuera agregado ningún otro tipo de fertilizante.

Este efecto residual podría deberse a que con los mejoramientos se eleva el nivel de nutrientes del suelo, lo que posibilitaría el desarrollo de nuevas especies más exigentes, a la vez que se incrementa la producción de las especies ya existentes. Esta mayor producción, implicaría una mayor descomposición radicular, lo cual, junto con el nitrógeno fijado mientras estuvieron las leguminosas, incrementaría la materia orgánica

del suelo, la cual sería responsable de la mayor producción de un campo que fue mejorado frente a un campo natural.

4.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA

En la búsqueda de relaciones entre distintos factores y la producción de forraje, se realizó un análisis estadístico, buscando interacciones entre la producción de materia seca y; tipo de pastura, componentes del clima, estación de crecimiento, y edad de los mejoramientos. Con los factores que resulten significativos en el análisis se trató de obtener modelos de predicción del crecimiento de la pastura.

Cuadro 48. Significación del modelo 1.

	R ²	C. v	Pr > F
Modelo 1	0,66	30,8	0,0001

El modelo fue altamente significativo, y explica el 66 % de los resultados.

Cuadro 49. Incidencia de las variables analizadas en la producción de materia seca.

<i>Variable</i>	<i>Grado de significación</i>
Estación	0,0001
Pastura	0,0001
Estación*Pastura	0,0953
Temperatura máxima	0,0001
Temperatura mínima	0,0001
Temperatura media	0,5497
Balance prec/evap estacion	0,9677
Precipitación estacional	0,8916
Balance prec/evap estación ant	0,3616
Precipitación estación anterior	0,2434

De acuerdo a estos resultados, la estación, pastura, temperatura máxima y temperatura mínima son altamente significativas, la interacción estación pastura lo es con un nivel de significación del 10 % y las demás variables no estaría incidiendo en la producción de MS.

4. 4. 1 Tipo de pastura

Como se vió anteriormente, el tipo de pastura tiene una gran importancia en la producción de MS.

Cuadro 50. Tasa de crecimiento de los mejoramientos, del mejoramiento 70/76 y del campo natural del predio.

Tipo de pastura	T. C. promedio anual kgMS/ha/día
Promedio de los mejoramientos	25,5 a
Mejoramiento 70/76	20,2 b
Campo natural del predio	10,8 c

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas al 5 %

Con el mismo modelo, se puede predecir el comportamiento anual de los tres tipos de pastura. En el cuadro 50, se toma la tasa de crecimiento promedio anual del mejoramiento 70/76 como 0 y en base a eso se predicen los valores de tasa de crecimiento promedio anual de los mejoramientos y del campo natural.

Cuadro 51. Predicción de la tasa de crecimiento (MS/ha/día) de las tres pasturas analizadas.

Pasturas	T. C.
Mejoramiento 70/76	0
Campo Natural	- 11
Mejoramientos	+ 4

En promedio, el campo natural producirá aproximadamente 11 kg de MS por hectárea por día menos que el mejoramiento 70/76 y los mejoramientos producirán aproximadamente 4 kg de MS por hectárea por día más que este.

4. 4. 2 Estación de crecimiento

Se analizaron los datos de producción de MS y estación de crecimiento para los mejoramientos y el campo natural por separado .

Cuadro 52. Tasa de crecimiento (kgMS/ha/día) por estación de crecimiento del campo natural (1987 - 1998).

Estación de crecimiento	kgMs/ha/día
Otoño	12 a
Invierno	5 b
Primavera 1	9 a
Primavera 2	14 a
Verano	13 a

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas

De acuerdo a estos resultados, para campo natural en cuanto no existirían diferencias estadísticamente significativas entre la tasa de crecimiento de otoño, primavera 1, primavera 2 y verano, siendo la tasa de crecimiento de invierno diferente a todas.

Cuadro 53. Tasa de crecimiento (kgMS/ha/día) por estación de crecimiento de los mejoramientos (1986 - 1998).

Estación de crecimiento	kgMs/há/día
Otoño	18 c
Invierno	11 d
Primavera 1	22 b
Primavera 2	33 a
Verano	32 a

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas

Para los mejoramientos no habría diferencias entre las producciones de primavera 2 y verano, existiendo si diferencias en todas las demás estaciones.

Cuadro 54. Tasa de crecimiento (kgMS/ha/día) por estación de crecimiento del promedio del mejoramiento 70/76 (1990 - 1998).

Estación de crecimiento	kgMs/há/día
Otoño	21 b
Invierno	9 c
Primavera 1	16 b
Primavera 2	30 a
Verano	25 a b

En el caso del mejoramiento 70/76 se observa una mayor diferenciación estacional que el campo natural y menor que los mejoramientos.

Estos datos coincidirían con la bibliografía revisada, la cual dice que los suelos de la región de basalto muestran las mayores producciones en primavera verano y la menor en invierno. En invierno, las bajas temperaturas caen por debajo del límite inferior de las especies estivales, la producción de materia seca esta dada solamente por las especies de invierno, lo que explicaría que sea la estación menos productiva.

Con los mejoramientos de campo, se cambia la composición de la pastura, el aporte de las especies invernales es mayor que en un campo natural, lo que provoca una mayor diferenciación en la producción de materia seca en cada estación

Este cambio en la composición de la pastura se mantiene aún luego de perder el componente leguminosa, lo que explicaría las diferencias en la distribución del forraje del mejoramiento 70/76 con el campo natural.

Para las predicciones del comportamiento de los tres tipos de pasturas en cada estación de crecimiento, se tomó nuevamente a la tasa de crecimiento del mejoramiento 70/76 como 0 en cada estación y en base a ese valor se expresan los resultados de los mejoramientos y del campo natural.

Cuadro 55. Predicciones de tasa de crecimiento (MS/ha/día) para las tres pasturas analizadas

Pastura	Otoño	Invierno	Primavera 1	Primavera 2	Verano
Mej 70/76	0	0	0	0	0
C. N	- 9	- 3	- 6	- 16	- 11
Mejor	- 2	+ 2	+ 6	+ 4	+ 4

4. 4. 3 Factores del clima

4. 4. 3. 1 Análisis global

De las variables climáticas analizadas, las que inciden en la producción de materia seca según los resultados del modelo 1 (ver cuadro 49), aparecen como muy importantes la temperatura máxima y mínima, mientras que de acuerdo a estos resultados, la temperatura media, precipitación y balance en la estación de crecimiento y en la estación anterior no tienen incidencia en la producción de materia seca.

A las variables que resultaron significativas se les halló para las tres pasturas, modelos de predicción de producción de materia seca.

Cuadro 56. Modelos de predicción de crecimiento anual de materia seca y temperaturas máxima y mínima para diferentes tipos de pastura.

	Temperatura máx	Temperatura mín
Campo natural	- 0,78x + 11,83	2,12x + 11,83
Mejoramientos	- 0,78x + 23,58	2,12x + 23,58
Mejoramiento 70/76	- 0,78x + 21,37	2,12x + 21,37

4. 4. 3. 2 Análisis por estación

Para el análisis individual de cada estación de crecimiento, se utilizó el modelo 2.

Cuadro 57. Significación del modelo utilizado en cada estación de crecimiento

Estación de crec	R ²	C. V	Pr > F
Otoño	0,53	20,5	0,0003
Invierno	0,50	40,5	0,0001
Primavera 1	0,41	36,5	0,0052
Primavera 2	0,66	22,8	0,0001
Verano	0,55	31,0	0,0001

Exceptuando a la primavera 1, el modelo fue muy significativo en todas las estaciones de crecimiento.

La incidencia de las variables analizadas en cada estación de crecimiento puede observarse en el cuadro 57.

Cuadro 58. Incidencia de las variables climáticas analizadas en la producción de materia seca en cada estación de crecimiento.

Variable	Otoño	Invierno	Primavera 1	Primavera 2	Verano
Pastura	0,0002	0,0013	0,0008	0,0001	0,0005
T máx	0,0859	0,4828	0,1275	0,0418	0,1160
T mín	0,0866	0,4735	0,1215	0,3717	0,0625
T med	0,0861	0,4801	0,1240	0,0170	0,2117
Bpevest	0,2432	0,0419	0,0991	0,1792	0,1733
Pest	0,2469	0,0354	0,1266	0,0407	0,3659
Bpevesta	0,7194	0,0029	0,4987	0,2703	0,6067
Pesta	0,1840	0,0035	0,5413	0,2019	0,6001

El tipo de pastura resultó altamente significativo en todas las estaciones de crecimiento.

En otoño, con un nivel de significación del 10 %, las variables climáticas que inciden son la temperatura máxima, mínima y media

En primavera 1, aparece como significativa al 10 % el balance entre precipitación y evapotranspiración.

En primavera 2, las variables que estaría influyendo con un grado de significación del 5 % son la temperatura máxima, media y la precipitación.

En base a estos resultados, en otoño, el factor climático que influye en la producción de materia seca es la temperatura, luego en invierno y primavera 1 lo es la disponibilidad de agua (pest, bvest, bpevesta y pesta), en primavera 2 influyen ambas variables y en verano la temperatura es la variable climática que estaría incidiendo en la producción de materia seca.

Sorprende que en verano, las variables relacionadas a la disponibilidad de agua no hallan aparecido como significativas, sobre todo si pensamos en que las especies tropicales no tienen dificultad en crecer a altas temperaturas (Mc William 1978; Snaydon 1984), y hay un déficit entre la precipitación y la evapotranspiración (ver cuadro 31).

Una explicación es que sea otra variable relacionada con el agua la que esté incidiendo. Una posible variable podría ser el agua almacenada en el suelo, que no se tomó en cuenta en este análisis.

Para cada estación de crecimiento y para cada tipo de pastura se hallaron modelos de predicción de la producción de MS relacionada a las variables que dieron significativas en cada estación. Los modelos se presentan en los cuadros 59 al ¿?,

Cuadro 59. Modelos de predicción de producción de materia seca y variables climáticas para diferentes tipos de pastura en otoño.

	Temperatura máx	Temperatura mín	Temperatura med
Campo Natural	12,9 – 1812x	12,9 – 1814x	12,9 + 3624x
Mejoramientos	20,0 – 1812x	20,0 – 1814x	20,9 + 3624x
Mejoramiento 70/76	22,6 – 1812x	22,6 – 1814x	22,6 + 3624x

Cuadro 60. Modelos de predicción de producción de materia seca y variables climáticas para diferentes tipos de pastura en invierno.

	Bpvest	Pest	Bpevesta	Pesta
Campo Natural	$6,8 + 0,5x$	$6,8 - 0,5x$	$6,8 - 0,2x$	$6,8 + 0,2x$
Mejoramientos	$11,0 + 0,5x$	$11,0 - 0,5x$	$11,0 - 0,2x$	$11,0 + 0,2x$
Mejoramiento 70/76	$9,5 + 0,5x$	$9,5 - 0,5x$	$9,5 - 0,2x$	$9,5 + 0,2x$

Cuadro 61. Modelos de predicción de producción de materia seca y variables climáticas para diferentes tipos de pastura en primavera 1.

	Bpevest
Campo Natural	$9,3 - 0,6x$
Mejoramientos	$22,0 - 0,6x$
Mejoramiento 70/76	$15,7 - 0,6x$

Cuadro 62. Modelos de predicción de producción de materia seca y variables climáticas para diferentes tipos de pastura en primavera 2.

	Temperatura máx	Temperatura med	Pest
Campo Natural	$14,0 - 4x$	$14,0 + 26x$	$14,0 + 0,1x$
Mejoramientos	$34,4 - 4x$	$34,4 + 26x$	$34,4 + 0,1x$
Mejoramiento 70/76	$30,7 - 4x$	$30,7 + 26x$	$30,7 + 0,1x$

Cuadro 63. Modelos de predicción de producción de materia seca y variables climáticas para diferentes tipos de pastura en verano.

	Temperatura med
Campo Natural	$15,3 - 1,4x$
Mejoramientos	$30,5 - 1,4x$
Mejoramiento 70/76	$26,6 - 1,4x$

4.4.4 Edad del mejoramiento

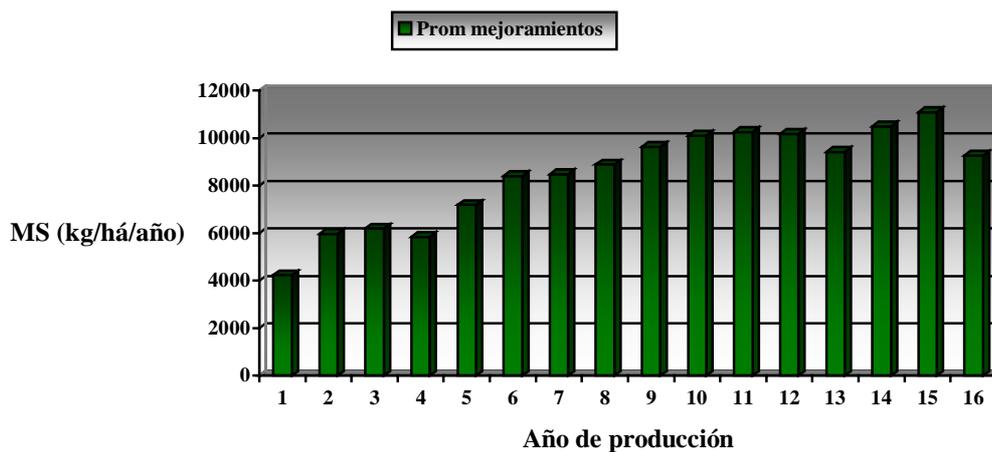
Se agrupan los datos producción de materia seca teniendo en cuenta la edad del mejoramiento con independencia al potrero o al año que correspondan.

El siguiente cuadro resume la evolución de la productividad de los distintos mejoramientos a lo largo de los doce años de registros. Cuando se inician los registros, ejercicio 1986/87, algún potrero iniciaba su mejoramiento ese año, otros llevaban dos o mas años de iniciados. Ejemplo; el potrero n°. 7 se encontraba en su primer año, el potrero 6, en su segundo año y el potrero 9 en su quinto año. Por mejoramiento de edad o año 0 se designa la producción del campo natural en ese ejercicio de corte.

Cuadro 64. Evolución de la producción de materia seca (kg/há/año) con la edad del mejoramiento.

Siembra Año mejor	Abr. – 89 Pot. 10	Abr.– 87 Pot 8	May.- 86 Pot 7	Abr. – 85 Pot 6	Abr. – 82 Pot 9	Promedio Ajustado
0						4062,9
1	7.541,93	5.482,79	3.941,93			4.237,7
2	7.666,22	3.771,12	6.877,14	5.589,96		5.980,9
3	6.574,16	8.011,03	3.922,25	8.185,87		6.196,5
4	6.202,87	5.955,74	7.887,76	4.326,52		5.838,3
5	6.916,79	7.809,78	7.377,76	9.363,49	9.349,00	7.190,3
6	7.632,62	9.543,66	9.339,08	7.186,88	10.803,25	8.406,1
7	7.169,91	8.892,82	9.349,20	11.045,58	5.278,57	8.476,4
8	8.692,45	9.740,88	8.412,86	10.402,42	10.195,42	8.882,2
9		9.277,66	9.313,76	8.095,70	9.650,40	9.639,2
10		7.970,60	9.232,18	8.292,47	12.299,91	10.105,3
11		8.086,22	8.173,64	7.778,38	13.003, 9	10.259,8
12			8.734,75	7.763,93	10.576,07	10.173,1
13				9.141,37	8.026,36	9.414,2
14					9.532,15	10.492,3
15					9.015,20	11.100,8
16					8095,11	9.264,4

Figura 24. Producción de materia seca de los mejoramientos con la edad



Cuadro 65. Significación del modelo 3.

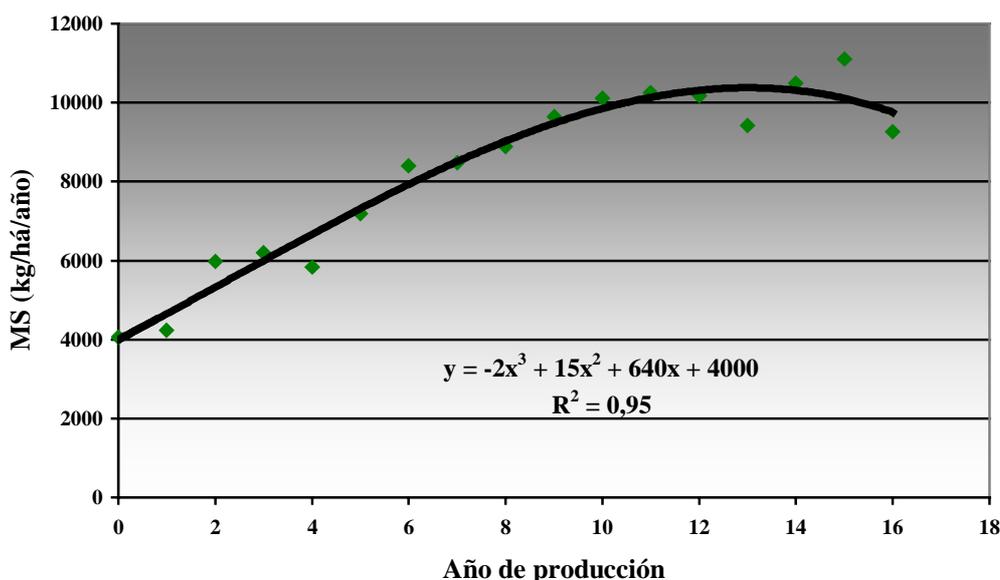
Variable	R ²	Coef. De Variac	F
Modelo 3.	0,84	12,8	< 0,0001

Cuadro 66. Significación de la variable edad dentro del modelo.

Variable	Grado sig
Año	< 0,0001
Edad	0,0004

Este modelo fue altamente significativo y presenta una concordancia muy alta con los resultados obtenidos. El valor de 0,84 para R², significa que el modelo explica el 84 % de los resultados. A los datos promedio de producción por edad, se les ajustó una función de tercer grado que fue la que presenta mejor correlación.

Figura 25. Correlación entre la producción de materia seca y la edad de los mejoramientos



La gráfica y la ecuación, muestran una clara relación entre la producción de materia seca y la edad del mejoramiento. Luego de los primeros años, se produce un aceleramiento de la producción que finalmente se estabiliza alrededor del decimotercer año.

En estos mejoramientos no se midió objetivamente el incremento de las especies invernales, aunque subjetivamente se pudo apreciar se pudo apreciar la aparición de *Lolium multiflorum* luego del tercero o cuarto año, y un incremento en las poblaciones de *Poa lanigera*, *Stipa setigera* y *Bromus Auleticus*.

Trabajos de Bemhaja y Berretta (1987) y Berretta y Levratto (1990) en ensayos de mejoramientos extensivos observaron un cambio cualitativo en la vegetación, con un aumento de las especies perennes invernales, además de la leguminosa introducida.

Harper (1978), cita un experimento de Turkington 1975 el cual colectó especies de *Trifolium repens* junto con matas de cuatro gramíneas diferentes. Luego de una estación de crecimiento, el trébol fue cosechado para hacer peso seco. El rendimiento de las muestras de trébol dependió de las especies junto con las cuales ellos fueron sembradas

($P < 0,01$), las plantas de *T. Repens* difirieron entre ellos ($P < 0,01$) en su crecimiento según las gramíneas que los acompañaban y fue que las plantas individuales de trébol y las especies individuales de gramíneas, tuvieron una interacción significativa ($P < 0,05$) en la cual cada planta de trébol tiende a crecer mejor cuando está asociado con la especie de gramínea de la cual ha sido muestreado en el campoco. Basándose en resultados experimentales Harper concluye que la pastura es una comunidad evolutiva, dentro de la cual se van estableciendo relaciones entre las plantas de esa pastura.

Más recientemente, Olmos (2000), recolectando plantas de trébol blanco de distintos lugares (entre ellos de estos mejoramientos) y comparando su comportamiento en los distintos ambientes, encontró que cada genotipo de trébol blanco se comportaba mejor en el ambiente en que fue recolectado o en uno similar, que en ambientes diferentes al que fue recolectado.

La evolución constante de la pastura, el cambio en las frecuencias de las especies y el establecimiento de relaciones ente los distintos componentes de esta podrían explicar el aumento de la producción de materia seca con la edad del mejoramiento como resultado de esa evolución e interacción de los componentes de la pastura.

Para analizar el ritmo de incremento de la tasa de producción anual de los mejoramientos, se estimó el incremento anual a través de los valores de la función de ajuste.

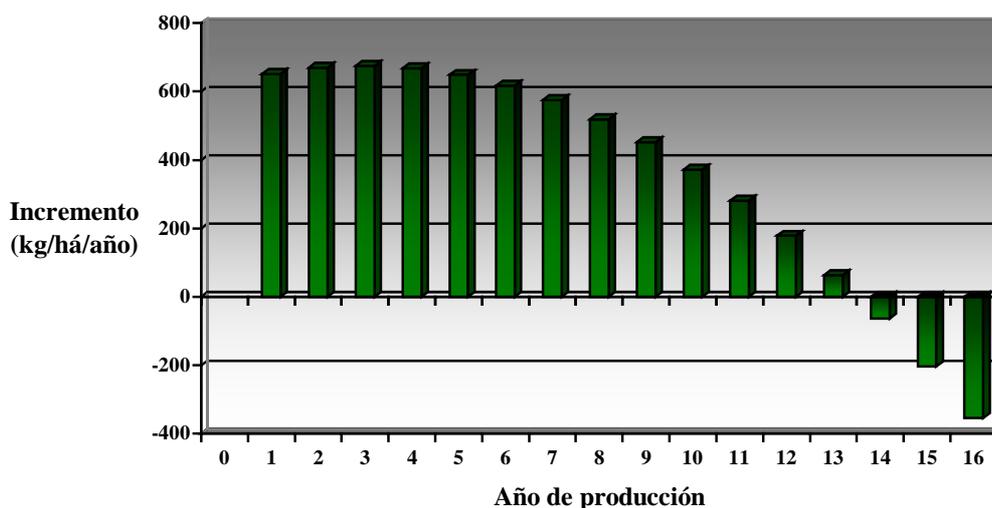
Cuadro 67. Incrementos anuales de la producción de materia seca.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Val Y	4000	4652	5322	5996	6664	7312	7930	8505	9024
Inc an		652	670	675	668	649	618	575	519

Año	9	10	11	12	13	14	15	16
Val Y	9476	9850	10132	10311	10374	10311	10108	9754
Inc an	452	373	282	179	64	-63	-203	-354

Los mejoramientos muestran un incremento de su tasa anual de producción de materia seca hasta el cuarto año, a partir de éste, se percibe una disminución de la tasa de incremento hasta que alrededor del duodécimo al decimocuarto año cuando se estabiliza para luego iniciar un declive.

Figura 26. Evolución del incremento de la producción de materia seca de los mejoramientos con la edad



En el año 1995 el Ing. Fernando Olmos realizó una recolección de tréboles en uno de los potreros mejorados que contaba en ese momento con 14 años de edad.

Los resultados obtenidos mostraron a las poblaciones obtenidas de los mejoramientos en estudio como una de las que presentaban menor tamaño de planta y menor tamaño de la hoja. También fue una de las poblaciones que presentó un mayor score de daño por enfermedades, estos factores nos harían pensar en una baja productividad de la leguminosa, factor que podría explicar en parte la caída de los incrementos de producción. También podrían explicar la desaparición del componente leguminosa de estos mejoramientos durante los años 1998 y 1999.

4.5 ALTURA DE LA PASTURA

4.5.1 Altura promedio anual

A continuación se presenta la altura promedio de los mejoramientos (1986/1998), del campo natural testigo del predio (1987/1998) y del mejoramiento 70/76 (1990/1998).

Cuadro 68. Altura promedio anual del campo natural, mejoramientos y mejoramiento 70/76.

Pastura	Media	Desv Est	Mínimo	Máximo
Prom mej	42	4	21	69
C. N predio	21	3	16	26
Mej 70/76	32	4	26	36

Al igual que lo ocurrido en producción de materia seca y tasa de crecimiento los mínimos valores de altura media se corresponden con el campo natural, los máximos con el promedio de los mejoramientos y el mejoramiento 70/76 se mantiene en el medio. En lo que se refiere a la altura mínima, el mejoramiento 70/76 supera al promedio de los mejoramientos.

Mediante el sistema de análisis estadístico SAS usando el modelo 4 se buscó encontrar una regresión entre el crecimiento de la pastura y la altura al momento del corte. Se analizó por separado el campo natural, los mejoramientos y el mejoramiento 70/76.

Cuadro 69 Significancia del modelo 4 en las tres pasturas.

	Variable	R ²	Coef var	kg MS/cm	F
C. N	Altura	0,62	40,1	203	< 0,0001
Prom Mej	Altura	0,69	30,3	154	< 0,0001
Mej 70/76	Altura	0,69	42,7	223	< 0,0001

Cuadro 70. Modelos de estimación de MS con la altura para los tres tipos de pasturas.

Tipo de pastura	Modelo de predicción
Campo natural	- 76 +203x
Mejoramientos	326 + 154x
Mejoramiento 70/76	38 + 223x

A modo de comparación se tomaron datos de cortes de pastura y mediciones con regla de campo natural y mejoramientos de campo de Montossi et al. (1998) y San Julián et al. (1998), se dividió la materia seca por los cm obteniéndose una estimación de materia seca por cm.

Cuadro 71 Estimación de materia seca por cm de altura para campo natural y mejoramientos. Promedio de los años 1996 - 1997. Datos de Montossi (1998) et al y San Julián et al (1998)

	Campo Natural	Mejoramientos
Kgs mat seca/cm	291	297

Los datos obtenidos de bibliografía muestran más materia seca por cm de altura que los datos del trabajo. Estas diferencias pueden ser debidas a diferencias en la estructura del tapiz, lo que hace variar los kg de materia seca por cm. Hay varios factores que pueden hacer variar la estructura del tapiz. En primer lugar, las especies de la pastura y en que proporción se encuentran (García 1995). Según San Julián (1998), los mejoramientos sobre los cuales se desarrollaron sus ensayos tenían una proporción de leguminosas muy baja. Otros factores pueden ser: manejo del pastoreo, edad de la pastura y fertilidad (García 1995).

4. 5. 2 Crecimiento en altura por estación

En el cuadro ¿? se presentan los valores de crecimiento en altura promedio por estación del promedio de los mejoramientos, del campo natural del predio y del mejoramiento 70/76.

Cuadro 72. Centímetros de altura por estación de crecimiento

Estación	C. N	M70/76	Mejor
Otoño	3	5	6
Invierno	3	4	5
Primavera 1	3	5	8
Primavera 2	6	7	11
Verano	7	13	14

Al analizar estos datos con el sistema SAS, el modelo utilizado no fue significativo para campo natural y para el mejoramiento 70/76, por lo que la regresión entre kilogramos de materia seca por hectárea y los cm de altura por estación de crecimiento se sacaron solamente para el promedio de los mejoramientos.

Cuadro 73. Kilogramos de materia seca por cm de altura por estación de crecimiento para el promedio de los mejoramientos.

Estación	Ecuación	R ²	Coef var	Kg MS/cm	F
Otoño	MS= 213 + 152x	0,71	16,2	152	< 0,0001
Invierno	MS= -38 + 279x	0,54	36,2	210	< 0,0001
Primav 1	MS= 133 + 161x	0,55	25,2	162	< 0,0001
Primav 2	MS= 1.225 + 71x	0,40	24,1	71	< 0,0001
Verano	MS= 1.165 + 22x	0,50	21,4	123	< 0,0001

De acuerdo a lo dicho por García (1995), la estación del año es uno de los factores que hacen variar la estructura del tapiz y por ende los kg de materia seca por cm de altura. Es de esperarse que en invierno, las pasturas se encuentren en estado vegetativo, más pegadas al piso, por lo que los kg de materia seca por cm serán más altos que en primavera tardía y verano estaciones en que las plantas están en etapa reproductiva, las gramíneas con macollos más erectos y las leguminosas con pecíolos más largos.

5 CONCLUSIONES

Los mejoramientos de campo natural con trébol Blanco y Lotus produce más que el campo natural, incrementando su aporte invernal.

Este aumento es independiente de la profundidad del de suelo, aunque si se observan diferencias en la comparación de producción por estación de crecimiento. Mientras que en un campo superficial las máximas diferencias se dan en primavera verano, siendo el otoño la estación donde esta es mínima, en un campo profundo las mayores diferencias se dan en invierno y primavera temprana y en verano no se observan diferencias en cuanto a producción de materia seca.

La producción de los mejoramientos se va incrementando junto con su edad, a medida que el mejoramiento incrementa su persistencia, la producción aumenta. Los incrementos se producen a tasas crecientes en los primeros años para luego estabilizarse y finalmente marcar una leve tendencia decreciente.

Si se mantienen las condiciones adecuadas: refertilización + manejo del pastoreo (limpieza y alivio) la pastura mejorada mantiene buenos niveles por largos períodos.

Existe un efecto residual del de mejoramiento, el potrero que se ha mejorado durante el período de estudio mantuvo una productividad superior a la de la pastura original, considerando que el último registro se tomó a los 27 años de implantado el mejoramiento original.

Los resultados obtenidos con los datos manejados indican que la temperatura y la disponibilidad de agua varían su influencia en la producción de materia seca de acuerdo a la estación en que se la estudie.

Se pueden hacer estimaciones de la producción de materia seca con la altura de la pastura. Estas estimaciones tendrán más precisión cuanto mayor sea el número de datos. Esto sería una práctica para ayudar en el manejo del campo, para tomar decisiones sobre el pastoreo.

6 RESUMEN

La implantación de los mejoramientos en el predio fue con el propósito de aumentar la producción de materia seca del campo natural, mejorar su distribución y su calidad.

La pastura es la consecuencia de; factores climáticos que acotan la vegetación; los suelos que le imponen limitaciones, y de los animales que modifican su forma y su composición.

De esta manera la pastura con la composición actual y su productividad, es el resultado del medio ambiente actuando sobre la comunidad. Existe en cierta medida un determinismo. La pastura y su productividad son una consecuencia del medio en que se desarrolla.

Pensar en modificar la producción, distribución o calidad de la pastura, implica modificar este medio. Estas modificaciones deben tener permanencia en el tiempo, pues la pastura reacciona lentamente a los cambios. En caso que no se mantenga, la pastura retrotraerá al equilibrio inicial.

Sobre estos conceptos se llevó a cabo el proceso de mejoramiento de la pastura del predio. Las modificaciones realizadas al medio en este caso fueron: el aporte de minerales ya sea directamente por fertilización como en el caso del fósforo y del azufre o indirectamente por fijación biológica como en el caso del nitrógeno, que se encontraban en baja cantidad para el desarrollo de las especies invernales; la eliminación por pastoreo de las fracciones menos eficientes de la pastura, evitando la selección y sobrepastoreo en contra de las especies mejores, ajustando la carga a la tasa de crecimiento y envejecimiento de la pastura, combatiendo la presencia de especies indeseables (tanto por manejo, control mecánico o químico) y la introducción de especies que mejoren oferta y calidad y ocupen nichos (lugares) desaprovechados.

La producción de materia seca de los mejoramientos en estudio (8.146 kgMS/ha/año) superó ampliamente a la de los campos testigos (4.063, 4.576 kgMS/ha/año) en todos los años de registros, mejorando el aporte en otoño, invierno y primavera. En verano, la tasa de crecimiento de los mejoramientos, aunque superior a la del campo natural superficial, no mostró diferencias con la del campo natural profundo. Lamentablemente en este caso, al contarse con solamente tres años de registros no pueden sacarse muchas conclusiones.

En lo que se refiere a los factores que influyen en la producción de materia seca, se encontró una alta correlación con la edad del mejoramiento. La producción de materia seca aumenta a medida que aumenta la edad del mejoramiento. Estos incrementos son mayores

en los primeros, luego se van haciendo menores hasta estabilizarse y finalmente se hacen menores cada año.

Puede decirse que el sistema de mejoramiento de la pastura aplicado condujo a una evolución hacia una comunidad más productiva y mas estable a ese nuevo ambiente modificado, en donde las especies actuales mejoraron su comportamiento y se aumentó la frecuencia de especies de mejor calidad y que al dejar de aplicarse por la pérdida de las especies introducidas, la pastura quedó con una mayor producción (7.239 kgMS/ha/año) y a pesar de que la distribución por estación es semejante a la del campo natural, el déficit invernal es menor.

7 SUMMARY

The implantation of the improvements in the estate was in order to increase the production of dry matter of the natural field, to improve its distribution and its quality.

The pasture is the consequence of; climatic factors that limit the vegetation; the grounds that impose limitations to him, and of the animals that modify their form and its composition.

This way the pasture with the present composition and its productivity, is the result of the medio.ambiente acting on the community. A determinism exists to a certain extent. The pasture and its productivity are a consequence of the means in which it is developed.

To think about modifying the production, distribution or quality of the pasture, implies to modify this means. These modifications must have permanence in the time, because the pasture reacts slowly to the changes. In case one does not stay, the pasture will retrotraerá to the initial balance.

On these concepts the process of improvement of the pasture of the estate was carried out. The modifications made to means in this case were: the mineral contribution or directly by fertilization as in the case of phosphorus and sulfur or indirectly by biological fixation as in the case gives nitrogen, that was in low amount for the development of the winter species; the elimination by pasturing of the less efficient fractions of the pasture, avoiding the selection and sobrepasturing against the best species, fitting to the load to the rate of growth and aging of the pasture, fighting the presence of undesirable species (as much by handling, mechanical or chemical control) and the introduction of species that improve supply and quality and occupy niches (places) low-achieving.

The production of dry matter of the improvements in study (8,146 kgMS/ha/año) widely surpassed to the one of the fields witnesses (4,063, 4,576 kgMS/ha/año) in every year of registries, improving the contribution in autumn, winter and spring. In summer, the rate of growth of the improvements, although superior to the one of the

superficial natural field, did not show differences with the one of deep the natural field. Lamentably in that case, when counting itself on only three years of registries many conclusions cannot remove.

In which one talks about the factors that influence in the production of dry matter, was a high correlation with the age of the improvement. The production of dry matter increases as it increases the age of the improvement. These increases are greater in first, soon they are become smaller until becoming stabilized and finally they are made minors every year.

It can be said that the system of improvement of the applied pasture lead to a evolution towards one more a more productive community and but stable to that new modified atmosphere, in where the present species they improved his behavior and the frequency was increased of species of better quality and than when letting be applied by the loss of the introduced species, the pasture was with a greater production (7,239 kgMS/ha/año) and although the distribution by station is similar to the one of the natural field, the winter deficit is smaller.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALZUGARAY, P.; BECOÑA, S.; REBOLLO, A.; MALLARINO, P.; CASANOVA, O. 1982. Efecto residual de la fertilización fosfatada inicial y efecto de la refertilización en la producción de las leguminosas forrajeras. In: Reunión Técnica (5ª, 1982, Montevideo, Uruguay). Universidad de la República. Facultad de Agronomía. p. 48.
2. ARANA, S.; PIÑEIRO, G. 1999. Déficit hídrico y manejo: su influencia en la demografía y producción de trébol blanco. Tesis Ing Agr., Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. 109 p.
3. ARIAS, W. 1963. Problemas del Basalto. Montevideo. Anuario de la Sociedad de Mejoramiento de Praderas, p.161-170.
4. (-----); INDARTE, E. 1967. El manejo de las pasturas mejoradas. Montevideo: Ministerio de Ganadería y Agricultura. Comisión Honoraria del Plan Agropecuario. Boletín de Extensión N° 5. 12 p.
5. AYALA, W.; CARAMBULA, M. 1994. Nitrógeno en campo natural. In: Morón, A.; Risso, D.F. Nitrógeno en pasturas. Montevideo: INIA. p. 33-42. (Serie Técnica N° 51)
6. AZZIZ, J.; JONES, G.; SALABERRY, M. 1994. Relevamiento de recursos naturales. Trabajo de Taller II. Montevideo. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay. 38 p.
7. HOFSTADER, R.; DURAN, P.; REBOSSIO, A; GARCIA, M.; ROMERO, M. G y BACCINO, G. 1994. Curso de riego y drenaje. Montevideo: Facultad de Agronomía. Universidad de la República. 290 p.
8. BAETHGEN, W. E. 1992. Dinámica del nitrógeno en los sistemas de rotación cultivos - pasturas. Revista INIA de Investigaciones Agronómicas, 1(2) 3-25.
9. BARAIBAR, A. 1994. Fijación biológica del nitrógeno. Estrategias para su maximización. In: Morón, A.; Martino, D.; Restaino, E. Manejo y fertilidad de suelos. INIA La Estanzuela. Montevideo: INIA. p. 23-26. (Serie Técnica N° 42)
10. BEMHAJA, M. 1983. Métodos de implantación de leguminosas en un suelo profundo de basalto. In: Reunión Técnica (6ª, 1983, Montevideo, Uruguay). Montevideo. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. p. 80.

11. (-----); LEVRATTO, J. 1987. Alternativas para incrementar la producción de pasturas con niveles controlados de insumos en suelos de areniscas y de basalto. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Area Tropical y Subtropical, Grupos Campos y Chaco (9ª, 1987, Tacuarembó, Uruguay). Tacuarembó: MGAP. CIAAB. Estación Experimental del Norte. p. 105-106.
12. (-----); BERRETTA, E. J. 1991. Respuesta a la siembra de leguminosas en basalto profundo. INIA Tacuarembó. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Serie Técnica N° 13. pp 103 – 114.
13. (-----). 1994. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. INIA La Estanzuela. Nitrógeno en pasturas. Serie Técnica N° 51 pp 49 – 56.
14. (-----). 1996. Producción de pasturas en basalto. INIA Tacuarembó. Producción y manejo de pasturas. Serie Técnica N° 80. pp 231 – 239.
15. (-----). 1998. Mejoramiento de campo en basalto profundo. Evaluación de leguminosas: géneros, especies y variedades. INIA Tacuarembó. Seminario de actualización en tecnologías para basalto. Serie Técnica N° 102. pp 33 – 41.
16. (-----). 1998. Mejoramiento de campo: manejo de leguminosas. INIA Tacuarembó. Seminario de actualización en tecnologías para basalto. Serie Técnica N° 102. pp 53 – 61.
17. (-----). 1998. Mejoramiento de campo: fertilización fosfatada. INIA Tacuarembó. Seminario de actualización en tecnologías para basalto. Serie Técnica N° 102. pp 75 – 82.
18. (-----). 1998. Caracterización de mejoramiento de campo bajo diferentes cargas con novillos durante tres años. INIA Tacuarembó. Seminario de actualización en tecnologías para basalto. Serie Técnica N° 102. pp 83 – 90.
19. (-----); RISSO, D. F y ZAMIT, W. 1998. Caracterización del mejoramiento de campo en engorde de novillos. Día de campo. Producción animal y pasturas. Unidad Experimental Glencoe. 1998. INIA. pp 6.
20. BERRETTA, E. J. 1983. Itinerarios técnicos en Siembras Directa. Paysandú. Facultad de Agronomía. Repartido 579, Uruguay. 30 p.
21. (-----) y FORMOSO, D. 1983. Uso de herbicidas para el mejoramiento del campo natural. 6ª Reunión Técnica. 1893. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía, Montevideo, pp 87.

22. (-----.) y LEVRATTO, J. C. 1990. Estudio de la dinámica de una vegetación mejorada con fertilización e introducción de leguminosas. In 2^{do} Seminario nacional de Campo Natural. 1990, Tacuarembó, Uruguay. Montevideo Hemisferio Sur. pp 197 – 203.
23. (-----.). 1991. Producción de pasturas naturales en basalto. Producción mensual y estacional de cuatro comunidades nativas sobre suelos de basalto. INIA Tacuarembó. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Serie Técnica N° 13. pp 12 – 18.
24. (-----.); BEMHAJA, M. 1991. Producción de pasturas naturales en basalto. Producción mensual y estacional de cuatro comunidades nativas sobre suelos de basalto. INIA Tacuarembó. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Serie Técnica N° 13. pp 19 – 23.
25. (-----.); de MATTOS, D y GUERRA, J. C. 1993. Registros de producción de pasturas. INIA Tacuarembó. Registros físicos en la producción pecuaria. Serie Técnica N° 39, pp 9 – 14.
26. (-----.). 1996. Malezas de campo sucio: el mio-mio. INIA Tacuarembó. Boletín de Divulgación N° 60. 12 p.
27. (-----.). 1998. Principales características climáticas y edáficas de la región de basalto en Uruguay. INIA Tacuarembó. Seminario de actualización en tecnologías para basalto. Serie Técnica N° 102. pp 3 – 10.
28. (-----.); BEMHAJA, M. 1998. Producción estacional de comunidades naturales sobre suelos de basalto de la unidad Queguay Chico. INIA Tacuarembó. Seminario de actualización en tecnologías para basalto. Serie Técnica N° 102. pp 11 – 20.
29. (-----.). 1998. Principales características de las vegetaciones de los campos de basalto. INIA Tacuarembó. XIV Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical: Grupo Campos. Serie Técnica N° 94. pp 11-19.
30. (-----.). 1998. Producción de comunidades nativas sobre suelos de basalto de la unidad Itapebí – Tres Arboles con diferentes frecuencias de corte. INIA Tacuarembó. Seminario de actualización en tecnologías para basalto. Serie Técnica N° 102. pp 21 – 31.

31. (-----). 1998. Efecto del pastoreo y la introducción de especies en la evolución de la composición botánica de pasturas naturales. INIA Tacuarembó. Seminario de actualización en tecnologías para basalto. Serie Técnica N° 102. pp 91 – 97.
32. (-----); RISSO, D. F; LEVRATTO, J. C; ZAMIT, W. S. 1998. Mejoramiento del campo natural de basalto fertilizado con nitrógeno y fósforo. INIA Tacuarembó. Seminario de actualización en tecnologías para basalto. Serie Técnica N° 102. pp 63 – 73.
33. (-----); RISSO, D. F; BEMHAJA, M. 2001 Tecnología para la mejora de la producción de forraje en suelos de basalto. INIA Tacuarembó. Boletín de Divulgación N° 76. pp 1 – 37.
34. BERRUTI, J. M; JASO, M; LAZARO, M y de BRUM, D.1993. Desarrollo tecnológico de establecimientos ganaderos. INIA. Boletín de Divulgación N° 36, 38 p.
35. BOLOGNA, J. 1997. Los recursos naturales de la región de Basalto superficial: limitantes y oportunidades. Foro sobre Basalto Superficial. INIA, SUL, CREA, Facultad de Agronomía, Plan Agropecuario, pp 10 – 42.
36. BONO, P. 1960. El mejoramiento de las pasturas y el manejo de lanares en Australia. Anuario de la Sociedad de Mejoramiento de Praderas N° IV, pp 25 – 34.
37. BORDOLI, J. M; COLLARES, C; MALLARINO, A. P. 1984. Efecto residual de la fertilización y refertilización fosfatada de pasturas de trébol rojo y raigrás. In: Reunión Técnica (7ª, 1984, Montevideo, Uruguay). Universidad de la República. Facultad de Agronomía. p. 101 - 102.
38. BOSSI, J; ELIZALDE, G y FERNANDEZ, A. 1962. Un curso de Geología Tomo I. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía.
39. (-----). 1969. Geología del Uruguay. Montevideo Universidad de la República. Departamento de Publicaciones. 464 p.
40. BREAKWELL, E. J. 1961. Mejoramiento de praderas en el Uruguay. Montevideo. Anuario de la Sociedad de Mejoramiento de Praderas N° V, pp 7 – 12.
41. CARÁMBULA. M. 1977. Producción y Manejo de Pasturas Sembradas. Montevideo Hemisferio Sur. 464 p.
42. (-----). 1987. Las pasturas de la zona norte del Uruguay. En 9ª 1987. Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos

- forrajeros del área tropical y sub – tropical. Grupos Campos y Chaco. Tacuarembó, pp 5 – 14.
43. (-----). 1992. Manejo de praderas. INIA Treinta y Tres. Boletín de Divulgación N ° 17. 16 p.
 44. (-----). 1993. Cultivos forrajeros de alta eficiencia. INIA Treinta y Tres. Boletín de Divulgación N ° 38, 21 p.
 45. (-----); AYALA, W.; BERMUDEZ, R.; CARRIQUIRY, E. 1995. Control de cardilla. INIA Treinta y Tres. Montevideo: INIA. 10 p. (Serie Técnica N ° 57). 10 p
 46. (-----). 1996. Mejoramientos extensivos: Fundamentos. INIA Tacuarembó. Producción y manejo de pasturas. Serie Técnica N ° 80, pp 241 – 245.
 47. (-----). 1997. Pasturas Naturales Mejoradas. Montevideo. Hemisferio Sur. 524 p.
 48. (-----). 1977. Caracteres de rendimiento y calidad de las especies templadas y subtropicales. Repartido de Cátedra. Forrajeras Tomo I. EEMAC. pp 75 – 88.
 49. CARRIQUIRY, E.; AYALA, W.; CARAMBULA, M. 1998. Estudios en implantación de mejoramientos extensivos. INIA Tacuarembó. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos del Area Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14^a, 1994, Termas del Arapey, Salto, Uruguay). Anales. INIA Tacuarembó. Montevideo: INIA. pp. 39-44. (Serie Técnica N ° 94).
 50. CASANOVA, O; CHILIBROSTE, J; MALLARINO, L; MALLARINO, P y PISON, P. 1982. Requerimientos de fósforo para la instalación de gramíneas forrajeras. 5^{ta} Reunión Técnica. Universidad de la República. Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay, pp 53.
 51. (-----). 1996. Potasio: consideraciones sobre su situación en el Uruguay. INIA La Estanzuela. Manejo y fertilidad de suelos. Serie técnica N ° 76, pp 57 – 62.
 52. CASTELLS, D; GAZARRO, H y TARMEZANA, A. 1971. Evaluación de especies con posibilidades de ser introducidas en suelos de basalto. Informe del sector forrajeras. Facultad de Agronomía. Cátedra de forrajeras. Plan basalto, pp 1 - 7.
 53. CIANCIARULLO, A; ECHEVERRIA, J y ECHEVERRIA, N. 2000. Mejoramiento extensivo con Lotus Corniculatus en cobertura o siembra directa con diferentes

- controles de la vegetación y densidades. Tesis de Ing Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 90 p.
54. COLL, J. 1991. Factores ecológicos que afectan la nodulación de leguminosas forrajeras en mejoramientos extensivos. INIA Tacuarembó. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Serie Técnica N° 13. pp 115 – 120.
 55. CORSI, W. C. 1978. Clima. En Avances en pasturas IV. Miscelánea 18. Montevideo Uruguay. Estandzuela. pp 255 - 266. Miscelánea 18.
 56. COSTA, C. E y PANIZZA, A. 1997. Incidencia de tratamientos precosecha en los rendimientos de semilla de lotus corniculatus. Tesis de Ing Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 40 p.
 57. DATE, R. A. 1963. Problemas de inoculación Montevideo. Anuario de la Sociedad de Mejoramiento de Praderas N° 7, pp 93 – 98.
 58. DÖBEREINER, J. 1992. Avanços e perspectivas na pesquisa sobre fixação biológica de nitrogênio em plantas nao leguminosas. INIA. Revista de Investigaciones Agronómicas, Tomo I, pp 37 – 43.
 59. DURAN, A. 1985. Los suelos del Uruguay. Montevideo Hemisferio Sur. 398 p.
 60. (-----). 1998. Caracterización de suelos de la región basáltica del Uruguay. INIA Tacuarembó. En 1998 14ª Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical: Grupo Campos. Serie Técnica N° 94. pp 3 - 10.
 61. FERENCZI, M; JAURENA, M y LABANDERA, C. 1997. Establecimiento y producción inicial de mejoramientos de campo realizados en cobertura y siembra directa con diferentes tipos y dosis de herbicidas. Tesis de Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía.
 62. FILLAT, A; MEDERO, B y NAVARRO, G. 1958. Ensayos comparativos de distintos métodos de implantación de leguminosas en pasturas naturales. Experiencias sobre pasturas. Montevideo, Peri, pp 66 –81.
 63. (-----); NAVARRO, G ; MEDERO, B. 1960. Ensayo de incorporación de trébol blanco y lotus en praderas naturales. Montevideo. Anuario de la Sociedad de Mejoramiento de Praderas N° IV, pp167 - 180.
 64. (-----). 1961. La inoculación de las leguminosas. Montevideo. Anuario de la Sociedad de Mejoramiento de Praderas N° V, pp 81 - 112.

65. FINOZZI, G. M y QUINTANA, P. M. 2000. Implantación de gramíneas y leguminosas en tres suelos y tapices de basalto. Tesis de Ing Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía.
66. FORMOSO, F. 1993. Lotus Corniculatus Performance forrajera y características agronómicas asociadas. INIA La Estanzuela. Lotus Corniculatus. Serie técnica N° 37, pp 5 – 18.
67. (-----). 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. INIA Tacuarembó. Producción y manejo de pasturas. Serie Técnica N° 80, pp 1 – 19.
68. FRAME, J. 1981. Herbage mass. En Hogson, j; Barker, R; Davies, A; Laidlaw, A; Leaver, J. Sward measurement handbook. Hurley; British Grassland Society p 39 – 69.
69. FRIONI, L. 1999. Procesos Microbianos. Río Cuarto. Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto, v 2.
70. GARCIA LAMOTHE, A. 1994. El nitrógeno en ecosistemas agrícolas, su dinámica y disponibilidad en el sistema suelo planta. INIA La Estanzuela. Manejo y fertilidad de suelos. Serie Técnica N° 42, pp 15 – 21.
71. GARCIA, J. A. 1992. Persistencia de leguminosas. INIA. Revista de Investigaciones Agronómicas, Tomo II, pp 144 –156.
72. (-----); LABANDERA, C; PASTORINI, D; CURBELO, S. 1994. Fijación de nitrógeno por leguminosas en La Estanzuela. INIA La Estanzuela. Nitrógeno en pasturas. Serie Técnica N° 51, pp 13 – 18.
73. (-----). 1995. Estructura del tapiz de praderas. INIA La Estanzuela. Serie Técnica N° 66. 10 p.
74. (-----). 1996. Variedades de trébol blanco. INIA La Estanzuela. Variedades de trébol blanco. Serie Técnica N° 70. pp 1 – 12.
75. GARDNER, A. L. 1967. Estudio sobre los métodos agronómicos para la evaluación de pasturas. Montevideo. IICA- Zona Sur, 80 p.
76. GILLET, M. 1984. Las gramíneas forrajeras. Zaragoza Acribia, 355 p.
77. HATCHONDO, J. 1958. Efecto de fertilizantes en campo natural. Experiencias sobre pasturas. Montevideo: Peri pp 18 – 23.

78. HARPER, J. L. 1978. Keynote Address. CSIRO. Plan Relations in Pastures. pp 3 – 14.
79. KORTE, C. J; CHU, A. C. P; FIELD, T. R. O. 1987. Pasture Production. Livestock feeding on pasture. New Zealand Society of animal Production. Occasional Publication N° 10 pp 7 – 20.
80. LABANDERA, C.; BARAIBAR, A.; MILIAN, A. (s.f.) Tecnología de Rhizobium. In: Plan Agropecuario. Trabajos Técnicos III. Montevideo. p. 11-15.
81. (-----).; MILIAN, A.; BARAIBAR, A.; PAGLIANO, D.; RUSSELL, H. 1990. Calidad de inoculantes, número de rizobios en la semilla y su efecto en la implantación y persistencia de las leguminosas. In: II Seminario Nacional de Campo Natural. Tacuarembó, Uruguay. Montevideo: Hemisferio Sur. p. 267- 269.
82. MCWILLIAMS, J. R. 1978. Respuesta de las plantas de la pastura a la temperatura. CSIRO. Plan Relations in Pastures. pp 17 – 33.
83. MARTINO, D. L. 1994. Propiedades físicas del suelo que afectan el desarrollo vegetal. INIA La Estanzuela. Manejo y fertilidad de suelos. Serie Técnica N ° 42, pp 59 – 63.
84. MAS, C.; BERMUDEZ, R.; AYALA, W. 1991. Fertilización fosfatada en mejoramientos extensivos en dos suelos de la región Este del país. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E., eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo: INIA. p. 83-90. (Serie Técnica N ° 13)
85. MILLOT. J. C METHOL, R; RISSO, D. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Informe Técnico para la Comisión Honoraria del Plan Agropecuario. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Comisión Honoraria del Plan Agropecuario. 195 p.
86. MINUTTI, A; RUCKS, F y SILVEIRA, G. 1996. Dinámica de la implantación de leguminosas en cobertura sobre pasturas naturales de basalto profundo. Tesis de Ing Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía.
87. MOIR, T. R. G y REYNAERT, E. E. 1960. Resultados en los ensayos de introducción de leguminosas. Montevideo. Anuario de la Sociedad de Mejoramiento de Praderas N ° IV, pp 7 – 24.
88. (-----). 1961. Fertilización de pasturas mejoradas. Montevideo. Anuario de la Sociedad de Mejoramiento de Praderas N ° V, pp 173 – 174.

89. MONTEFIORI, M y VOLA, E. 1990. Efecto de competencia de malezas *Eryngium Horridum* (cardilla) y *Baccharis Coridifolia* (mio-mio) sobre la producción del campo natural en suelos de la unidad "La Carolina". In II Seminario nacional de Campo Natural. Tacuarembó, Uruguay. Hemisferio Sur. pp 125 – 132.
90. MORON, A. 1992. El fósforo en el sistema suelo planta. INIA. Revista de Investigaciones Agronómicas, Tomo I, pp 45 – 60.
91. (-----). 1994. Fósforo: disponibilidad y dinámica en el suelo. INIA La Estanzuela. Manejo y fertilidad de suelos. Serie Técnica N ° 42, pp 27 – 30.
92. (-----). 1996. El fósforo en los sistemas productivos. Disponibilidad y dinámica en el suelo. INIA Tacuarembó. Producción y manejo de pasturas. Serie Técnica N ° 80, pp 33 – 38.
93. (-----). 1996. El fósforo en los sistemas productivos. Disponibilidad y dinámica en el suelo (I). INIA La Estanzuela. Manejo y fertilidad de suelos. Serie Técnica N ° 76, pp 37 – 44.
94. (-----). 1996. Azufre: Consideraciones sobre su situación en Uruguay. INIA La Estanzuela. Manejo y fertilidad de suelos, pp 73 – 79.
95. MORALES, A. 1998. Morfogênese e repartição do carbono em *Lotus corniculatus* L cv. Sao Gabriel sob o efeito de restrições hídricas e luminosas. Dissertação apresentada como um dos requisitos para a obtenção do Grau de Mestre em Zootecnia, Área de Concentração Plantas Forrageiras. Porto Alegre (RS), Brasil. 74 p.
96. MURGUÍA, J. 1964. Siembra en el tapiz vs siembra en cobertura. Comparación de dos sistemas de mejoramiento de pasturas. Montevideo. Anuario de la Sociedad de Mejoramiento de Praderas N ° 8, pp 85 – 88.
97. OLMOS, F. 1997. La productividad de la pastura en relación con los principales parámetros del clima. INIA Tacuarembó. Efectos climáticos sobre la productividad de pasturas en la región noreste. Boletín de Divulgación N ° 64. pp 1-12.
98. (-----). 1997. Efecto del estrés hídrico estival en la composición botánica de pasturas convencionales. INIA Tacuarembó. Efectos climáticos sobre la productividad de pasturas en la región noreste. Boletín de Divulgación N ° 64. pp 13-22.

99. (-----). 2000. Variation and adaptation in trifolium repens from pastures in Uruguay with a preliminary assesment of a native clover, trifolium polymorphum. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy. The University of Wales Aberystwyth. Weish Institute of Rural Studies.
100. PEREZ DEL CASTILLO, D; PEREZ, M y SCASSO, J. M. 2000. Introducción de gramíneas en mejoramientos extensivos de leguminosas. Tesis de Ing Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía.
101. REYNAERT, E. E. 1961. Aspectos de los suelos del Uruguay. Montevideo. Anuario de la Sociedad de Mejoramiento de Praderas N ° V, pp 13 – 21.
102. RIOS, A; GIMENEZ, A. 1992. Ecofisiología de malezas. INIA. Revista de Investigaciones Agronómicas, Tomo II, pp 157 – 165.
103. RISSO, D. F; COSCIA, P; SURRACO, L. 1983. Productividad de un tapiz de lotus (Lotus corniculatus L.) bajo tres manejos de pastoreo. Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger. Investigaciones Agronómicas N ° 4, pp 50 – 56.
104. (-----). 1990. Efecto de la densidad de siembra y fertilización inicial en el comportamiento de tres leguminosas sembradas en cobertura. In 1990. 2^{do} Seminario nacional de Campo Natural. Tacuarembó. Montevideo. Hemisferio Sur. pp 243 – 247.
105. (-----). 1990. Pasturas implantadas. SUL. III Seminario de Producción Ovina.
106. (-----). 1991. Siembras en el tapiz: consideraciones generales y estado actual de la información en la zona de suelos sobre cristalino. INIA Tacuarembó. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Serie Técnica N ° 13. pp 71 – 78.
107. (-----); BERRETTA, E. J. 1996. Mejoramiento de campo en suelos sobre cristalino. INIA Tacuarembó. Producción y manejo de pasturas. Serie Técnica N ° 80, pp 193 – 211.
108. (-----). 1998. Mejoramientos extensivos en el Uruguay. INIA Tacuarembó. En 1998. 14^a Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical: Grupo Campos. Tacuarembó. Serie Técnica N ° 94. pp 23-28.
109. (-----); PEREZ GOMAR, E; BERRETTA, E. J; MARCHESI, C; ZARZA, A.. 1998. Siembra directa para el mejoramiento de campos en suelos sobre basalto. Día

- de campo. Producción animal y pasturas. Unidad Experimental Glencoe.1998. Tacuarembó. INIA. pp 7 – 8.
110. ROMERO, R. 1996. Relaciones agua – planta en el sistema suelo – planta – atmósfera. INIA La Estanzuela. Manejo y fertilidad de suelos. Serie Técnica N ° 76, pp 115 - 124.
111. ROVIRA, L; CARDELLINO, G. 1993. Elementos de riego para productores. Montevideo Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de Recursos Renovables. Dirección de Suelos y Aguas, 83 p.
112. SANTIÑAQUE, F ;GRASSO, D; OLAONDO, M . 1987. Implantación, producción y persistencia de mejoramientos de pasturas con niveles contrastantes de aplicación de insumos (I) – Implantación. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Area Tropical y Subtropical, Grupos Campos y Chaco (9ª, 1987, Tacuarembó, Uruguay). Tacuarembó: MGAP. CIAAB. Estación Experimental del Norte. p. 107-108.
113. (-----); AMENDOLA, R.; SALDANHA, S.; CASTRO, M. 1988. Implantación, producción y persistencia de mejoramientos de pasturas con niveles contrastantes de aplicación de insumos (II): Producción y persistencia. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Area Tropical y Subtropical, Grupos Campos y Chaco (9ª, 1987, Tacuarembó, Uruguay). Tacuarembó: MGAP. CIAAB. Estación Experimental del Norte. p. 109-110.
114. (-----). 1996. Relaciones agua – planta en pasturas. INIA La Estanzuela. Manejo y fertilidad de suelos. La estanzuela. INIA. Serie Técnica N ° 76, pp 125 - 128.
115. SAS Institute Inc. SAS Language Guide for Personal Computers, Release 6.03 Edition. Cary, NC: SAS. Institute Inc., 1988. 588 pp.
116. SNAYDON, R. W. 1981. MORLEY, F. H. W. The Ecology of grazed pastures. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam – Oxford – New York pp13 – 29.
117. SAWCHIC, J. 1996. Agua en el suelo. INIA La Estanzuela. Manejo y fertilidad de suelos. Serie Técnica N ° 76, pp 107 – 113.
118. TERMEZANA, A. 1976. Región Basáltica. In Avances en pasturas IV Montevideo. Tomo I pp 9 – 37.

119. ZAMALVIDE, J. P. 1992. Dinámica de fósforo en los suelos con especial referencia a la disponibilidad en rotaciones de cultivos y pasturas. INIA. Revista de Investigaciones Agronómicas, Tomo I, pp 85 – 93.
120. (-----). 1996. El fósforo en los sistemas productivos: dinámica y disponibilidad en el suelo (II). INIA La Estanzuela. Manejo y fertilidad de suelos. Serie Técnica N ° 76, pp 45– 49.
121. (-----). 1998. Fertilización de pasturas. INIA Tacuarembó. XIV Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical: Grupo Campos. Serie Técnica N ° 94. pp 97 –107.