

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

UTILIZACIÓN DE PASTURAS MEJORADAS CON OVINOS

por

Claudio AQUINO RIOS

Alejandro CONDE ROCCA

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2010

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Daniel Formoso

Ing. Agr. Ph D. Daniel Fernández Abella

Ing. Agr. Ph D. Pablo Boggiano

Fecha: 26 de diciembre de 2010

Autores:

Claudio Hebert Aquino Ríos

Alejandro Cesar Conde Rocca

AGRADECIMIENTOS

A nuestras respectivas familias vaya nuestro agradecimiento por todo el tiempo invertido, el apoyo incondicional y las palabras de aliento en todo este tiempo.

A nuestros compañeros de carrera queremos agradecerles por todos los momentos vividos durante la carrera.

A todos los profesores de nuestra querida casa de estudios que con su incansable labor de docencia forjaron en nosotros un profundo sentir por esta profesión.

A los ingenieros agrónomos Daniel Formoso y Daniel Fernández Abella integrantes del Secretariado Uruguayo de la Lana por su gran colaboración en la elaboración de esta tesis.

A NUESTRAS FAMILIAS Y AMIGOS

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACION	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
2.1. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LAS ESPECIES	
UTILIZADAS.....	2
2.1.1. <u>Lotus corniculatus</u>	2
2.1.2. Fortalezas de lotus corniculatus.....	3
2.1.3. Debilidades de lotus corniculatus	3
2.1.4. <u>Lotus glaber (lotus tenuis)</u>	4
2.1.5. Fortalezas de lotus glaber	5
2.1.6. Debilidades de lotus glaber.....	5
2.1.7. <u>Lotus subbiflorus</u>	5
2.1.8. Fortalezas de lotus subbiflorus	6
2.1.9. Festuca arundinácea.....	7
2.1.10. Características botánicas.....	7
2.1.11. Fortalezas de la festuca sp.....	8
2.1.12. Debilidades de la festuca sp	9
2.2. Disponibilidad, altura, selectividad animal	10
2.2.1. Introducción.....	10
2.2.2. Selectividad en pastoreo	11
2.2.3. Teorías de la selectividad.....	14
2.2.4. Factores del animal que afectan la selectividad.....	17
2.2.5. Factores de la pastura que afectan la selecció de la dieta	22
2.2.6. Selección de componentes de las plantas que integran una pastura.....	25
2.2.7. Selección de especies forrajeras.....	26
2.2.8. Altura y disponibilidad del forraje	27
2.3. Pastoreo y Crecimiento.....	31
2.3.1. Frecuencia e intensidad del pastoreo	31
2.3.2. Area foliar y crecimiento	32
2.4. CONSUMO ANIMAL	33
2.4.1. Consumo voluntario de forraje	33
2.4.2. Regulación del consumo	34
2.5. DINAMICA DE POBLACIONES EN PASTURAS BAJO PASTOREO	35
2.5.1. <u>Estabilidad y longevidad de la pastura</u>	35

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Producción anual de forraje durante cuatro años consecutivos (kg MS ha ⁻¹).....	2
2. Efecto de la mezcla (crecimiento de especies sembradas + vegetación nativa), la utilización y el año desde la instalación en la producción de forraje, expresada en kg MS ha ⁻¹	48
3. Comparación del rendimiento anual de forraje de las mezclas (kg MS ha ⁻¹) ajustado por la topografía (bloques). E.E.: error estándar, LSD Fisher ($\alpha=0,05$).	49
4. Comparación del rendimiento anual de forraje (kg MS ha ⁻¹) a través del tiempo (años de evaluación) ajustado por la topografía (bloques). E.E.: error estándar, LSD Fisher ($\alpha=0,05$).....	50
5. Valores propios ó autovalores (λ) y proporción de la varianza explicada calculada a partir de la matriz de correlación para datos estandarizados de la disponibilidad en peso seco de los componentes de la vegetación en las diferentes mezclas.....	51
6. Autovectores (e: coeficientes de las variables) y correlación de los componentes principales (CP) con las variables originales.	51
7. Valores propios ó autovalores (λ) y proporción de la varianza explicada calculada a partir de la matriz de correlación para datos estandarizados de la disponibilidad en peso seco de los componentes de la vegetación en las diferentes mezclas con sus utilizaciones.....	54
8. Autovectores (e: coeficientes de las variables) y correlación de los componentes principales (CP) con las variables originales.....	55
9. Valores propios ó autovalores (λ) y proporción de la varianza explicada calculada a partir de la matriz de correlación para datos estandarizados de la disponibilidad en peso seco de los	

componentes de la vegetación en las diferentes mezclas y año de producción.....	58
10. Autovectores (e: coeficientes de las variables) y correlación de los componentes principales (CP) con las variables originales	59

Figura No.

1. Localización del experimento y sus parcelas (recuadro) en el Campo Experimental del SUL en Cerro Colorado, Florida (extraído de Google Earth).	38
2. Precipitaciones (en mm) ocurridas durante el experimento comparadas con la serie histórica de 16 años registradas en el CIEDAG.	39
3. Temperaturas medias en (°C) ocurridas durante el desarrollo del experimento contrastadas contra la serie histórica de 16 años registradas en el CIEDAG.....	40
4. Cuantil-cuantil (q-q plot) para las observaciones de la variable MS (crecimiento de forraje en kg MS ha-1). Coeficiente de correlación $r=0,997$ para $n=168$ observaciones	47
5. Ordenamiento de las mezclas con respecto a los componentes principales (CP1 y 2), su contribución a la varianza (en %) y su relación con las variables originales (componentes de la MS disponible).	52
6. Dendrograma de agrupamiento de las mezclas de acuerdo con el índice de similitud (distancia) de Mahalanobis.	53
7. Ordenamiento de las mezclas y utilizaciones con respecto a los componentes principales (CP1 y 2, superior; CP1 y 3, inferior), su contribución a la varianza (en %) y su relación con las variables originales (componentes de la MS disponible).	56
8. Dendrograma de agrupamiento de las mezclas y utilizaciones de acuerdo con el índice de similitud (distancia) de Mahalanobis	57
9. Ordenamiento de las mezclas y año de producción con respecto a los componentes principales (CP1 y 2), su contribución a la varianza (en %) y	

su relación con las variables originales (componentes de la MS disponible).....	60
10. Dendrograma de agrupamiento de las mezclas con año de producción de acuerdo con el índice de similitud (distancia) de Mahalanobis.	61

1. INTRODUCCION

En Uruguay el campo natural ocupa la mayor parte del territorio; sobre él se realiza actividad ganadera "mixta" con pastoreo simultáneo de bovinos y ovinos, que con el aumento progresivo de dotación e inadecuadas prácticas de manejo se ha ido degradando y perdiendo receptividad.¹

La producción forrajera de estos campos naturales es variable porque está relacionada con una vegetación que depende del tipo de suelo en que se desarrolla, como lo demuestra el trabajo de Baeza et al. (2006), quienes dividen al país en ecosistemas funcionales según las precipitaciones, y el período de mayor actividad fotosintética medida a través del Índice Verde Normalizado (NDVI).

Dentro de las alternativas productivas con que el Uruguay y sus productores pueden desarrollar en los campos se encuentra la producción de carne ovina y lana. Pero el manejo del ovino en las pasturas sembradas requiere de conocimientos específicos, dado que es una especie de alta selectividad con bajo horizonte de pastoreo.

El presente trabajo se realiza con el objetivo de evaluar el comportamiento productivo y la dinámica de especies forrajeras (*Festuca arundinacea* cultivares Vulcan y Rizomat, *Lotus subbiflorus* cv El Rincón, *Lotus corniculatus* cv San Gabriel, *Lotus glaber* (*L.tenuis* cv Matrero), pastoreadas con ovinos a diferentes utilizaciones, para elaborar prácticas de manejo que permitan sostener un adecuado balance con la mayor persistencia entre los componentes de la pastura.

¹ Millot, J.C. 2009. Com. personal

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LAS ESPECIES UTILIZADAS

2.1.1. Lotus corniculatus

Es una leguminosa perenne estival que se siembra en suelos donde la alfalfa no prospera. Su resistencia a la sequía, su alto valor nutritivo y su persistencia, hacen de ella una especie muy recomendable para ser incluida en mezclas forrajeras (Carámbula, 1977).

Por otra parte, se considera una de las especies más sensibles a las prácticas de manejo (García, 1995). En general se beneficia con pastoreos controlados permitiéndole alcanzar alturas de 20-25 cm antes de ser defoliado (Carámbula, 1996).

Según ensayos realizados en INIA La Estanzuela, entre los años 1963 y 1990, se determinó que el cv. San Gabriel se caracteriza por presentar una capacidad de producción de forraje durante todo el año, presentando un pico de producción al segundo año, para luego decaer en años sucesivos (Formoso, 1993; cuadro 1). En otoño-invierno las tasas medias de producción son sustancialmente menores a las de primavera-verano, siendo el invierno la estación de menor producción dentro de cada edad del cultivo.

La calidad del forraje de *Lotus corniculatus* no declina tan rápido al avanzar el ciclo como en alfalfa (Buxton et al., 1985).

Cuadro 1. Producción anual de forraje durante cuatro años consecutivos (kg MS ha⁻¹).

Año	1	2	3	4
Producción	4130	10008	6894	5022
Desvío estándar	1846	2171	1888	-

Fuente: adaptado Formoso (1993).

Durante el invierno, esta especie se adapta a pastoreos relativamente frecuentes pero no severos, de lo contrario, la población de plantas puede disminuir sustancialmente (Van Keuren y Davis, 1968).

Si bien presenta un patrón de crecimiento bastante parecido al de la alfalfa, se destaca por poseer un mejor comportamiento bajo temperaturas frescas a frías y la gran ventaja de no producir meteorismo.

El Lotus no es exigente en cuanto a requerimientos del suelo. Es una especie sumamente plástica, pudiendo presentar buen desarrollo tanto en suelos arenosos como en arcillosos.

Puede crecer en suelos demasiado húmedos para la alfalfa o demasiado secos para el trébol blanco. Subsiste en suelos moderadamente ácidos o alcalinos, aún con bajos porcentajes de fósforo. Sin embargo, responde muy bien a la fertilización fosfatada y al encalado (Carámbula, 1996).

2.1.2. Fortalezas de Lotus corniculatus

- Erecto a decumbente según cultivares.
- Se adapta a un rango muy amplio de suelos.
- Sistema radicular pivotante y profundo.
- Buen potencial de producción primavero-estivo-otoñal con posibilidades de producción a fines de invierno en cultivares tempranos.
- Elevado valor nutritivo que declina poco en pleno verano con la madurez.
- Admite pastoreos frecuentes pero poco intensos. Se beneficia con pastoreos rotativos.

2.1.3. Debilidades de Lotus corniculatus

- No admite pastoreos intensos y frecuentes.
- Presenta una incidencia importante de enfermedades a hongos de la raíz y corona, tales como *Fusarium oxiporum* y *Fusarium solani* (Altier, 1988).

- No apto para henificar por desprendimiento de hojas.
- Persistencia problemática por resiembra natural.

2.1.4. Lotus glaber (Lotus tenuis)

Es una especie perenne de ciclo estival que crece en ambientes diversos pero se adapta a suelos medianamente fértiles de drenaje pobre y/o salino. Aunque tiene bajos requerimientos de fósforo responde al agregado de este nutriente y presenta buen potencial forrajero con gran resistencia al pastoreo (Carámbula, 1996).

Es más tolerante al exceso de agua que *Lotus corniculatus*. Debido a ello, *Lotus glaber* se adapta a suelos imperfectamente drenados o con restricciones de agua durante determinados períodos de tiempo. De ahí que presenta ventajas para ser sembrado no solo sobre suelos húmedos sino además en suelos solod y solonetz (Colabelli y Miñón, 1989).

Al no disponerse de información específica del manejo del pastoreo, la similitud morfo-fisiología de esta especie con *L. corniculatus* sugiere que el manejo de pastoreo debería ser similar en ambas especies.

Por consiguiente, *Lotus glaber* se vería favorecido por pastoreos continuos no intensos, con el objetivo de lograr un buen rebrote, una alta semillazón para favorecer la resiembra natural (Carámbula, 1996).

En cuanto al valor nutritivo de esta especie, Echeverría et al. (1986) han demostrado que si bien en estado vegetativo *L. corniculatus* supera a *L. glaber*, la calidad de forraje se iguala a partir del inicio de la floración.

La estrategia de persistencia de *L. glaber* se basa en una semillazón abundante y un reclutamiento activo de nuevas plántulas. Para ello se deberá asegurar una recarga periódica del banco de semillas del suelo a los efectos de poder enfrentar la ocurrencia de manejos severos repetidos, inundaciones y sequías (Montes, 1988).

2.1.5. Fortalezas de Lotus glaber

- Erecto a decumbente.
- Prospera en numerosos ambientes pero se adapta a suelos de drenaje pobre y / o salinos. Tolerante al exceso de agua temporaria.
- Crece en ambientes diversos y tolera suelos ácidos y de poca fertilidad, resistiendo una alcalinidad moderada.
- Tiene un sistema radicular profundo el cual le permite soportar sequías.
- Ofrece buen potencial forrajero particularmente en primavera y es resistente al pastoreo continuo.
- Alto potencial de producción de semillas.
- Persistente, de gran capacidad colonizadora.
- No produce meteorismo.

2.1.6. Debilidades de L. glaber

- Crecimiento inicial lento.
- Susceptibilidad a enfermedades y plagas en algunas poblaciones.
- Requiere integración de prácticas para el control de malezas.

2.1.7. Lotus subbiflorus

Es una especie anual invernada que prospera tanto en suelos ácidos como de baja fertilidad o drenaje pobre. Produce con marcada estacionalidad concentrada de agosto a diciembre. Tiene un aporte invernada reducido pero de gran calidad. No es exigente en fósforo pero responde en forma positiva a dosis crecientes (Carámbula, 1996).

La producción total anual de la leguminosa se sitúa en 5400 kg MS ha⁻¹ (Risso y Carámbula, 1998).

Esta especie ofrece una destacada adaptación bajo las condiciones ecológicas y de manejo de Uruguay, así como también gran facilidad y seguridad en la instalación, mantenimiento y persistencia productiva, a bajo costo y sin requerimientos especiales.

Estas cualidades la convierten en una forrajera de gran valor, especialmente para situaciones de bajo potencial productivo. Esta se presenta sobre suelos poco profundos, con tapices degradados y baja fertilidad natural, normalmente expuestos a sequías regulares y pronunciadas en verano.

No obstante, en muchas oportunidades esta especie es utilizada también en suelos medianamente profundos y fértiles con vegetación más competitiva, donde también puede ser incorporada al tapiz sin dificultades realizando contribuciones importantes de forraje y específicamente un aporte muy relevante en calidad.

Con bajos insumos y una fácil adopción, *L.subbiflorus* permite introducir económicamente el nitrógeno en el ecosistema y alcanzar una producción importante de forraje de calidad.

2.1.8. Fortalezas de Lotus subbiflorus

- Erecto a decumbente.
- Prospera tanto en suelos ácidos como en suelos superficiales (litosoles) o de drenaje pobre (bajos húmedos).
- Bajo costo y seguridad de implantación dada su rusticidad.
- Sistema radicular poco profundo pero abundante.
- Bajas exigencias de fósforo pero responde en forma positiva a dosis iniciales crecientes, lo que le permite estimular su crecimiento ante la presencia de inviernos críticos.

- Muy buena semillazón aun bajo pastoreo continuo ya que puede fructificar cerca del suelo.
- Muy buena persistencia por resiembra natural, muy agresiva e invasora.
- Sin exigencias específicas de manejo pero afectada por defoliaciones frecuentes e incontroladas.

2.1.9. Festuca arundinácea

El género *Festuca* sp comprende aproximadamente 350-400 especies (Clayton y Renvoize 1986, Watson y Dallwitz 1992) de distribución cosmopolita. Aunque la mayor parte de la diversidad taxonómica del género está concentrada en la zona templada del hemisferio norte, hay también en Nueva Guinea, Australia, Tasmania, Nueva Zelanda y África. Además, una alta diversidad de especies (aproximadamente 140) de festuca se encuentra también en América del Sur, concentrada en la zona altoandina, con un enclave extra-andino al SE de Brasilia y NE de Argentina. Este género, de metabolismo tipo C₃ (Stancík, 2003), juega un papel importante en los pastizales y estepas xerofíticas y mesofíticas del mundo.

2.1.10. Características botánicas

En general, son plantas perennes, rizomatosas o cespitosas. Innovaciones extravaginales, intravaginales o mixtas. Vainas foliares abiertas o parcialmente cerradas, vainas basales de algunas especies formando bulbos, escamas (catáfilos) o desintegradas en fibras; aurículas presentes o ausentes; lígula membranácea a coriácea, menores de 1 mm de longitud., excepcionalmente hasta 10 mm; láminas basales o caulinares, planas, conduplicadas o involutas, sin venas transversales, de 0,2-15 mm; verdes, oliváceas o blanquecinas (Stancík, 2003). Su lento desarrollo en el año de siembra la hace vulnerable a la competencia de otras especies.

Dependiendo de la disponibilidad de agua, el rebrote y el crecimiento se producen rápidamente debido a que sus macollos permanecen vivos durante el verano. Esto permite una muy buena producción durante los meses de marzo y abril.

Es apta para utilizarla como reserva en pie para el invierno dado su porte erecto y hojas finas. Por ello puede acumular forraje por períodos de 90 días sin que se produzcan pérdidas.

Se debe tener en cuenta que la producción otoñal estará condicionada por el manejo que haya tenido en el verano, el cual debe ser cuidadoso sobre todo en condiciones de déficit hídrico.

Su persistencia depende de las posibilidades de desarrollar buenos sistemas radiculares desde fines de invierno-principios de primavera, los cuales les permiten explorar volúmenes importantes de suelo.

En el periodo de diferenciación floral se debe prestar atención al manejo del pastoreo y la nutrición de la planta, a los efectos de no limitar el estado vegetativo y producir más forraje, para lo cual hay que eliminar las inflorescencias en formación. Si es mediante pastoreo, se debería aumentar en forma progresiva las cargas animales. En festuca, el proceso de diferenciación floral comienza a mediados de julio.

En cuanto a la calidad de esta forrajera, la misma dependerá del estado de crecimiento. La siembra en suelos de buena fertilidad y/o bien fertilizados y con pastoreos frecuentes e intensos (Stancík, 2003), permite controlar las inflorescencias y retrasar el periodo de crecimiento, manteniendo una buena calidad.

2.1.11. Fortalezas de la Festuca sp

- Cespitosa a rizomatosa.
- Adaptable a un amplio rango de suelos, prospera mejor en los suelos medios a pesados y tolera suelos ácidos y alcalinos.
- Crece bien en lugares húmedos y presenta a la vez buena resistencia a la sequía.
- Buena precocidad otoñal, rápido rebrote de fines de invierno y floración temprana (setiembre-octubre).
- Admite pastoreos relativamente intensos y frecuentes.

- Sin reposo estival, pero requiere manejo cuidadoso en verano.
- Muy buena persistencia.
- Buena productora de semillas bajo buena fertilidad.
- Compatible con leguminosas agresivas.
- Apropiaada para pastoreo diferido invernal.

2.1.12. Debilidades de la Festuca sp

En esta especie, existen algunos caracteres no apropiados para objetivos muy ambiciosos que, en general, no han podido ser totalmente resueltos. Así, la implantación es lenta porque sus plántulas son muy poco vigorosas, lo que la hace fácil de dominar por especies anuales de rápido crecimiento (Cowan, 1956).

La falta de apetecibilidad en etapas avanzadas de crecimiento es otra de las limitantes que presenta esta gramínea. La edad de las hojas, época del año y fertilidad del suelo son factores que pueden estar afectando dicho carácter (Maddaloni, 1964).

Requiere de buena fertilidad dada su alta producción y rápido rebrote, especialmente nitrógeno que puede ser suministrado a través de fertilizantes o mediante la siembra en mezcla con leguminosas.

Si bien soporta defoliaciones intensas y relativamente frecuentes porque sus órganos de reserva se encuentran en las raíces y rizomas, períodos prolongados de pastoreo intensivo pueden afectar el crecimiento.

Además, la falta de latencia estival y la carencia de órganos apropiados para acumular grandes volúmenes de reserva, pueden hacer peligrar la productividad y persistencia bajo regímenes de pastoreo intensivo (Carámbula, 1996).

Otro factor importante es que la resiembra natural es dificultosa, y que es susceptible a royas.

Puede poseer porcentajes relativamente altos del hongo endofito *Acremonium coenophalium*, que provoca intoxicaciones (festucosis) en los bovinos principalmente y aborto en yeguas.

2.2. DISPONIBILIDAD, ALTURA, SELECTIVIDAD ANIMAL

2.2.1. Introducción

Berretta y do Nascimento (1991), definen pasturas sembradas como “zonas de pastoreo bajo un relativo manejo intensivo desde el punto de vista agronómico y cultural, consistiendo en una comunidad de plantas que no están adaptadas al ambiente natural y que, por lo tanto, requieren tratamientos culturales frecuentes tales como: fertilización, control de malezas y riego, para el mantenimiento de la composición florística”.

Risso et al. (1997) establecieron que una determinada base forrajera, para dinamizar el proceso productivo y aumentar su eficiencia es fundamental obtener una mayor utilización y consumo de forraje por categorías eficientes, ya que la dieta de animales en pastoreo resulta de la interacción entre sus necesidades cuantitativas y cualitativas de consumir alimento, con las características del tapiz al que tienen acceso, lo que junto a sus propias condiciones, determina en último término su comportamiento.

La cantidad del forraje, su valor nutritivo y la estructura de la vegetación a la que el animal tiene acceso, inciden decisivamente en su consumo, comportamiento y productividad en pastoreo (Stobbs 1973b, Arnold 1981, Hodgson 1982, Legendre y Fortin 1989, Fryxell 1991).

Al involucrar tanto a los animales como a las plantas, el proceso de selectividad es dinámico y está afectado por muchos factores. El mismo integra requerimientos animales y capacidades metabólicas, involucrando la diversidad de las plantas pertenecientes a las diferentes comunidades vegetales, las cuales tienen distintas composiciones químicas y espaciales que determinan diferentes valores absolutos y relativos de los distintos componentes de la dieta (Robbins et al., 1987). Por lo tanto, la selectividad del forraje resulta de complejas interacciones entre tres tipos de variables que operan en el tiempo: los animales que pastorean, las plantas que son consumidas y el ambiente de ambos.

El animal en pastoreo es una parte del ambiente de las plantas y estas son una parte del ambiente del animal. Como los dos viven juntos, la salud y prosperidad de cada uno dependen del otro (Stoddart et al., 1975).

La información que se pueda generar en relación a la composición botánica y valor nutritivo de la dieta cosechada por los animales bajo condiciones de pastoreo en dichas comunidades vegetales, podría tener un gran impacto en el diseño de estrategias de alimentación de animales y de manejo del forraje en los sistemas productivos ganaderos.

2.2.2. Selectividad en pastoreo

La selectividad ha sido interpretada por Robbins et al. (1987) como "un proceso dinámico, multifactorial, que integra los requerimientos animales y sus capacidades metabólicas, con un vasto conjunto de plantas con diferentes configuraciones químicas y espaciales que determinan distintos valores absolutos y relativos de los diferentes componentes de la dieta".

La selectividad puede ser definida como la diferencia entre la composición de la dieta y la pastura. El forraje pastoreado tiene más hojas (Clark y Harris, 1985) y más leguminosas (Curll et al., 1985) por lo que la concentración de nutrientes digestibles, siempre es mayor en la dieta que en la pastura.

Asimismo otros investigadores (Black y Kenny 1984, Hodgson 1985, Malechek y Balph 1987, Provenza y Balph 1990, Milne 1991, Taylor 1993) han subrayado la necesidad de enfatizar la investigación sobre la selección de la dieta con el fin de entender la multiplicidad de los fenómenos asociados que la afectan y las ventajas productivas y económicas de poder utilizar a los mismos en beneficio de la producción ganadera (Montossi et al., 1999).

Los animales en pastoreo son siempre selectivos en lo que comen, es decir, eligen o cosechan especies, plantas individuales o partes de plantas en proporciones diferentes a las que se encuentran en el tapiz (Vallentine, 1990). Lo que ingiere el animal al pastorear es un complejo fenómeno determinado por el animal, las plantas ofrecidas y el ambiente en que se produce la selectividad (Marten, citado por Vallentine, 1990).

La selectividad en el pastoreo es determinada por dos procesos altamente interrelacionados, la palatabilidad y la preferencia. Mientras la palatabilidad se refiere a la combinación de características de las plantas que estimulan a los animales a preferir un forraje sobre otro, la preferencia se refiere a la respuesta selectiva hecha por el animal a esas diferencias de las plantas y por lo tanto es esencialmente una reacción de comportamiento animal (Vallentine, 1990).

La palatabilidad es afectada por factores del forraje tanto físicos o morfológicos, como químicos y ambientales, los cuales incrementan o reducen el grado de selectividad.

La preferencia es afectada por factores intrínsecos de los animales. Así se puede citar el estímulo provocado por el olfato, el gusto y el tacto con los labios, la experiencia previa y la evolución de hábitos de alimentación, así como el diferente comportamiento animal. Este último es afectado por el medio ambiente, ya que por ejemplo el clima y el suelo modifican la palatabilidad de las plantas y la preferencia por un mismo forraje (Heady y Child, 1994).

La vista influye fundamentalmente en la elección del sitio de pastoreo y en pasturas de mayor homogeneidad de especies y estado de desarrollo, permite identificar las áreas de deposición de heces y orina (Arosteguy, 1984).

En sistemas de producción pastoriles animales y pasturas interactúan fuertemente a través del: (i) efecto de los animales en la utilización, composición, rebrote y persistencia de las pasturas bajo pastoreo, (ii) efecto de las características de las pasturas y la estructura de las mismas sobre el comportamiento, consumo y la producción animal.

El consumo y la selectividad animal bajo pastoreo tienen una importancia fundamental en determinar la productividad animal (Hodgson 1981, Poppi et al. 1987), y la eficiencia global de los sistemas pastoriles (Hodgson, 1990).

La relevancia técnica y económica del estudio de los factores que afectan la selectividad en los sistemas pastoriles radica en su incidencia sobre el valor nutritivo de la dieta cosechada, el consumo y la productividad de los animales (Montossi et al., 2000).

L'Huillier y Poppi (1984) sugieren que la selección por material verde aparece como un factor importante en determinar el horizonte de pastoreo de los ovinos. Arnold et al. (1966) define la selección de material verde frente al seco por la ventaja de tener mayor contenido de nutrientes y digestibilidad.

La selectividad animal por ciertas especies y ciertas partes de las plantas lleva a una defoliación desuniforme de la pastura (Harris, 1978). Al respecto, la distribución en el perfil de la pastura por parte de las diferentes especies conduce a distintos grados de defoliación de las principales partes de las plantas.

Al ser éstas comidas periódicamente y siendo las hojas los órganos preferidos por los animales (Myers, 1974), a medida que la defoliación se intensifica aumenta la proporción de tallos y estolones. De esta forma la defoliación modifica la estructura y capacidad productiva de la pastura, al perseguir el componente de mayor eficiencia fotosintética, lo que lleva a modificaciones importantes de los diferentes componentes.

Asimismo, la defoliación provoca un decremento transitorio en el crecimiento y la actividad radicular, afectando la absorción de agua y nutrientes, lo cual incrementa la susceptibilidad de las plantas a la ocurrencia de períodos de sequía. Además, en las leguminosas se produce la pérdida de nódulos así como disminución en la tasa de fijación de nitrógeno.

Las modificaciones que produce la defoliación en la pastura no se registran solamente en el perfil vertical sino también en su densidad.

Así, mientras un manejo por defoliación que permite alcanzar áreas foliares altas favorece el desarrollo de menos macollas de mayor peso y altas tasas de crecimiento (Jones et al., 1982), un manejo que favorece áreas foliares bajas promoverá más macollas de menor tamaño y bajas tasas de crecimiento (Grant et al., 1983). De esta manera, las pasturas crean gradualmente su propia arquitectura adaptada al manejo vigente.

2.2.3. Teorías de la selectividad

Los cinco modelos conceptuales de la selectividad de rumiantes en pastoreo han sido analizados por Provenza y Balph (1990) y se consideran no mutuamente excluyentes.

Estos mismos autores criticaron estas teorías, porque las mismas no toman en cuenta las consecuencias post-ingestivas para los animales por el hecho de seleccionar una dieta específica. Ellos argumentan que, con la excepción del sodio (Na), la evidencia experimental ha fracasado en demostrar que los animales pueden percibir (o sentir) directamente los minerales provenientes de la dieta que consumen.

Marten y Andersen (1975), Vallentine (1990), mostraron que la existencia de la Eufagia generalizada en animales en pastoreo de acuerdo al forraje que ellos consumen, está en la actualidad descartada. Por el contrario, existen evidencias que demuestran que las especies con alta digestibilidad o altos contenidos de proteína cruda pueden ser menos palatables para los animales (Vallentine, 1990). Por otra parte, los resultados obtenidos sobre diferentes alternativas forrajeras, podrían no llegar a ser claros hasta después de evaluar su efecto sobre el consumo y la digestión; por lo tanto, el significado de alternativas de pastoreo individuales por un nutriente específico, probablemente se pierda (Illius y Gordon, 1990).

La teoría del pastoreo óptimo (Crawley y Krebs, 1992) sostiene que como resultado del aumento de la presión de selección, los animales tenderían a buscar alimento y pastorear eficientemente. Hay una serie de razones que cuestionan esta hipótesis, que incluyen la variación animal individual encontrada en la selectividad, la cual es en parte genética y en parte por experiencia adquirida (Provenza y Balph, 1990). Adicionalmente, Illius et al. (1992), sostuvieron que los herbívoros podrían mostrar conductas de pastoreo que no maximicen su consumo, ya que estarían enfrentados a la dificultosa tarea de discriminar entre las partes más provechosas de las diferentes alternativas forrajeras. Además, ha sido expuesto que para los herbívoros (Westoby, 1974, 1978), maximizar la tasa de consumo de energía podría ser menos importante que obtener una dieta balanceada, libre de toxinas u otros compuestos anti-nutricionales provenientes de las plantas. Esta propuesta ha sido cuestionada por Stephens y Krebs (1986),

quienes afirman que la evidencia respecto a que los herbívoros seleccionan nutrientes para balancear su dieta no es consistente.

La complejidad de la estructura y composición de la vegetación y la necesidad de consumir una dieta variada para balancear el consumo, juegan un rol importante y fundamental en limitar la tasa de consumo de nutrientes (Illius y Gordon, 1993). La teoría del pastoreo óptimo fue postulada para explicar la selectividad ejercida por los depredadores, donde la calidad de la presa es de menor importancia con relación a la tasa con que la misma es consumida. En comparación, las plantas difieren marcadamente en su valor nutritivo (Malechek y Balph, 1987). Adicionalmente, Provenza y Cincotta (1993), remarcaron que los modelos económicos de maximización de la ganancia no consideran la dinámica natural de los procesos adaptativos y no pueden explicar por qué los animales dentro de una misma especie expresan diferentes hábitos alimenticios. Generalmente, los estudiosos de la selectividad (o de la alimentación) han ignorado la influencia de la digestión y la absorción de nutrientes sobre las decisiones de pastoreo, asumiendo que la eficiencia de la digestión es elevada y constante para un amplio rango de alimentos así como también dentro de un mismo individuo (Illius y Gordon, 1990, 1993).

La teoría de la morfofisiología y del tamaño de las especies, ha recibido las mismas críticas que la teoría del pastoreo óptimo, porque la misma ignora la variación potencial individual proveniente tanto de factores genéticos como de la experiencia obtenida a través del aprendizaje (Provenza y Balph, 1990).

Finalmente, la teoría de aprender por consecuencia (Provenza y Balph 1987, 1990, Provenza et al. 1988, Provenza y Cincotta 1993) está basada en las consecuencias pre y post ingestivas positivas y negativas de los animales durante el proceso de alimentación, las cuales pueden ser tanto sociales, como procesos individuales y experiencias erróneas. Este es esencialmente un modelo conceptual y está todavía en etapas tempranas de desarrollo (Provenza y Cincotta, 1993). En algunos aspectos, aprender por consecuencia tiene que ver con los cinco desafíos que los rumiantes enfrentan durante el pastoreo (Provenza y Balph, 1990), los cuales fueron definidos por estos autores como: a) el ambiente de pastoreo es altamente variable en la cantidad de energía, proteína y minerales ofrecidos según la alternativa forrajera; b) los rumiantes tienen que hacer frente a las defensas

químicas de las plantas, las cuales pueden reducir o interferir con los procesos metabólicos, pudiendo llegar a causar muertes; c) los rumiantes tienen que hacer frente a las defensas morfológicas de las plantas, tales como la presencia de material muerto en algunos pastos, espinas, arbustos y plantas leñosas, diferencias en forma y arquitectura de la pastura; d) la variación espacial y temporal en cuanto a la oportunidad de obtener alimento eficientemente, y e) la presencia de ambientes de pastoreo extraños o desconocidos, donde los rumiantes tienen que moverse y alimentarse en situaciones poco frecuentes, tales como la presencia de fuego, lluvia o nieve, los cuales afectan rápida y significativamente la vegetación disponible.

Estas cinco teorías no son mutuamente excluyentes. Ellas tienen diferencias en sus orígenes, con el aporte de diversas áreas de la ciencia, incluyendo la ciencia animal, y a su vez son complementarias en varios aspectos.

Lynch et al. (1992) evaluaron las cinco teorías y concluyeron que aprender por consecuencia aparenta ser la más ampliamente aceptada conceptualmente, y que algunas de las otras teorías pueden ser simplistas en explicar la selección de la dieta en rumiantes.

Recientemente, Bazely (1989, 1990), Laca et al. (1993), Demment et al. (1993), desarrollaron un modelo basado en el teorema del valor marginal (Charnov 1976, Bazely 1990).

El modelo de Laca et al. (1993) predice la selectividad en base a los sitios de selección y la utilización de la pastura, argumentando la necesidad de estimar la tasa de consumo sobre la base de parámetros en la pastura, con el objetivo de realizar progresos o avances teóricos para predecir sitios de selección por los animales en pastoreo. Su modelo está basado principalmente en el del "pastoreo óptimo" y parcialmente en el modelo de la "morfofisiología y tamaño de las especies", y no toma en cuenta los efectos retrospectivos de los factores post-ingestivos en los animales a pastoreo. El modelo estima la tasa instantánea de consumo de forraje en función de distancias entre parches donde se concentra el pastoreo y las diferencias entre altura de los mismos. Las evidencias obtenidas demuestran que existe una asociación entre las variables observadas y predichas en el modelo,

pero la tasa instantánea de consumo estuvo consistentemente sobreestimada por el mismo.

Según Taylor (1993), todos los modelos usados hasta el presente, para interpretar la selectividad animal, tienen bajos valores predictivos, especialmente en relación a la heterogeneidad espacial y temporal de las vegetaciones.

2.2.4. Factores del animal que afectan la selectividad

Estudios experimentales han demostrado que la selección de la dieta en rumiantes puede estar relacionada con el tamaño corporal y variables relacionadas al mismo (Van Dyne et al. 1980, Arnold 1981, Demment y Van Soest 1985, Hodgson 1985, 1990, Illius y Gordon 1987, 1990, 1993, Demment y Greenwood 1988, Gordon y Illius 1988, Black 1990, Milne 1991, Gordon y Lascano 1993). Demment y Van Soest (1985) sugirieron que animales pequeños tienen mayores costos metabólicos por unidad de volumen del rumen que los animales más grandes. Como consecuencia, los rumiantes pequeños tienen que seleccionar forrajes con alta tasa de fermentación, rápida producción de energía y alta velocidad de pasaje a través del rumen, en comparación con rumiantes más grandes. Los animales grandes pueden utilizar los alimentos de pobre calidad mejor que los animales pequeños, ya que los primeros pueden comer y retener la pared celular de las plantas durante más tiempo durante el proceso de rumia, permitiendo una mejor digestión.

Tanto el rumen y el tamaño corporal varían entre especies, resultando en diferentes habilidades digestivas para degradar forrajes fibrosos, árboles y arbustos (Demment y Van Soest, 1985). No obstante, hay excepciones para esta relación causal, dadas por la habilidad diferencial entre rumiantes para consumir plantas conteniendo altas concentraciones de taninos condensados. Los venados reducen el efecto negativo del consumo de altas concentraciones de taninos condensados a través de su habilidad para producir prolina, que es una proteína que se encuentra en la saliva del animal (Robbins et al., 1987), la cual tiene un efecto neutralizador.

El labio hendido y la morfología dental de los animales en pastoreo (ancho y plano de la arcada incisiva) afectan su eficiencia en seleccionar partes individuales de las plantas, mientras que la presencia de incisivos estrechos y más puntiagudos en animales en ramoneo permite una mejor

selectividad (Gordon y Illius, 1988). El tamaño de la arcada incisiva ha sido usado para explicar por qué el ganado bovino es menos hábil que el ovino para discriminar entre diferentes componentes del forraje (Gordon y Illius 1988, Black 1990, Milne 1991).

Varios investigadores (Dudzinsky y Arnold 1973, Langlands y Sanson 1976, Marten 1978, Jamieson y Hodgson 1981, Hughes et al. 1984, Grant et al. 1985, 1987, Hodgson 1990) demostraron que los ovinos seleccionan dietas que contienen mayor cantidad de componentes vivos que los bovinos, resultando en dietas de mayor valor nutritivo.

Debido al tamaño más grande de la mandíbula y al uso de la lengua en el ganado bovino, esta especie es menos precisa en la selección de diferentes partes de las plantas durante el proceso de pastoreo, en comparación con los ovinos, particularmente cuando el material verde y muerto está íntimamente mezclado en la estructura de la pastura. No obstante, la mandíbula más fuerte y la acción de sacudida de la cabeza del bovino, dan a esta especie ventajas comparativas para consumir componentes más fibrosos de la pastura.

Algunas evidencias sugieren que los ovinos pueden pastorear más profundo dentro de la pastura que los bovinos (Grant et al. 1985, Hodgson 1990). Sin embargo, Hodgson (1985), resumió varios trabajos experimentales y sugirió que hay pocas evidencias que demuestren diferencias en la selectividad entre especies, en una amplia gama de condiciones de pasturas templadas, compuestas principalmente por raigrás perenne (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*).

Las variaciones encontradas en la selectividad, asociadas con la edad del animal, han sido muy escasas (Arnold 1981, Hodgson 1982, Hughes et al. 1984), resultado que probablemente se explique como consecuencia de la inestabilidad en los patrones de selección en animales jóvenes (Hodgson, 1990). También, dietas muy similares han sido encontradas en cabras adultas y jóvenes consumiendo plantas arbustivas (Provenza y Malechek, 1986). No obstante, las cabras jóvenes perdieron más peso que las adultas, probablemente reflejando una mayor pérdida de energía debido a la menor habilidad de pastoreo y a la mayor velocidad de la tasa de pasaje del alimento durante el proceso de digestión en el rumen.

En general, ha sido bien documentada la existencia de marcadas diferencias entre miembros individuales de una misma especie animal en sus preferencias por especies vegetales (Walton 1983, Grant et al. 1987).

Por otra parte, la selección de la dieta puede variar sustancialmente entre animales en el mismo día, así como también para los mismos animales en diferentes días (Vallentine, 1990).

La experiencia previa de los animales en etapas tempranas de su vida y la presencia materna, han sido mencionados como factores de relevancia en el desarrollo de las preferencias alimenticias de los animales en pastoreo y ramoneo (Hodgson 1981, Lascano et al. 1985).

Los sentidos de los animales (vista, tacto en labios y boca, gusto, olfato y oído) en pastoreo pueden relacionarse a la selección de la dieta, siendo sus interacciones complejas y no predominando un sentido en todas las situaciones (Arnold et al. 1966, Vallentine 1990). Los sentidos reciben los estímulos químicos que afectan la elección entre tipos de vegetación, entre diferentes especies o partes de las mismas. La aceptabilidad de las diferentes plantas o partes de éstas, estará dada por los contenidos de azúcares, ácidos orgánicos, taninos y alcaloides (Arnold, 1981).

El rol del olfato y del oído en la selectividad, ha demostrado ser de limitada importancia (Arnold et al. 1966, 1981, Vallentine 1990, Lynch et al. 1992). El tacto y el gusto operan en la etapa en que la oveja es encarnada, mientras que el olfato y la vista pueden operar a la distancia (Bazely, 1990). El sentido de la vista opera principalmente orientando a las ovejas en el espacio, pero no lo hace en la selección de especies dentro de un sitio de pastoreo (Marten 1978, Vallentine 1990). Hay evidencia que muestra que el sentido del tacto puede influir sobre las preferencias de los animales (Marten, 1978). El tacto es importante en aquellos animales que generalmente seleccionan en contra de materiales toscos, ásperos y espinosos (Vallentine, 1990). Ivins et al. (1958), sugirieron que ecotipos pilosos de *Holcus lanatus*, afectan su palatabilidad.

El gusto parece estar implicado en motivar la aceptación del alimento (Vallentine, 1990), aunque Provenza y Balph (1987) argumentaron que el efecto de este sentido sobre la selección de la dieta puede estar determinado por el ambiente de pastoreo.

Arnold y Hill (1972), Arnold (1981), analizaron la información relacionada a los factores químicos de las plantas que influyen en las preferencias de los animales en función del olfato y del gusto. En ambos análisis los autores llegaron a las mismas conclusiones: a) los animales no pueden reconocer y responder a las concentraciones moleculares en la forma en que aparecen en las plantas, con algunas excepciones tales como sodio o sales de potasio y azúcares; b) las preferencias de los animales están cuestionablemente vinculadas con los componentes nutritivos de las plantas; c) considerando las asociaciones positivas o negativas entre las preferencias animales y los compuestos particulares de las plantas, no pueden ser establecidas relaciones causales debido a la naturaleza multidimensional del proceso de selección.

Simons y Marten (1971), Arnold y Hill (1972), Marten y Jordan (1974), Marten (1978), trabajando con varias especies forrajeras (*Phalaris arundinacea*, *Dactylis glomerata*), encontraron que ciertos alcaloides y taninos eran rechazados por las ovejas. Recientemente, investigaciones sobre las características bioquímicas de las preferencias alimenticias han tomado relevancia particularmente enfocadas al rol de los compuestos secundarios de las plantas (ej. taninos condensados) sobre las diferentes estrategias de selección de los rumiantes (Barry y Blaney 1987, Malechek y Balph 1987, Provenza y Balph 1987, 1990, Provenza et al. 1988).

Los ovinos en pastoreo seleccionan las partes de las plantas más palatables y estas partes son usualmente las partes más nutritivas (Doane y Anderson, 1996).

Según Carámbula (1996) la vista influye fundamentalmente en la elección del sitio de pastoreo y de acuerdo con Arosteguy (1984), en pasturas homogéneas de especies y estados de desarrollo, este sentido tiene en cuenta principalmente las áreas de deposición de heces y orina.

La estructura de la boca, como es el labio hendido y la morfología dental de los animales en pastoreo afectan su eficiencia en seleccionar partes individual de las plantas (Gordon y Illius, 1988).

Poppi et al. (1987), sugirieron que el consumo animal en condiciones de pastoreo está regulado fundamentalmente por dos grupos de factores: (i) factores nutricionales y (ii) factores no nutricionales.

Consumo animal y forraje disponible están relacionados generalmente en forma curvilínea, distinguiéndose claramente dos secciones en la curva: (i) en la parte ascendente los factores (no-nutricionales) relacionados a la habilidad de los animales para cosechar la pastura aparecen como determinantes del consumo, siendo los factores de mayor importancia la estructura de la pastura, la conducta de pastoreo de los animales (consumo por bocado, tasa de bocados y tiempo de pastoreo) y selección, mientras que en la sección asintótica de la curva (ii) factores nutricionales como la digestibilidad de la pastura, tiempo de permanencia del alimento en el rumen y la concentración de productos finales de la digestión ruminal adquieren considerable importancia en determinar el consumo. Esta conceptualización de Poppi et al. (1987), de los factores que afectan el consumo en condiciones de pastoreo sirven para ejemplificar las relaciones existentes. Sin embargo, ambos tipos de factores están actuando conjuntamente en determinar el consumo a baja o alta disponibilidad de forraje.

Estudios experimentales muestran que ovinos sobre pasturas con baja disponibilidad pueden lograr mayores tasas de consumo que bovinos (Hodgson, 1981). Esta diferencia estaría asociada a los mecanismos diferenciales de pastoreo usados por ambas especies (hábito de pastoreo, uso de dientes versus uso de lengua y por el tamaño de la boca).

Diferencias entre especies de animales y la edad de los mismos también son importantes factores en determinar la calidad de la dieta obtenida, los ovinos seleccionan dietas de mayor nivel nutritivo que los bovinos, mientras que las cabras seleccionan más gramíneas que leguminosas que los ovinos en similares condiciones. Los corderos tienden a seleccionar dietas con mayor proporción de leguminosas que ovinos adultos. Estas diferencias asociadas a la especie y la edad se explican por la habilidad y el método de cosecha, la forma de la cabeza, el tamaño y forma de la boca, el peso y la demanda de nutrientes de cada animal bajo estudio (Hughes et al., 1983).

La selección de la dieta puede variar marcadamente entre individuos de una misma especie animal (Vallentine, 1990).

La dieta que cosechan ovinos y bovinos es sustancialmente superior en valor nutritivo al que presenta el forraje ofrecido, independientemente de la comunidad vegetal (campo natural: CN, campo natural fertilizado: CNF y

campo natural mejorado: CNM) o de la estación del año considerada. Al respecto, cabe recordar, que en el caso del CN, la dieta de ovinos y bovinos contiene valores de 60 a 82% mayores de digestibilidad de materia orgánica (DMO) y entre 33 y 40% mayores de PC que el forraje ofrecido. Para el CNF, estas diferencias oscilan entre 33 y 145% para DMO y entre 0 y 14% para proteína cruda (PC). En el CNM, la dieta contiene valores de 38 a 84% mayores de DMO y entre 19 a 56% mayores de PC que el forraje ofrecido (Montossi et al., 2000).

En la mayoría de las situaciones los ovinos fueron capaces de seleccionar una dieta de mayor valor nutritivo que los bovinos, demostrando su mayor habilidad para cosechar hojas verdes de gramíneas, leguminosas y hierbas enanas en las diferentes alternativas disponibles en el forraje ofrecido. Es así que la dieta de ovinos contiene valores de 3 a 25% mayores de DMO y entre 11 a 33% mayores de PC que la de bovinos. Durante el proceso de selección, el uso de una mandíbula más grande y la lengua en el bovino, no le permite a esta especie ser tan precisa como el ovino en seleccionar los componentes más nutritivos del forraje ofrecido, particularmente cuando el material verde y muerto están íntimamente mezclados y distribuidos en todos los estratos de la pastura (Montossi et al., 2000).

Este efecto importante observado en selectividad animal, así como todos aquellos factores ligados a las características de las pasturas y los animales que determinan el consumo (Montossi et al., 1998), estarían explicando por qué normalmente se presentan incongruencias, para predecir la productividad animal en base al valor nutritivo del forraje ofrecido. Por lo tanto, para realizar presupuestaciones forrajeras con el objetivo de estimar la capacidad de carga y los niveles productivos alcanzables sobre las diferentes comunidades vegetales, será necesario considerar los efectos de la selectividad animal y las diferencias existentes entre especies de animales (ovinos versus bovinos), así como el efecto de la estación del año, disponibilidad, altura y estructura del forraje.

2.2.5. Factores de la pastura que afectan la selección de la dieta

La selectividad animal tiene influencia marcada sobre la digestibilidad de la dieta consumida en comparación con la pastura ofrecida y afecta directamente el consumo a causa de la influencia del tamaño de bocado

(Poppi et al., 1987). Los ovinos reducen el consumo cuando penetran la superficie de la pastura para obtener los componentes verdes de la misma durante el período estival (L' Huillier et al., 1984). Los animales seleccionan entre bocados alternativos en la pastura, obteniendo bocados más pequeños que los animales que no están discriminando entre componentes de la misma, indicando que la conducta de pastoreo selectivo "podría no ser necesariamente vista como una ventaja en términos nutricionales para el animal" (Hodgson, 1985), porque la menor tasa de consumo de forraje puede no ser compensada por un mayor valor nutritivo de los bocados consumidos.

Para definir los mecanismos de selección varios autores han utilizado el concepto de un proceso que comprende dos fases: "sitio de selección o sitio de pastoreo" y "selección del bocado" (Hodgson 1982, Milne 1991, Gordon y Lascano 1993). Sin embargo, hay definiciones contradictorias de estos términos entre autores: sitio de selección ha sido usado para definir la selección en niveles de pastoreo reducidos (Milne 1991, Gordon y Lascano 1993) o a nivel de comunidades vegetales (Hodgson, 1982). En esta revisión, sitio de selección se refiere principalmente a la selección del área de pastoreo en un plano horizontal, mientras que selección del bocado se refiere a la selección de bocados individuales dentro de un sitio previamente elegido por el animal, incluyendo tanto el plano horizontal como el vertical en pequeñas áreas (ej. parches de pastoreo), (Hodgson, 1982). El pastoreo selectivo probablemente esté relacionado a parches de vegetación (o a muestras) más que a plantas individuales o a componentes de las plantas.

La selección del bocado por parte de los animales está influenciada por las preferencias de los mismos sobre los componentes específicos de las plantas y por la abundancia relativa y accesibilidad a éstos (Hodgson, 1982). La descripción y discusión de la selección del bocado dentro de una pastura, podría dividirse en: selección de partes de plantas y selección de especies forrajeras. Dado el gran cúmulo de información disponible en la bibliografía internacional, la discusión sobre este último punto se concentra sobre los resultados encontrados en la selección de trébol blanco en pasturas templadas con predominancia de raigrás perenne.

Ha sido claramente documentado en la literatura internacional que la dieta de animales en pastoreo en relación a lo ofrecido en la pastura,

contiene mayores proporciones de hoja y componentes vivos, que tallos y material muerto (Arnold 1981, L´ Huillier et al. 1984)

Hodgson (1981), Valentine (1990), Montossi (1995) sugieren que la selección animal depende principalmente de las proporciones relativas de cada uno de los componentes de las pasturas y de la distribución vertical en el perfil de las mismas. En pasturas templadas, evidencias experimentales muestran que los animales seleccionan más leguminosas que gramíneas (Briceño y Widman 1981, Boostmam et al. 1990, Armstrong et al. 1993).

El material muerto puede ser rechazado por el animal debido a su baja preferencia y su baja accesibilidad en la base de la pastura (Poppi et al. 1987, Vallentine 1990). Lo contrario ocurre con el material vivo o verde, donde altas proporciones de hoja verde aparecen en la dieta dada la facilidad de cosecha y masticación de la misma. La distribución vertical de los componentes de la pastura influye en el valor nutritivo de la dieta cosechada por los animales, donde los componentes nutritivos más importantes (hoja verde) del punto de vista de nutrición animal se distribuyen en los estratos más altos de la pastura (Montossi et al., 1998a).

Resultados de estudios de Hodgson y Maxwell (1981) demostraron la influencia de la estructura del tapiz en el comportamiento ingestivo y en el consumo de nutrientes de animales en pastoreo.

Características de la pastura tales como el forraje disponible, estructura vertical de la pastura, y especies forrajeras han sido postuladas como los mayores factores afectando la habilidad de los animales en pastoreo para cubrir sus requerimientos (Poppi et al., 1987).

La accesibilidad a los diferentes componentes de una pastura, depende de la altura, densidad y posición en el tapiz relativa frente a los otros componentes (Kenney y Black, 1984). La elección entre fuentes alternativas de forraje está fuertemente influenciada por la tasa de consumo potencial, la cual está controlada principalmente por la altura y la densidad de la pastura, la distribución vertical y horizontal de los distintos componentes de la misma y la experiencia previa de consumo del animal (Montossi et al., 2000).

Los animales seleccionan material verde, mientras el muerto es rechazado por tener poca preferencia y por su baja accesibilidad al estar

ubicado en los estratos bajos del tapiz (Arnold 1981, Clark et al. 1982, Poppi et al. 1987). Arnold (1981), Poppi et al. (1987) observaron que la dieta de ovinos en pastoreo contenía generalmente más proporción de nitrógeno y energía metabolizable, menos fibra y mayor digestibilidad que el material ofrecido.

Según Kenney y Black (1984), forrajes que pueden ser consumidos a mayores tasas son preferidos ante aquellos que se consumen a una tasa menor. También afirman que las características físicas y químicas de los alimentos determinan tanto las preferencias como la tasa de consumo de alimento. En otro experimento, Black y Kenney (1984), reportan que las ovejas preferían los tapices altos a los cortos, a excepción de los tapices muy densos y altos, los cuales se rechazaban.

La selección de la dieta por los ovinos fistulados esofágicos refleja la composición de los estratos superiores del tapiz (por encima de 4 cm), sugiriendo que las diferencias en la estructura vertical entre las leguminosas y las gramíneas determinan la selección de los ovinos dentro del tapiz (Montossi et al., 1997).

2.2.6. Selección de componentes de las plantas que integran una pastura

Una alta proporción de hoja verde en la dieta seleccionada puede estar asociada a su facilidad de aprehensión, ya que las hojas tienen estructuras menos rígidas y de mayor facilidad de ruptura que los tallos (Hodgson 1982, Poppi et al. 1987). Cuando las pasturas contienen más de un 70% de material muerto, la dificultad para cosechar los componentes verdes de la misma es uno de los principales factores que influyen en el menor consumo alcanzado (Poppi et al., 1987).

Varios trabajos experimentales (Kenney y Black 1984, Arnold 1987, Bazely 1990, Black 1990, Illius y Gordon 1990, Laca y Demment 1991, Illius et al. 1992, Demment et al. 1993, Laca et al. 1993) sugieren que los ovinos y bovinos prefieren el forraje que pueda ser consumido con mayor rapidez (o a una alta tasa), a pesar que este hecho resulte en el consumo de una dieta de menor digestibilidad (Gordon y Lascano 1993, Clark 1993). La elección entre diferentes fuentes alternativas de forraje está fuertemente influenciada por la tasa de consumo potencial, la cual está principalmente controlada por

la altura y el volumen de forraje de la pastura, por la distribución vertical y horizontal de los diferentes componentes de la planta y de la pastura (Allden y Whittaker 1970, Stobbs 1973a, 1973b, 1975, Hodgson 1985, 1990, Burlison et al. 1991, Mitchell et al. 1991, Laca y Demment 1991, Laca et al. 1992, Clark 1993), por la experiencia previa inmediata del animal en pastoreo (Newman et al., 1992) y la experiencia del animal en el largo plazo (Flores et al., 1989a, 1989b), y últimamente por el grado de apetito del animal (Newman et al., 1994).

Los trabajos con ovinos, bovinos y cabras de Clark et al., citados por Gordon e Illius (1988), Gordon y Lascano (1993), y los de Black y Kenny (1984) con ovejas, muestran que los animales prefieren forrajes altos y esparcidos más que bajos y densos. Adicionalmente, los ovinos son menos sensibles que las cabras a diferencias en altura, tomando bocados de la parte más alta de la pastura. Estos descubrimientos han sido confirmados por los trabajos experimentales de Gong et al. (1993).

2.2.7. Selección de especies forrajeras

La selección dependerá de las preferencias animales entre los componentes alternativos de la pastura, así como de su distribución dentro de la misma (Hodgson, 1981).

Las diferencias en altura entre las gramíneas y leguminosas de la pastura parecen ser de mayor importancia en la determinación de las preferencias alimenticias de ovinos y caprinos que el estado relativo de madurez de la misma (Illius et al. 1992, Gong et al. 1993).

En su estudio acerca del desarrollo y uso de un método genérico para predecir la composición botánica de la dieta de herbívoros y su influencia en las decisiones de carga animal, Quirk y Stuth (1996) encontraron que la composición de la dieta se predice adecuadamente por ecuaciones de regresión sobre la base de las proporciones observadas en la pastura de las especies preferidas e indeseables para los animales. Según estos autores, la predictibilidad de la composición de la dieta es mejor cuando se realiza en base a categorías de selección (especies preferidas e indeseables) que cuando se consideran especies individuales dentro de cada categoría. Las ecuaciones de regresión explican el 60% de la variación y esas relaciones fueron algunas veces dependientes del tipo de animal y estación del año, así como de la disponibilidad relativa de especies indeseables.

En un trabajo acerca de la influencia del sistema de pastoreo y las estaciones del año en la composición de la pastura disponible y el comportamiento selectivo de ovinos, Formoso y Coluchi (1999) encontraron que existieron diferencias significativas en la composición de la dieta entre estaciones para gramíneas invernales, gramíneas estivales y restos secos. Cuando clasificó las gramíneas invernales y estivales en tipos productivos (Rosengurtt, 1977), obtuvo diferencias significativas en la composición de la dieta entre estaciones para el tipo productivo tierno y ordinario. El sistema de pastoreo no incidió significativamente en el comportamiento selectivo de los ovinos.

Las leguminosas no sólo deben estar en una proporción aceptable en la pastura ofrecida, para tener posibilidades de ser seleccionadas con vistas a un incremento en la productividad animal, sino también ser accesibles para el animal en pastoreo (Montossi et al., 2000).

El valor nutritivo de la dieta seleccionada por ovinos es significativamente mayor al del forraje ofrecido al cual tienen acceso los animales, independientemente de la estación del año y tipo de comunidad vegetal (Montossi et al., 2000). Los ovinos cosecharon dietas con mayor proporción de leguminosas y hierbas enanas en las diferentes comunidades vegetales evaluadas. En pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas la dieta está compuesta por una mayor proporción de la leguminosas (Curll et al., citados por Carámbula, 1996).

2.2.8. Altura y disponibilidad del forraje

La eficiencia de utilización cuantifica la proporción de forraje acumulado que es consumido (Holmes 1980, Berretta y do Nascimento 1991) o destruido (Berretta y do Nascimento, 1991) por los animales y puede abarcar valores inferiores al 50% hasta superiores al 90%. Según Campbell (1966), el forraje utilizado, puede ser definido como la proporción removida por el pastoreo en relación con lo que había inicialmente, más el crecimiento del forraje durante ese período.

Vaz Martins y Bianchi (1982), señalan que el porcentaje de utilización aumenta siempre en relación directa con el incremento en la presión de pastoreo, aunque conduzca a menores ganancias individuales. A medida que aumenta el porcentaje de utilización la altura y cantidad del forraje rechazado disminuyen (Tayler, citado por Vaz Martins y Bianchi, 1982).

Generalmente, se da una relación inversa entre las eficiencias de crecimiento y utilización de forraje, siendo baja la tasa de crecimiento en tapices pastoreados severamente y alta la eficiencia de utilización (Hodgson, 1990).

Bicham y Hodgson, citados por Parsons et al. (1994), establecen que bajos niveles de utilización de forraje resultan en una excesiva pérdida por senescencia, una rápida disminución en la población de macollos y eventualmente en una disminución en el potencial productivo de la pastura. Convencionalmente, se establece que los límites a la sobre utilización o sub utilización, pueden ser definidos más objetivamente en términos de población de macollos y nudos, área foliar y disponibilidad de forraje.

La eficiencia de utilización del forraje desciende progresivamente con el incremento en la asignación de forraje, por lo cual, se da una relación inversa entre consumo de forraje por animal y eficiencia de utilización de forraje (Hodgson, 1990).

Es importante considerar que el manejo de la disponibilidad, asociada con la estructura del forraje de las comunidades vegetales, es uno de los componentes más importantes en determinar la eficiencia productiva de los sistemas pastoriles (Montossi et al., 1998b). El mismo tiene influencia sobre las tasas de crecimiento, senescencia y producción neta de forraje, así como sobre la producción animal, afectando la utilización y el consumo. El conocimiento más profundo de las interacciones entre las plantas y los animales resultarán en sistemas más eficientes tanto del punto de vista biológico como económico, teniendo además claras implicancias sobre la conservación del recurso forrajero.

Para expresar la cantidad de forraje (por hectárea o por individuo) que se ofrece a los animales en pastoreo en un momento dado, se utiliza el concepto de disponibilidad. El valor práctico de este término y su relación con el comportamiento animal depende fundamentalmente de la proporción de forraje disponible que es consumido, de su valor nutritivo y de la eficiencia de conversión del mismo en carne, lana o leche.

La disponibilidad de forraje guarda relaciones estrechas con el comportamiento animal. Por un lado relaciones cuantitativas, ya que afecta en forma directa el volumen de forraje consumido y por otras relaciones cualitativas, teniendo en cuenta las diferentes posibilidades que se ofrecen

para que los animales ejerzan selectividad para completar su dieta (Millot et al., 1987)

De esta forma, los efectos de la disponibilidad además de afectar la cantidad de forraje consumido, modifican su calidad mediante las oportunidades de selección de la dieta. En este sentido, dado que los animales seleccionan generalmente el forraje más tierno, verde y hojoso, el cual es de digestión más rápida, la velocidad de pasaje por el tracto digestivo es acelerada y por consiguiente el consumo se ve incrementado (Pearson e Ison, 1994).

La disponibilidad de forraje afecta en forma notable el consumo animal. Al reducirse la disponibilidad disminuye la cantidad de forraje por bocado y aunque se incrementa el tiempo de pastoreo, éste puede resultar insuficiente para mantener el consumo y finalmente el animal deja de pastorear. Un tiempo de pastoreo muy largo significa que existen condiciones limitantes en la pastura. Se puede asegurar que el consumo diario refleja los cambios en el consumo por bocado el cual, al cambiar las condiciones de la pastura, resulta ser el parámetro más sensible del comportamiento animal.

En el rango de 500 a 2500 kg de materia seca ha^{-1} , cuanto mayor es la entrega de forraje mayor es el desempeño animal y cuanto más alto es el porcentaje de materia verde mejor será su comportamiento (Smith et al., 1982).

No obstante, según Beattie y Thompson (1989), el consumo de los ovinos sufre restricciones cuando la disponibilidad es menor de 1200 kg de materia seca ha^{-1} y solo se producen pequeños incrementos cuando las cantidades exceden los 2500 kg de materia seca ha^{-1} .

Mientras a bajas disponibilidades el consumo se ve limitado por la altura de la pastura y la proporción de forraje verde, a altas disponibilidades los factores que afectan el consumo son de carácter nutricional e incluyen la digestibilidad, el tiempo de permanencia de la digesta en el rumen y la concentración de los productos metabólicos en la misma (Poppi et al., 1987).

Las disponibilidades en una pastura no deben ser extremas. A bajas disponibilidades (sobrepastoreo), la cantidad de forraje es insuficiente y el consumo es reducido. No obstante, la calidad ofrecida es muy buena debido

al rebrote constante al que se somete la pastura. A altas disponibilidades (subpastoreo), si bien la cantidad de forraje es suficiente, su calidad es inferior por el incremento de restos secos, como consecuencia de la acumulación excesiva de los mismos, y por lo tanto se desperdicia forraje.

Por consiguiente, se debe regular la dotación para evitar estas situaciones y ofrecer a los animales posibilidades apropiadas de forraje de adecuada calidad. De lo contrario, ambas situaciones extremas conducen no solo a producciones animales deficientes sino también a la degradación de la pastura.

Normalmente el consumo desciende en forma progresiva a medida que disminuye la disponibilidad y según Minson (1990), ello sucede debido a una reducción del tiempo de pastoreo, de la tasa de bocados y del tamaño del bocado.

Cuando se requiere un alto consumo por velocidades elevadas de crecimiento y engorde o por lactación, la pastura se debe manejar apostando a disponibilidades elevadas y dejando rechazos altos, ya que las características nutricionales adquieren gran importancia en la regulación del consumo.

Estos aspectos se relacionan con la digestibilidad, las características físicas del material de las plantas y el tipo de nutrientes liberados en la digestión. Así mismo, se debe recordar que en leguminosas el consumo máximo se alcanza a niveles menores de disponibilidad que en las gramíneas y que el nivel máximo de consumo siempre es mayor en las primeras que en las segundas (Nicol y Nicoll, 1987).

2.3. PASTOREO Y CRECIMIENTO

2.3.1. Frecuencia e intensidad del pastoreo

Con referencia al número de pastoreos o cortes (frecuencia de cosecha), a pesar de que cada especie posee un período de crecimiento limitado, cuanto mayor es el número de ellos, o sea la frecuencia, menor es el tiempo de crecimiento entre dos aprovechamientos sucesivos y por lo tanto más baja la producción de forraje de cada uno de ellos.

Si bien como se ha expresado la frecuencia de utilización depende de cada especie en particular o de la composición de la pastura y de la época del año en que se realice, el elemento que determinará la longitud del período de crecimiento será la velocidad de la pastura en alcanzar el volumen adecuado de forraje, aspecto que será demarcado en teoría por el IAF óptimo.

Así, en pasturas con IAF óptimos bajos, como aquellas dominadas por tréboles, es posible realizar un aprovechamiento más intenso con defoliaciones más frecuentes que en pasturas dominadas por gramíneas erectas dado que el IAF óptimo sería para las leguminosas entre 3 y 5 y para gramíneas entre 9 y 10 (Carámbula, 1996).

Con referencia al rendimiento de cada pastoreo o corte (intensidad de cosecha) éste está dado por la altura del rastrojo al retirar los animales o después de efectuado un corte y no solo afecta el rendimiento de cada defoliación, sino que condiciona el rebrote y por lo tanto la producción total. En este sentido la mayor intensidad tiene una influencia positiva en la cantidad de forraje cosechado pero negativa en la producción de forraje subsiguiente.

Por otra parte, es muy importante que el rastrojo que se deja sea realmente eficiente y para que esto suceda debe estar formado por hojas nuevas con porcentajes mínimos de mortandad, lo cual compensa temporariamente eventuales IAF bajos.

Cada especie posee una altura mínima a la cual puede dejarse el rastrojo sin que el crecimiento posterior sea afectado desfavorablemente. Así, las especies prostradas admiten alturas menores de defoliación que las especies erectas, aunque estas últimas puedan adaptar parcialmente su

crecimiento hacia arquitecturas más achaparradas como respuesta a un manejo intenso.

Por esta razón para evitar inconvenientes y como recomendación general las especies postradas pueden ser pastoreadas en promedio hasta 2,5 cm y las erectas entre 5 y 7,5 cm. De no operarse así se pueden causar daños irreparables. Respecto a este comportamiento, Matches (1966) trabajando con *Festuca arundinacea*, especie semierecta a erecta, observó que cuando se realizaban cortes cada 10 días dejando rastrojos de 6 cm, las plantas sobrevivían y ofrecían buenos rendimientos.

Es evidente entonces que un manejo severo continuo puede llevar a una reducción drástica en el vigor de las plantas por bajas reservas, áreas foliares remanentes escasas y efectos negativos sobre los puntos de crecimiento.

2.3.2. Area foliar y crecimiento

La relación entre área foliar, intercepción de luz y crecimiento resultante es fundamental en ecosistemas terrestres en la medida en que la síntesis primaria de materia seca resulta de la actividad fotosintética de las hojas de las plantas.

Estudiando la intercepción de la luz en una pastura de raigrás, trébol blanco y trébol rojo, se observó una fase inicial en la cual a medida que aumentaba el I.A.F., la tasa de crecimiento también lo hacía hasta que un 95% del total de la luz incidente era interceptada. Una segunda fase donde la tasa de crecimiento se mantenía constante, y una tercera etapa donde los incrementos en el I.A.F. provocaban descensos en la tasa de crecimiento (Brouham, 1956).

Kasanaga y Monsi (1954) propusieron que en la medida que las plantas respiran y fotosintetizan simultáneamente, habría un I.A.F. óptimo en el cual la iluminación de las hojas más bajas de la comunidad estaría apenas por encima del punto de compensación de la luz, punto en el cual los procesos de fotosíntesis y respiración se igualan. También establecieron que en este I.A.F. se producía la máxima utilización de luz por parte de la comunidad para la fotosíntesis y fijación de CO₂.

Aumentos en el I.A.F. por encima del óptimo dejaban a las hojas del estrato inferior, por debajo del punto de compensación de la luz, por lo cual se producía una pérdida neta en la fijación de CO₂. Se estableció que las hojas inferiores continuaron respirando hasta que la planta alcanzó un punto en el cual la tasa de muerte de las hojas basales igualaba a la de aparición de hojas nuevas. A este I.A.F. se lo llamó “techo” y en el caso de una comunidad vegetal, constituía también el “rendimiento techo”, ya que la producción está constituida por órganos fotosintéticos.

2.4. CONSUMO ANIMAL

2.4.1. Consumo voluntario de forraje

En nutrición animal se reconocen cuatro aspectos básicos que se deben tomar en cuenta: requerimientos del animal, contenido nutricional de los alimentos, su digestibilidad y la cantidad consumida por el animal. La nutrición de rumiantes en pastoreo es un proceso complejo con características y problemas particulares (Mejía, 2002).

Según Mejía (2002), los requerimientos del ganado no se conocen con precisión debido a que son modificados por la actividad de pastoreo y condiciones ambientales. En otro sentido, el valor nutricional y digestibilidad son difíciles de determinar porque el animal selecciona su dieta de una combinación de especies y partes de plantas. Pero el factor más crítico en relación a los requerimientos de rumiantes en pastoreo es el desconocimiento del consumo voluntario.

Un animal consume hasta cubrir sus requerimientos nutricionales, pero este es limitado por factores físicos, fisiológicos del animal y de las plantas, estrategias de manejo de plantas, animales y factores ambientales (Mejía, 2002).

El consumo de materia seca de forraje es el factor más importante que regula la producción de rumiantes en pastoreo. El valor de un forraje depende más de la cantidad consumida que de su composición química (Mejía, 2002).

Mejía (2002) define al consumo voluntario como la cantidad de materia seca consumida por día cuando al animal se le ofrece alimento en exceso.

2.4.2. Regulación del consumo

El consumo diario de un animal en pastoreo, resulta de integrar una diversidad de estímulos por el sistema nervioso central y sus mecanismos de regulación son muy complejos, por lo que algunos de estos procesos no se conocen (Mejía, 2002).

Según Mejía (2002), las dos teorías responsables de la regulación del consumo: la teoría de la regulación física, relacionada a la capacidad del tracto digestivo y la teoría quimiostática, basada en la densidad calórica de la dieta.

Según Mejía (2002), el consumo de forraje en pastoreo es controlado por factores propios del animal, del forraje y del ambiente. En relación a esto, selectividad y disponibilidad son dos aspectos específicos para animales en pastoreo.

Según características de las dietas de rumiantes en pastoreo, alta en fibra y baja en energía disponible, cobran importancia los efectos físicos de la distensión digestiva como limitantes del consumo voluntario. Este es limitado por la capacidad del retículo-rumen y por la velocidad de desaparición de la digesta en este órgano. A su vez la velocidad de desaparición dependen de la velocidad de paso y de la absorción, que dependen de las propiedades físicas y químicas del forraje (Mejía, 2002).

Si bien se ha evaluado que el nivel de humedad de los forrajes no tiene efecto significativo sobre el consumo voluntario, este factor si afecta la selectividad, dado que los animales prefieren forrajes succulentos a aquellos toscos y secos (Mejía, 2002).

El consumo depende del contenido de paredes celulares del forraje. En relación a esto, la fracción de forraje rápidamente fermentable no ocupa espacio en el retículo-rumen por mucho tiempo en comparación con los componentes estructurales (Mejía, 2002).

2.5. DINAMICA DE POBLACIONES EN PASTURAS BAJO PASTOREO

La dinámica de poblaciones o demografía de plantas (Harper, citado por Jones y Mott, 1980) es concebida con el reclutamiento y muerte de plantas, siendo la densidad el resultado acumulado neto de este proceso.

2.5.1. Estabilidad y longevidad de la pastura

La dinámica de poblaciones en pasturas puede ser una aproximación a la estabilidad de las pasturas, las pasturas se pueden considerar como estable o inestables. La inestabilidad puede ser deseable, aceptable o indeseable. La inestabilidad puede ser deseable cuando luego de la introducción de una leguminosa y de la aplicación de una cantidad limitada de nutrientes, algunas especies improductivas son reemplazadas por otras más deseables. La inestabilidad puede ser aceptable cuando una especie es reemplazada por otra igualmente útil. La inestabilidad es no deseable cuando especies agrónomicamente útiles, son reemplazadas por invasión de especies menos productivas (Robert, citado por Jones y Mott, 1980).

La dinámica de poblaciones es fácil de visualizar en pasturas inestables, dado que los cambios en la composición de especies reflejan, reclutamiento, supervivencia y muerte de los individuos involucrados. Sin embargo los mismos eventos ocurren en pasturas estables. Aunque el reclutamiento y muerte de plantas es más obvio en especies anuales, el

reclutamiento y muerte de plantas, raíces, tallos y estolones son pasados por alto cuando los componentes son perennes.

Este constante cambio de plantas individuales no nos permite definir ningún aspecto importante de manejo de pasturas que permitan aumentar el reclutamiento y persistencia de especies deseables. En contraste, pobres manejos significan acelerar la muerte de especies preferidas y/o aumentar su reemplazo por especies inferiores.

2.5.2. Efecto del manejo en la longevidad de plantas

La presión de pastoreo puede tener un efecto pronunciado en la longevidad.

El manejo del pastoreo puede afectar la longevidad de plantas como entidad pero para una comprensión más detallada es deseable observar la aparición y sobrevivencia de nuevos macollos por ejemplo (Wade, Huiskes y Harper, citados por Jones y Mott, 1980).

El fuego también afecta la supervivencia. Algunos pastos y especies arbustivas no toleran la quema pero persisten por regeneración de plantas luego de la quema (Young y Evans, citados por Jones y Mott, 1980). Por lo tanto, el incremento en las quemadas hace que especies que no soportan el fuego sean reemplazadas por aquellas que luego de una quema vuelvan a crecer.

La aplicación de fertilizantes frecuentemente afecta la composición botánica de pasturas (Bryan y Evans, citados por Jones y Mott, 1980) pero esto ocurre indirectamente a través del efecto del fertilizante en el crecimiento de la pastura y por lo tanto en la presión de pastoreo y competencia, además de ser un efecto directo de la nutrición en la longevidad de las plantas per se. Donde las deficiencias de nutrientes son extremas, la sobrevivencia puede mejorarse con aplicación de fertilizantes (Johansen et al., citados por Jones y Mott, 1980). Sin embargo, mejorar la

productividad con aplicación de fertilizantes, no significa necesariamente mejorar la persistencia, como fue demostrado en alfalfa (Clarkson y Andrew, citados por Jones y Mott, 1980).

2.5.3. Efecto del manejo en el reclutamiento de plantas

El pastoreo tiene un importante efecto en el reclutamiento, actuando primariamente en el establecimiento de la semilla, regeneración de plántulas y propagación vegetativa. La composición floral también puede ser afectada por el pastoreo de las cabezuelas florales, como es el caso de pastura mezcla de *Trifolium hirtum* y *T. subterraneum*. Las cabezuelas erectas de *T. hirtum* son más rápidamente pastoreadas, a diferencia de las cabezuelas que contienen semillas de *T. subterraneum* que las desarrollan sobre o por debajo de la superficie del suelo. Como consecuencia de esto, la proporción de *T. hirtum* declina en pasturas bajo pastoreo (Taylor y Rossiter, citados por Jones y Mott, 1980).

La regeneración de plántulas también responde al manejo. En *T. repens* y *T. semipilosum*, la emergencia de plántulas es más altas en áreas bien pastoreadas (Jones, citado por Jones y Mott, 1980).

2.5.4. Efecto del ambiente en la dinámica de poblaciones

Los mecanismos de persistencia pueden ser afectados por el sitio y el ambiente. De acuerdo con Turkington et al., citados por Jones y Mott (1980), el trébol blanco se comporta como perenne en Wales, mientras que en los sub-tropicos lo hace como anual. Esta diferencia sin embargo, puede tener un componente ambiental y genético.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento fue realizado en el Centro de Investigación y Experimentación “Dr. Alejandro Gallinal” (CIEDAG, 33°52' S, 55°34' W), perteneciente al Secretariado Uruguayo de la Lana (SUL), ubicado en la localidad de Cerro Colorado, en el km 140 de la ruta nacional No. 7, en el departamento de Florida (Figura 1).



Figura 1. Localización del experimento y sus parcelas (recuadro) en el Campo Experimental del SUL en Cerro Colorado, Florida (extraído de Google Earth).

Los suelos predominantes corresponden a la Unidad 5.02b, (Brunosoles subéutricos típicos), según URUGUAY. MAP. DSF (1979).

3.2. EVENTOS METEOROLÓGICOS

Las condiciones meteorológicas (precipitaciones y temperaturas) ocurridas durante el desarrollo del experimento fueron registradas en la Estación Meteorológica del CIEDAG (Figura 3), que coinciden con lo expresado por Corsi (1982).

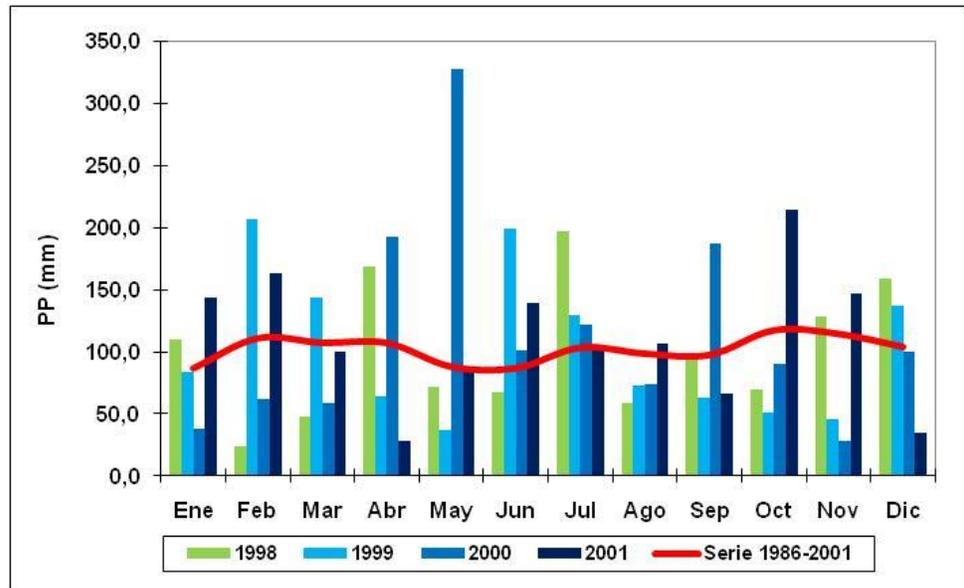


Figura 2. Precipitaciones (en mm) ocurridas durante el experimento comparadas con la serie histórica de 16 años registradas en el CIEDAG.

La media de la serie histórica obtenida se aproxima a los 100 mm mensuales de precipitación, que comparándola con las precipitaciones ocurridas durante los años del experimento, se observa la variabilidad intra e interanual que tienen las mismas.

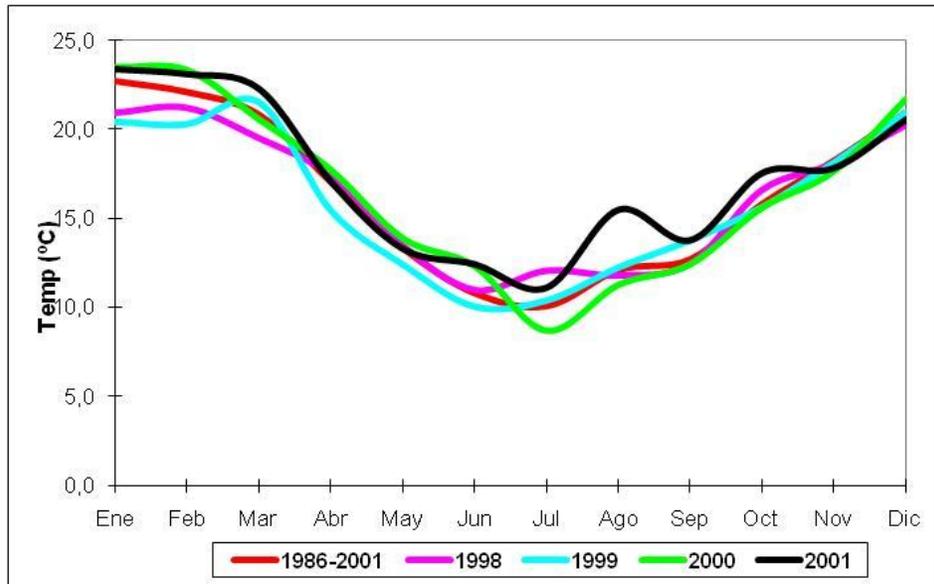


Figura 3. Temperaturas medias en (°C) ocurridas durante el desarrollo del experimento contrastadas contra la serie histórica de 16 años registradas en el CIEDAG

En cuanto a las temperaturas medias (Figura 3), se puede ver que en algunos de los años del experimento, las mismas se apartan de la tendencia marcada por los valores de la serie histórica como el invierno de 2001.

3.3. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

3.3.1. Introducción

El 14 de mayo de 1998 sobre un campo natural sometido a pastoreo continuo desde 1984 a una carga de 0.8 unidades ganaderas ha^{-1} y relación ovino/bovino de 2 a 1 (Formoso y Gaggero, 1990), se sembraron siete mezclas forrajeras en parcelas de 0.27 ha con el método de siembra directa. El tapiz nativo fue preparado el 24 de abril aplicando 2 litros ha^{-1} de glifosato, posterior a un pastoreo de 10 días con 1.12 UG por hectárea.

Las especies sembradas fueron *Festuca arundinacea* cv Rizomat (en adelante FR) asociada con *Lotus corniculatus* cv San Gabriel, *Lotus subbiflorus* cv El Rincón y *Lotus tenuis* (*L. glaver*) cv El Matrero (en adelante LC, LR y LT, respectivamente) y *Festuca arundinacea* cv Vulcan (en adelante FV), asociada con las mismas leguminosas. Como mezcla de referencia, se sembró *F. arundinacea* cv Tacuabé (en adelante FT) asociada con *L. corniculatus* cv San Gabriel. La densidad de siembra de *F. arundinacea* fue de 12 kg ha^{-1} para todos los cultivares, mientras que las leguminosas se sembraron al voleo a 10 kg ha^{-1} , exceptuando *L. subbiflorus* que fue sembrado a 5 kg ha^{-1} .

Con cada una de las mezclas se sembró un raigrás diploide *Lolium multiflorum* cv Conker, (en adelante RG) a 20 kg ha^{-1} , también en directa pero en sentido transversal a la siembra de *Festuca* sp. El objetivo de incluir raigrás en la mezcla fue el de tener forraje disponible para pastoreo en el primer año de la evaluación.

La fertilización inicial se realizó con un fertilizante binario (28-28-0) a 200 kg ha^{-1} . Las refertilizaciones se realizaron con similar fertilizante y cantidad en 1999, 2000 y 2001. En 2002 se aplicaron 100 kg ha^{-1} de la fórmula 20-40-0.

El diseño de emparcelamiento consistió en sub-dividir cada parcela en tres de 0.09 ha y pastorearlas con ovinos exclusivamente, calculando una eficiencia de cosecha del forraje de 50, 65 y 80%. Estos porcentajes se mantuvieron inalterados para cada subparcela. El cálculo de la cantidad de

ovinos necesarios para cada pastoreo se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Peso Vivo Total} = \frac{(\text{Forraje utilizable} + \text{crecimiento}) \times \text{área de pastoreo} \times 100}{\text{Asignación de forraje} \times \text{Días de pastoreo}}$$

$$\text{Cantidad de ovinos} = \frac{\text{Peso Vivo Total}}{\text{Peso Vivo Individual}}$$

El forraje disponible utilizado para estimar la cantidad de forraje utilizable, y la contribución en peso seco de los principales componentes de la vegetación (expresados en kg ha⁻¹), se obtuvieron mediante la técnica BOTANAL (Mannetje y Haydock, 1963).

Los componentes de la vegetación se formaron con las especies sembradas y la vegetación nativa (en adelante VN) integrada principalmente de gramíneas estivales e invernales perennes [*Axonopus affinis* Chase, *Setaria geniculata* Lam, *Panicum hians* (Nees et Trinius), *Piptochaetium stipoides* (Trin. et Repr.)] y hierbas enanas [*Oxalis* sp, *Evolvulus sericeus* Sw, *Hypochoeris microcephala* (Sch.Bip), *Chevreulia sarmentosa* (Pers), *Chaptalia piloselloides* (Vahl)]; y las gramíneas invernales anuales (en adelante GIA), [*Gaudinia fragilis* (L) Beauv, *Vulpia australis* Nees, *Poa annua* (L)].

La asignación de forraje (cantidad de forraje cada 100 kg de peso vivo) y los días de pastoreo se fijaron en 5% y 20-25, respectivamente. La cantidad de animales por parcela se calculó aplicando una ecuación según el peso de los animales y un consumo de materia seca de 1 kg por día (Aguirrezabala y Oficialdegui, 1994).

El crecimiento de la pastura (producción) se obtuvo cortando dentro de una jaula de exclusión una superficie de 50 x 20 cm con tijeras de esquilas a una altura de 1-2 cm, previa homogenización del tapiz con bordeadora automotriz antes de colocar la jaula. La cantidad de jaulas utilizadas fueron tres por eficiencia de cosecha y por mezcla. Los cortes de crecimiento y los cortes protocolares exigidos por la técnica del BOTANAL fueron secados en una estufa de aire forzado a 60°C durante 48-72 horas, y expresados en kg de materia seca (MS) ha⁻¹.

El periodo evaluado incluye un total de 22 registros de corte de crecimiento de la pastura que abarcan desde el 12/5/1999 al 14/4/2003. Estos cortes fueron divididos en cuatro periodos con un total de 5,5 registros por periodo que sumados conforman un rendimiento anual de producción de forraje para cada mezcla y su correspondiente utilización.

3.4. ANALISIS ESTADISTICO

La distribución estadística de los registros de crecimiento (MS) obtenidos con los cortes en las jaulas de exclusión fue analizada mediante el test de Shapiro Wilks modificado (parámetro W), que contrasta la hipótesis nula de que las observaciones de la variable en estudio tiene una distribución normal (H₀), con la hipótesis alternativa de la no distribución normal (H₁) con un nivel de significación de p<0,05.

El grado de ajuste de las observaciones fue corroborado mediante un gráfico cuantil-cuantil (q-q plot) obtenido mediante el ajuste de regresión lineal ente los cuantiles observados versus los cuantiles de la distribución seleccionada, en este caso la distribución normal.

El diseño experimental fue establecido como parcelas subdivididas en bloques al azar, donde la parcela principal fueron las mezclas, las subparcelas las utilidades y una nueva división correspondiente a cada periodo de crecimiento, aplicándose el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_l + \beta_j + X_k + \delta_{ij} + \Phi_{ik} + \gamma_{jk} + \eta_{ijk} + \tau_l + \rho_{il} + \sigma_{p_{jil}} + \sigma_{ssp_{kji}} + \epsilon_{ijkl}$$

donde:

Y_{ijkl} : es la respuesta de la l -ésima observación a los efectos del k -ésimo factor asociado a la sub-subparcela ($k=1$ a 4), el j -ésimo factor asociado a subparcela ($j=1$ a 3) y el i -ésimo factor asociado a la parcela principal ($i=1$ a 7).

El k -ésimo factor asociado a la subparcela, es el tiempo o los años.

El j -ésimo factor corresponde a las eficiencias de cosecha.

El i -ésimo factor corresponde a las mezclas.

μ : media general del experimento.

α_i : efecto del i -ésimo nivel del factor asociado a las parcelas principales. Este efecto es fijo y el nivel del factor corresponde a las mezclas.

β_j : efecto del j -ésimo nivel del factor asociado a las subparcelas dentro de las parcelas principales. Aquí también el efecto es fijo y el nivel del factor corresponde a las eficiencias de cosecha.

χ_k : efecto del k -ésimo factor asociado a las sub-subparcelas (dentro de las subparcelas). Efecto fijo, correspondiendo al tiempo o los años el nivel del factor asociado.

$\delta_{ij} + \Phi_{ik} + \gamma_{jk} + \eta_{ijk}$ corresponden a las interacciones entre los factores tiempo, eficiencias de cosecha y mezclas.

$$\tau_l \sim N(0, \sigma_b^2), \rho_{il} \sim N(0, \sigma_p^2), \text{sp}_{jil} \sim N(0, \sigma_{sp}^2), \text{spp}_{kijl} \sim N(0, \sigma_{spp}^2) \text{ y } \epsilon_{ijkl} \sim N(0, \sigma_\epsilon^2)$$

serían los términos aleatorios de los efectos de los bloques, las parcelas, las subparcelas, las sub-subparcelas y el error experimental respectivamente, suponiéndose que todos ellos son independientes.

La independencia de los errores es una hipótesis básica en el estudio de un modelo de regresión lineal.

La falta de cumplimiento de la hipótesis de independencia tiene efectos graves sobre los resultados del estudio. Influye en:

Los estimadores que son centrados pero ineficientes (no son de varianza mínima).

El estimador R^2 , normalmente subestima el parámetro σ^2 , lo que hace que los contrastes de significación (contrastos individuales de la t) no sean válidos y tienden a detectar relaciones inexistentes, denominadas relaciones espúreas, que son relaciones falsas entre variables independientes que siguen una evolución análoga en el tiempo y tienen un R^2 alto.

Las predicciones son ineficientes.

La falta de independencia se suele dar en situaciones en que las observaciones son recogidas secuencialmente en el tiempo. Esto ocurre en el estudio de muchas variables económicas, sociales y demográficas. En este caso la variable "tiempo" puede ser una variable regresora.

La producción total de forraje de mezclas y utilizaciones se comparó separando las medias por mínimos cuadrados ($LSD_{0.05}$).

Las estimaciones de la composición en peso seco del forraje disponible al inicio del pastoreo se promediaron por la cantidad de pastoreos dentro del período y se ordenaron con las mezclas, las utilizaciones y los periodos mediante un análisis de componentes principales (análisis multivariante) utilizando la matriz de correlación producto momento de Pearson entre variables estandarizadas ($\mu=0$; $\sigma=1$), cuya expresión es la siguiente:

$$r_{jk} = \frac{S_{jk}}{\sqrt{S_j^2 S_k^2}}$$

donde S_{jk} es la covarianza entre la variable j (periodos de pastoreo, mezclas y utilizaciones) y la variable k (componentes de la pastura) y S^2 corresponden a las varianzas de las variables j y k , respectivamente.

La matriz de correlación permitió el cálculo de los coeficientes de combinación lineal (autovectores) y la varianza (autovalores) de las variables, buscando las relaciones que maximicen la variabilidad total mediante la obtención de componentes principales o ejes que ordenaron espacialmente las variables mezclas, utilizaciones y periodos de crecimiento de las mismas.

El ordenamiento espacial multidimensional realizado con los componentes principales fue comparado con la formación de grupos o conglomerados (clusters) mediante un proceso aglomerativo, secuencial y jerárquico, utilizando la matriz de similitudes obtenida con la medida de distancia de Mahalanobis, que calcula la distancia entre un objeto particular j y un grupo de objetos, cuyo valor central está representado por x_i siendo S la matriz de varianza-covarianzas:

$$d_{ij}^2 = (x_i - x_j) S^{-1} (x_i - x_j)$$

Como método aglomerativo se aplicó el algoritmo de Ward (Rencher, 2002).

Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa INFOSTAT (2008).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor obtenido de 0,98 ($p=0,4671$) para el parámetro W del test de Shapiro Wilks modificado demostró que las observaciones correspondientes a la variable MS ($9607,02 \pm 2770,90$, $n=168$) tienen una distribución normal. Este es el valor de significancia y un valor menor a 0.05 indicaría un sesgo en los datos y la no normalidad. Esta conclusión fue corroborada mediante el ajuste de una recta de regresión cuantil-cuantil de los valores observados con similares cuantiles obtenidos de una distribución normal (Figura 4). El test de Shapiro Wilks indica normalidad de los datos.

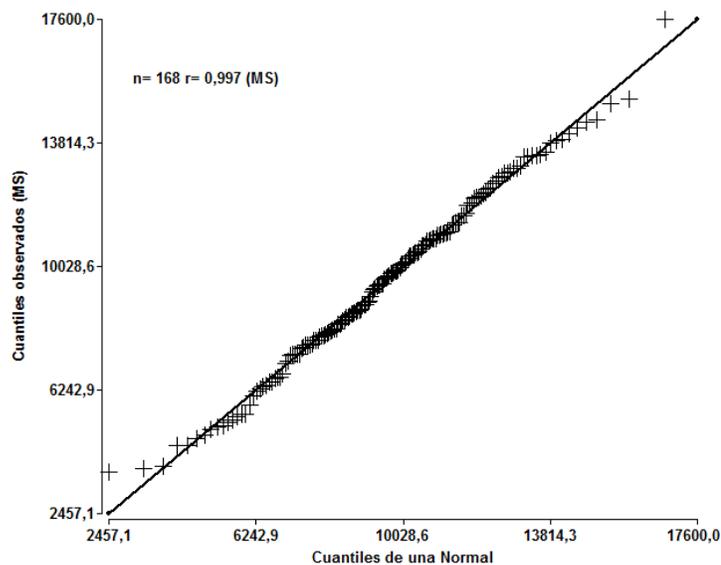


Figura 4. Cuantil-cuantil (q-q plot) para las observaciones de la variable MS (crecimiento de forraje en kg MS ha⁻¹). Coeficiente de correlación $r=0,997$ para $n=168$ observaciones

La aceptación del supuesto de normalidad permite la aplicación de modelos lineales para el análisis de los datos y su correspondiente estructura.

4.1. PRODUCCIÓN ANUAL DE FORRAJE

La producción anual de forraje o el crecimiento acumulado de las especies forrajeras sembradas asociadas con la vegetación nativa, fue diferente entre las mezclas y en los distintos años (1998 a 2001). Además, la posición topográfica de la pastura (bloques) influyó en las diferencias obtenidas ($p < 0,05$), registrándose una respuesta superior de la pastura hacia la zona más baja donde el suelo es más profundo. No se detectaron interacciones ($p > 0,05$), aunque podría observarse una tendencia ($p = 0,0508$) a un comportamiento diferente según la combinación de especies forrajeras integrantes de las mezclas a medida que transcurre el tiempo a partir de su instalación (cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de la mezcla (crecimiento de especies sembradas + vegetación nativa), la utilización y el año desde la instalación en la producción de forraje, expresada en kg MS ha⁻¹.

VARIABLES	G.deL.	Valor F	prob<0.05	
(Intercept)	1	6532,20	<0,0001	**
MEZCLA	6	11,04	<0,0001	**
UTIL	2	1,31	0,2756	
AÑOS	3	88,28	<0,0001	**
BLOQUE	1	22,06	<0,0001	**
MEZCLA:UTIL	12	1,23	0,2798	
MEZCLA:AÑOS	18	1,72	0,051	***
MEZCLA:UTIL:TIEMPO	42	0,41	0,9989	

Al comparar el rendimiento anual de forraje de las mezclas ajustado por la topografía (cuadro 3), se obtuvo mayor producción de materia seca ha⁻¹ en aquellas pasturas que incluían LC en comparación con las que incluían LR, lo cual es esperable dado el carácter perenne de la primera leguminosa.

Cuadro 3. Comparación del rendimiento anual de forraje de las mezclas (MS kg ha⁻¹) ajustado por la topografía (bloques). E.E.: error estándar, LSD Fisher ($\alpha=0,05$).

<u>MEZCLA</u>	<u>Medias</u>	<u>E.E.</u>	
FRLT	10808,33	314,49	A
FVLC	10499,17	314,49	A B
FTLC	10405,00	314,49	A B
FRLC	9894,17	314,49	B
FRLR	8875,00	314,49	C
FVLT	8567,08	314,49	C
<u>FVLR</u>	<u>8200,42</u>	<u>314,49</u>	<u>C</u>

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Se puede ver que las diferencias entre las mezclas se deben al tipo de leguminosa que integra la misma. Si bien FRLT es una de las mezclas más productivas, la leguminosa original estaba contaminada con LC, leguminosa que predominó en todas las evaluaciones realizadas. Esto se debe a su carácter perenne, lo cual permite un mayor aporte de forraje durante el año. Lo opuesto a esto sucede en las mezclas que contienen LR, por su carácter anual produce menos forraje durante el año.

Al analizar el rendimiento a través del tiempo (años de evaluación) ajustando la cantidad de materia seca ha⁻¹ por los efectos de la topografía (bloques), se obtiene un rendimiento creciente hasta el tercer año, donde la producción se estabiliza (cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación del rendimiento anual de forraje (MS kg ha⁻¹) a través del tiempo (años de evaluación) ajustado por la topografía (bloques). E.E.: error estándar, LSD Fisher ($\alpha=0,05$).

<u>Años</u>	<u>Medias</u>	<u>E.E.</u>	
3	11155,48	237,73	A
4	10892,38	237,73	A
2	10047,86	237,73	B
<u>1</u>	<u>6332,38</u>	<u>237,73</u>	<u>C</u>

Letras distintas indican diferencias significativas ($p <= 0,05$)

Esta estabilización supondría una tendencia al equilibrio de las poblaciones que integran la comunidad (especies sembradas + especies nativas), un aprovechamiento o saturación de todos los recursos disponibles (espacio, nutrientes), que ocasionalmente podrían liberarse a través de los pastoreos, generando un nuevo reordenamiento en los integrantes de la comunidad.

4.2. ORDENAMIENTO DE LAS MEZCLAS Y LA COMPOSICIÓN DEL DISPONIBLE EN PESO SECO

El método multivariante de componentes principales permitió reducir el número de variables (composición del forraje disponible en peso seco) al obtener los valores propios (autovalores) de cada variable y la proporción de la varianza correspondiente, seleccionando los componentes con valores propios superiores a uno y que garanticen al menos un 70% de explicación de la variabilidad (principio de parsimonia), reteniéndose dos componentes que explicaron un 78% de la varianza total (cuadro 5). Es de destacar que a mayor varianza incorporada en estos componentes, se retiene una mayor información contenida en las variables originales.

Cuadro 5. Valores propios ó autovalores (λ) y proporción de la varianza explicada calculada a partir de la matriz de correlación para datos estandarizados de la disponibilidad en peso seco de los componentes de la vegetación en las diferentes mezclas.

Lambda (λ)	Valor	Proporción explicada de la varianza total	
		Absoluta	Acumulada
1	2,58	0,52	0,52
2	1,31	0,26	0,78
3	0,5	0,1	0,88
4	0,38	0,08	0,95
5	0,23	0,05	1

A su vez, los coeficientes (autovectores), que corresponden a la contribución (peso) de las variables, permitieron explicar la variabilidad capturada en los componentes retenidos y la relación con el componente (cuadro 6). FESTUCA por ejemplo, es la variable más correlacionada con el CP1 y de mayor contribución de signo positivo (0,57), mientras que para el CP2, la mayor correlación es con LOTUS con un “peso” de 0,88.

Cuadro 6. Autovectores (e: coeficientes de las variables) y correlación de los componentes principales (CP) con las variables originales.

Variables	Autovectores		Correlación con las variables originales	
	e1	e2	CP 1	CP 2
FESTUCA	0,57	-0,06	0,91	-0,07
LOTUS	-0,21	0,77	-0,34	0,88
RAIGRAS	-0,39	-0,55	-0,63	-0,63
GIA	-0,49	-0,21	-0,79	-0,24
VN	-0,49	0,24	-0,79	0,28

4.3. INTERPRETACIÓN DE LOS COMPONENTES

El CP1 representa al forraje disponible dominado por FESTUCA cuya abundancia o competencia excluye al resto de los componentes, sobre todo a GIA, VN y RAIGRAS en ese orden. El CP2 representa a la pastura que tiene a LOTUS como la especie dominante, excluyendo a RAIGRAS y GIA.

Estos dos últimos componentes de la vegetación están asociados en la dinámica de la pastura por su ciclo, y además comparten el mismo periodo de crecimiento, siendo desplazados por las especies perennes debido a la competencia que les ejercen (Figura 5).

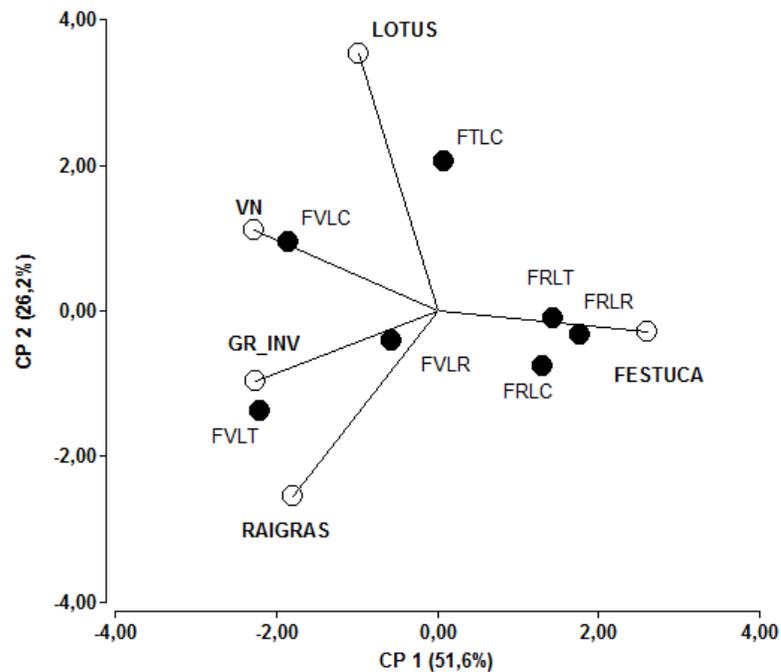


Figura 5. Ordenamiento de las mezclas con respecto a los componentes principales (CP1 y 2), su contribución a la varianza (en %) y su relación con las variables originales (componentes de la MS disponible).

El ordenamiento espacial de las mezclas de acuerdo a los ejes obtenidos, muestra que las mezclas que tienen Festuca Rizomat tienden a agruparse sobre el CP1 relacionado con FESTUCA. Este agrupamiento sugiere que Festuca Rizomat es una especie que tiende a dominar en las pasturas donde se incluyó. El resto de las mezclas, sobre todo las que

tienen Festuca Vulcan, se asocian con los restantes componentes de la pastura, incluso con VN, mostrando que esta variedad forrajera no tiene la competitividad de FR y que tiende a ser dominada por los demás componentes, al menos en las condiciones descritas en este ensayo.

La consistencia del agrupamiento de las mezclas según los CP mencionados, fue evaluada formando grupos de acuerdo al índice de distancia (similitud) de Mahalanobis. Se tomo como punto de corte el 50 % de la distancia. De esta manera se elaboró un dendrograma, que separó las mezclas en dos grupos, que se distinguían por la variedad de Festuca. Inclusive la mezcla con Festuca Tacuabé se agrupó con las mezclas de Festuca Vulcan, en contraposición a Festuca Rizomat, lo que indica la particularidad de esta última en colonización del suelo y competencia (Figura 6).

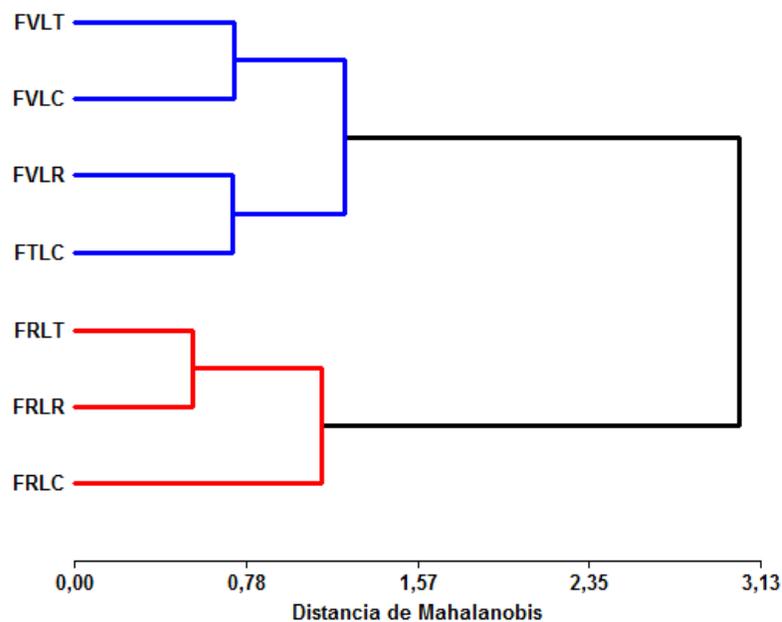


Figura 6. Dendrograma de agrupamiento de las mezclas de acuerdo con el índice de similitud (distancia) de Mahalanobis.

4.4. ORDENAMIENTO DE LAS MEZCLAS CON SUS UTILIZACIONES Y LA COMPOSICIÓN DEL DISPONIBLE EN PESO SECO

En esta alternativa, las variables integrantes de la composición del forraje disponible en peso seco, fueron sintetizadas en tres CP que explicaron el 83% de la varianza total (cuadro 7).

Cuadro 7. Valores propios ó autovalores (λ) y proporción de la varianza explicada calculada a partir de la matriz de correlación para datos estandarizados de la disponibilidad en peso seco de los componentes de la vegetación en las diferentes mezclas con sus utilizaciones.

Lambda (λ)	Valor	Proporción explicada de la varianza total	
		Absoluta	Acumulada
1	2,12	0,42	0,42
2	1,07	0,21	0,64
3	0,98	0,2	0,83
4	0,51	0,1	0,94
5	0,32	0,06	1

En la determinación de los autovectores (peso) de las variables y su correlación con el CP, FESTUCA está relacionada positivamente con CP1 en contraposición a GIA y VN, mientras que LOTUS y RAIGRAS lo están para los CP2 y 3 respectivamente (cuadro 8).

Cuadro 8. Autovectores (e: coeficientes de las variables) y correlación de los componentes principales (CP) con las variables originales

Variables	Autovectores			Correlación con las variables originales		
	e1	e2	e3	CP 1	CP 2	CP3
FESTUCA	0,61	-0,07	-0,09	0,89	-0,07	-0,09
LOTUS	-0,16	0,88	0,26	-0,24	0,91	0,25
RAIGRAS	-0,29	-0,29	0,83	-0,42	-0,3	0,82
GIA	-0,52	-0,34	-0,23	-0,75	-0,36	-0,22
VN	-0,5	0,15	-0,44	-0,73	0,16	-0,43

4.5. INTERPRETACIÓN DE LOS COMPONENTES

Al elaborarse los componentes, resulta evidente que el CP1 representa a las mezclas y utilizaciones con predominio de Festuca, con exclusión de anuales invernales (GIA) y en competencia con VN. A su vez, el CP2 representa a las mezclas y utilizaciones que permiten el desarrollo de LOTUS, al igual que el CP3 con RAIGRAS.

El ordenamiento espacial de las variables con respecto a los ejes, concentró las mezclas y utilizaciones en el cuadrante correspondiente al CP1 relacionado con Festuca Rizomat, lo que indicaría que esta variedad de Festuca tiende a predominar siendo poco afectada por el manejo (utilizaciones). En el caso de la mezclas con FV, la escasa presencia en la pastura de esta variedad permite el desarrollo de los demás componentes, incluso VN, distribuyéndose las restantes mezclas y utilizaciones en los demás cuadrantes (Figura 7).

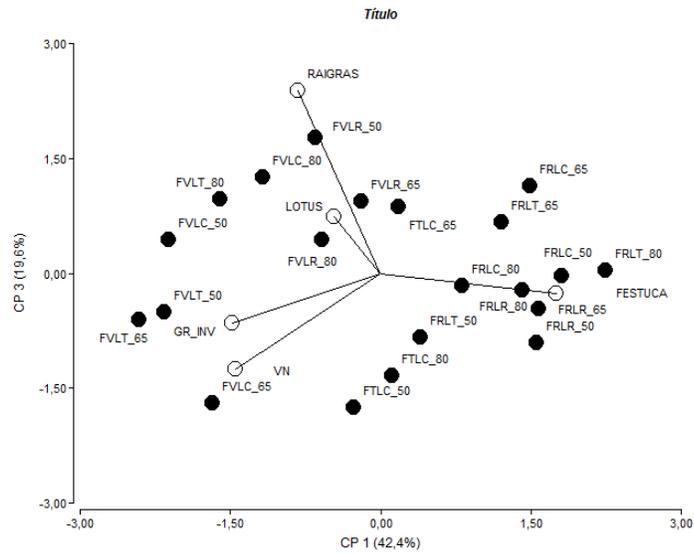
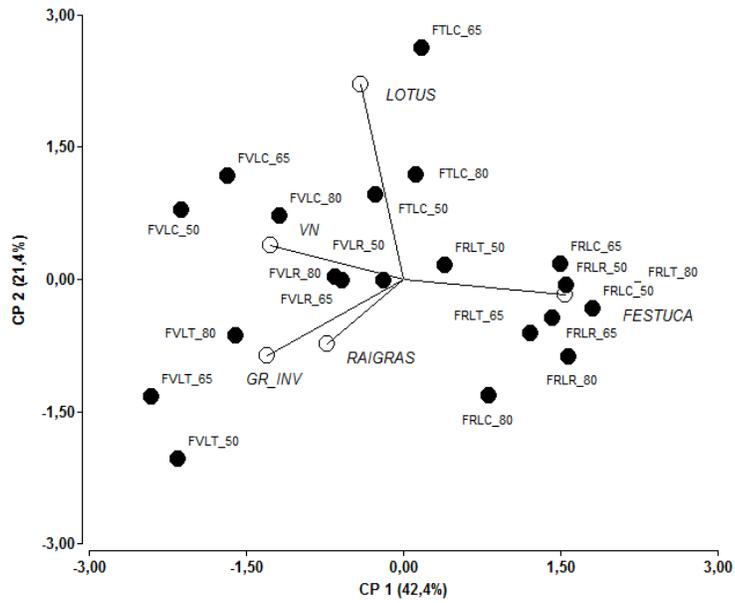


Figura 7. Ordenamiento de las mezclas y utilizaciones con respecto a los componentes principales (CP1 y 2, superior; CP1 y 3, inferior), su contribución a la varianza (en %) y su relación con las variables originales (componentes de la MS disponible).

La formación de grupos (Figura 8), separó en primera instancia las mezclas con y sin Festuca Rizomat, como había ocurrido anteriormente. Sin embargo, entre las mezclas con F. Rizomat pudo separarse dos subgrupos formados por la leguminosa acompañante, LR ó LC (debe recordarse que LT estaba contaminado con LC). Por lo tanto, el efecto de las utilidades sobre ambas leguminosas en particular y sobre la pastura en general permitió subdividir el grupo de F. Rizomat.

Las demás mezclas se separaron en un grupo con FV y otro con FT, no mostrando una división consistente según la utilización. También debe recordarse que en el análisis de varianza, la utilización no fue significativamente diferente entre porcentajes ($p > 0,05$).

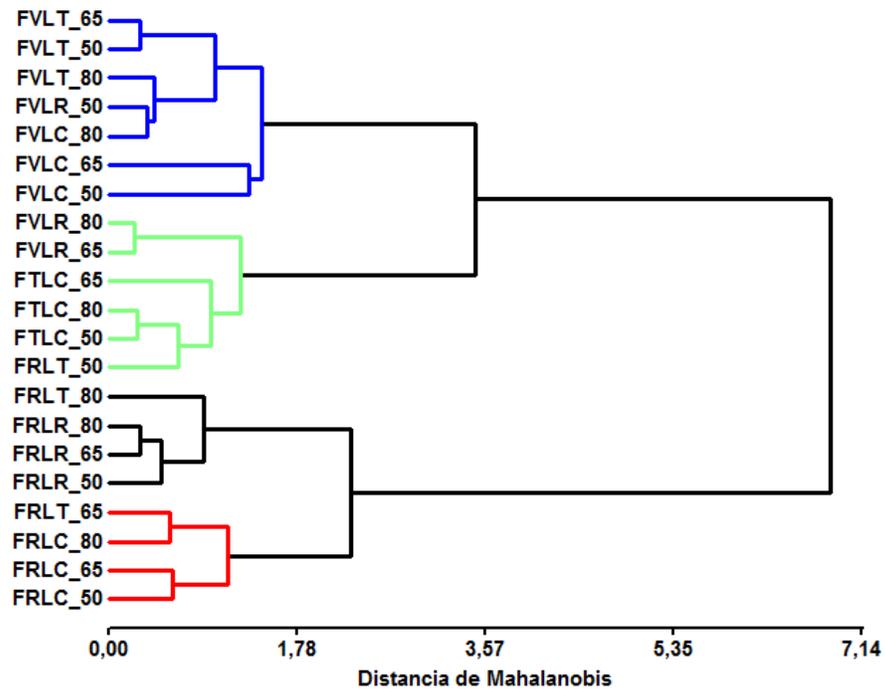


Figura 8. Dendrograma de agrupamiento de las mezclas y utilidades de acuerdo con el índice de similitud (distancia) de Mahalanobis

4.6. ORDENAMIENTO DE LAS MEZCLAS Y EL AÑO DE PRODUCCIÓN SEGÚN LA COMPOSICIÓN DEL DISPONIBLE EN PESO SECO

La reducción de la cantidad de variables a CP mostró que con tres componentes se obtiene el 91% de variabilidad acumulada. Sin embargo, el aporte del tercer componente a la varianza es un sólo un 16% con un valor $\lambda < 1$, lo que agrega muy poco al ordenamiento espacial de las mezclas y sus años de producción.

Cuadro 9. Valores propios ó autovalores (λ) y proporción de la varianza explicada calculada a partir de la matriz de correlación para datos estandarizados de la disponibilidad en peso seco de los componentes de la vegetación en las diferentes mezclas y año de producción.

Lambda (λ)	Valor	Proporción explicada de la varianza total	
		Absoluta	Acumulada
1	2,69	0,54	0,54
2	1,07	0,21	0,75
3	0,78	0,16	0,91
4	0,4	0,08	0,99
5	0,06	0,01	1,00

Al analizar ambos componentes, el CP1 está relacionado positivamente con RAIGRAS (0,89), pero negativamente con FESTUCA y VN (-0,70 y -0,83 respectivamente). Por su parte, el CP2 se encuentra positivamente relacionado con LOTUS (0,80) y en menor medida con Festuca (cuadro 10).

Cuadro 10. Autovectores (e: coeficientes de las variables) y correlación de los componentes principales (CP) con las variables originales

Variables	Autovectores			Correlación con las variables originales		
	e1	e2	e3	CP 1	CP 2	CP3
FESTUCA	-0,43	0,42	-0,57	-0,70	0,43	-0,50
LOTUS	0,30	0,77	0,28	0,48	0,80	0,25
RAIGRAS	0,54	-0,38	-0,07	0,89	-0,40	-0,06
GIA	-0,42	-0,03	0,77	-0,69	-0,04	0,68
VN	-0,51	-0,28	-0,07	-0,83	-0,29	-0,06

Estos valores relacionan al CP1 con la producción de la mezcla en el primer año de instalación, donde el Raigrás sembrado hace su principal aporte por su velocidad de crecimiento, saturando los recursos disponibles (nutrientes, espacio). Por consiguiente, las especies y componentes perennes (Festuca y VN) no se encuentran presentes.

El CP2 estaría relacionado con un segundo año de producción, donde el LOTUS comenzaría a desplazar al RAIGRÁS y la FESTUCA a incrementar su presencia.

El CP3 representaría un estado intermedio entre el incremento de las especies perennes (Festuca, VN) y la disminución de las anuales tanto gramíneas como leguminosas. Sin embargo, la contribución de este componente a la varianza total no es relevante.

El ordenamiento espacial de las mezclas y año de producción (Figura 9) mostró un agrupamiento de las mezclas en el primer año entorno al CP asociado con el RAIGRÁS, mientras que las mezclas en su segundo año se agruparon entorno al CP asociado con LOTUS y opuesto a RAIGRAS y VN. Las mezclas con tercer y cuarto año de producción forman un ordenamiento entorno al CP asociado a FESTUCA y VN.

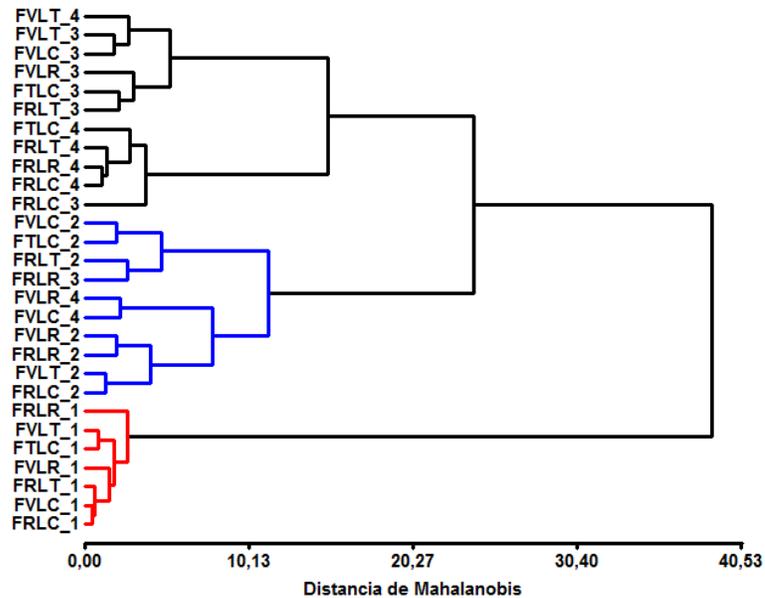


Figura 10. Dendrograma de agrupamiento de las mezclas con año de producción de acuerdo con el índice de similitud (distancia) de Mahalanobis.

Este agrupamiento es producto de la evolución florística de este tipo de pastura, donde las especies sembradas (sobre todo las anuales de rápido crecimiento) tienden a dominar la pastura disponible el primero y segundo año, luego del cual las especies perennes se instalan y desplazan a las anuales a partir del tercer año. De ahí en más, los cambios no son tan pronunciados, generándose un proceso de equilibrio que sólo es modificado por eventos climáticos severos o pastoreos degradantes.

5. CONCLUSIONES

La producción de materia seca anual promedio ha^{-1} fue diferente para las siete mezclas forrajeras ($p < 0,05$). Las mezclas consideradas de mejor producción fueron FRLT, FVLC y FTLC. El rendimiento de FVLC es debido a la leguminosa porque esta variedad de Festuca no tuvo un buen desempeño con las condiciones de instalación.

El rendimiento anual promedio de todas las mezclas se estabilizó a partir del tercer año, siendo diferente el primero y segundo año de producción ($p < 0,05$).

La composición del forraje disponible en peso seco de los pastoreos realizados durante los cuatro años de evaluación, ordenaron las mezclas y agruparon a las que incluían Festuca Rizomat. Este cultivar, por su hábito de crecimiento rizomatoso, tiende a dominar la composición de la pastura a partir del tercer año de evaluación, no siendo desplazada por la vegetación nativa y eliminando especies anuales productivas (raigrás).

Las utilizaciones parciales que se practicaron con pastoreo ovino, no tuvieron efecto sobre el rendimiento de las mezclas ($p > 0,05$).

Las diferentes utilizaciones no modificaron sustancialmente los componentes de la pastura. Si hubo cambios en el rendimiento de materia seca con el paso del tiempo, consecuencia de cambios estructurales a nivel de la pastura.

Es de destacar que el tapíz natural se recuperó luego del tratamiento inicial con glifosato, realizado para preparar las parcelas para la siembra de las mezclas.

6. RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el comportamiento productivo y la dinámica de especies pastoreadas con ovinos a diferentes utilidades, para elaborar prácticas de manejo que permitan sostener un adecuado balance con la mayor persistencia posible entre los componentes de la pastura. El experimento fue instalado el 14 de mayo de 1998 en el Centro de Investigación y Experimentación "Dr. Alejandro Gallinal" (CIEDAG, 33°52' latitud sur, 55°34' longitud oeste), perteneciente al Secretariado Uruguayo de la Lana (SUL), ubicado en la localidad de Cerro Colorado, en el km 140 de la ruta nacional N° 7, en el departamento de Florida. En un campo natural acondicionado mediante pastoreo de ovinos y aplicación de glifosato (2 litros ha⁻¹), se sembraron siete mezclas forrajeras en parcelas de 0.27 ha con el método de siembra directa. Las especies sembradas fueron *Festuca arundinacea* cv Rizomat asociada con *Lotus corniculatus* cv San Gabriel, *Lotus subbiflorus* cv El Rincón y *Lotus tenuis* cv El Matrero y *Festuca arundinacea* cv Vulcan asociada con las mismas leguminosas. Como mezcla de referencia, se sembró *F. arundinacea* cv Tacuabé asociada con *L. corniculatus* cv San Gabriel. La densidad de siembra de *F. arundinacea* fue 12 kg ha⁻¹ para todos los cultivares, mientras que las leguminosas se sembraron al voleo a 10 kg ha⁻¹, exceptuando *L. subbiflorus* que fue sembrado a 5 kg ha⁻¹. Con cada mezcla se sembró un raigrás diploide (*Lolium multiflorum* cv Conker) a 20 kg ha⁻¹, también en directa. La fertilización inicial se realizó con un fertilizante binario (28-28-0) a 200 kg ha⁻¹. Las refertilizaciones se realizaron con similar fertilizante y cantidad en 1999, 2000 y 2001. En 2002 se aplicaron 100 kg ha⁻¹ de la fórmula 20-40-0. Cada parcela se subdividió en tres subparcelas de 0.09 ha, siendo pastorearlas con ovinos exclusivamente, estimando una utilización del forraje de 50, 65 y 80% según cantidad de materia seca disponible, crecimiento durante el tiempo de pastoreo y una asignación de forraje del 5%. Estos porcentajes se mantuvieron inalterados para cada subparcela en el transcurso del experimento. La disponibilidad de forraje se estimó mediante el método BOTANAL, así como la contribución en peso seco de los componentes de la pastura integrados por las especies sembradas y la vegetación nativa. El crecimiento de la pastura se obtuvo cortando dentro de una jaula de exclusión una superficie de 50 x 20 cm con tijeras de esquila a una altura de 1-2 cm. La cantidad de jaulas utilizadas fueron tres por utilización y por mezcla. El periodo evaluado incluye un total de 22 registros de corte de crecimiento (12/5/1999 al 14/4/2003). Estos

cortes fueron divididos en cuatro periodos con un total de ≈ 5 registros por periodo para cada mezcla y su correspondiente utilización. Los registros de crecimiento fueron analizados mediante un modelo de parcelas divididas en bloques al azar, con separación de medias mediante mínimos cuadrados (LSD0.05). Las estimaciones de la composición en peso seco del forraje disponible se ordenaron con las mezclas, las utilizaciones y los periodos mediante un análisis de componentes principales (análisis multivariante) El ordenamiento espacial multidimensional realizado con los componentes principales fue comparado con la formación de grupos o conglomerados (clusters) mediante un proceso aglomerativo, secuencial y jerárquico, utilizando la matriz de similitudes obtenida con la medida de distancia de Mahalanobis. La producción anual de forraje o el crecimiento acumulado de las especies forrajeras sembradas asociadas con la vegetación nativa, fue diferente entre las mezclas y en los distintos años (1998 a 2001) ($p < 0,05$). Además, la posición topográfica de la pastura influyó en las diferencias obtenidas ($p < 0,05$), registrándose una respuesta superior de la pastura hacia la zona más baja donde el suelo es más profundo. No se detectaron interacciones ni respuestas significativas por las diferentes utilizaciones ($p > 0,05$). Al comparar el rendimiento anual de forraje de las mezclas, se obtuvo mayor producción de materia seca en aquellas pasturas que incluían *L. corniculatus* en comparación con las que incluían *Lotus subbiflorus*. El rendimiento de las pasturas a través del tiempo es creciente hasta el tercer año, donde la producción se estabiliza. El ordenamiento por componentes principales y el análisis de conglomerados mostró el predominio de *Festuca Rizomat*, sobre el resto de los componentes de la pastura.

Palabras clave: Pastoreo ovino; Selectividad ovina; Utilización de pasturas mejoradas.

7. SUMMARY

This work was carried out in order to evaluate the performance and dynamics of species grazed by sheep to different uses, to develop management practices that allowed for a proper balance with the greater persistence possible among the components of the pasture. The experiment was installed on May 14, 1998 at the Centre for Research and Experimentation "Dr. Alejandro Gallinal (CIEDAG, 33° 52 'south latitude, 55° 34' W) belonging to the Secretariat Uruguayan Wool (SUL), located in the town of Cerro Colorado, at km 140 of National Highway No. 7 in the department of Florida. In a natural field condition by grazing sheep and application of glyphosate (2 liters ha⁻¹), seven mixtures were sown crops on plots of 0.27 ha with direct seeding method. The sown species were Rhizomatous *Festuca arundinacea* cultivar associated with San Gabriel Lotus *corniculatus* cultivar, Lotus *subbiflorus* Corner and cv The Lotus *tenuis* and *Festuca arundinacea* cv Matrero Vulcan associated with these legumes. As a reference mixture was sown Tacuabé *F.arundinácea* cv *L.corniculatus* associated with San Gabriel. The density of *F. arundinacea* was 12 kg ha⁻¹ for all cultivars, while legumes were sown broadcast at 10 kg ha⁻¹, except *L. subbiflorus* was sown at 5 kg ha⁻¹. Each mixture was sown a diploid ryegrass (*Lolium multiflorum* cv Conker) at 20 kg ha⁻¹, also direct. The initial fertilization was performed using a binary fertilizer (28-28-0) at 200 kg ha⁻¹. The second fertilization were made with fertilizer and similar amount in 1999, 2000 and 2001. In 2002 he applied 100 kg ha⁻¹ of the formula 20-40-0. Each plot was subdivided into three subplots of 0.09 ha, sheep grazed at being alone, estimating forage utilization 50, 65 and 80% depending on amount of dry matter available, growth during the grazing time and herbage allowance of 5%. These percentages remained unchanged for each subplot in the course of the experiment. Forage availability was estimated by the method BOTANAL, and the contribution of the dry weight of pasture compontes composed of the sown species and native vegetation. The pasture growth was obtained by cutting in a cage exclusion area of 50 x 20 cm with shears to a height of 1-2 cm. The number of cages used were three and mixed use. The evaluation period includes a total of 22 court records of growth (12/5/1999 to 4/14/2003). These sections were divided into four periods with a total of ≈ 5 records per period for each mixture and their use. The growth records were analyzed using a split-plot model in blocks at random, with mean separation by least squares (LSD0.05). Estimates of the dry weight

composition of forage mixtures are ordered with the uses and time periods using a principal components analysis (multivariate analysis) The multidimensional spatial arrangement made with the major components was compared with the formation of groups or clusters (clusters) by an agglomerative process, sequential and hierarchical, using the matrix of similarities obtained with the Mahalanobis distance measure. The annual production of forage or the cumulative growth of sown pasture species associated with native vegetation, was different between the mixtures and in different years (1998-2001) ($p < 0.05$). In addition, the topographic position of the pasture influenced the differences found ($p < 0.05$), showing a superior response of the pasture to the lower zone where the soil is deeper. We detected no significant interactions or responses for different uses ($p > 0.05$). When comparing the annual yield of forage mixtures, and provides more dry matter production in those pastures that included *L.corniculatus* compared with *subbiflorus* including *Lotus*. Pasture yield over time is increased until the third year, where production is stable. The ordering by principal component and cluster analysis showed the dominance of rhizomatous *Festuca* on the other components of the pasture.

Key words: Grazing sheep; Sheep selectivity; Use of improved pastures.

8. BIBLIOGRAFIA

1. AGUIRREZABALA, M.; OFICIALDEGUI, R. 1994. Experimentación simulada de la época de apareamiento de Ovinos y Bovinos sobre el consumo de forraje y la capacidad de carga. *Producción Ovina*. no. 7: 23-34.
2. ALTIER, N. 1988. Current status of research on lotus diseases in Uruguay. In: International Lotus Symposium (1st., 1994, St. Louis, MO). Proceedings. Columbia, University of Missouri. pp. 203 – 205.
3. ALLDEN, W. G.; WHITTAKER, I.A. 1970. The determination of herbage intake by grazing sheep, the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Australian Journal of Agricultural Research*. no. 21: 755 – 766.
4. ARMSTRONG, R.; ROBERTSON, E.; LAMB, C.S.; GORDON, I.J; ELSTON, D.A. 1993. Diet selection by lambs in ryegrass-white clover swards differing in the horizontal distribution of clover. In: International Grassland Congress (17st ., 1993, Wellington, New Zealand). Proceedings. Wellington, New Zealand, SIR. pp. 715 - 716.
5. ARNOLD, G.W.; MC MANNUS, W.R.; DUDZINSKI, M.L. 1966. Studies on the diets of grazing animal. Seasonal change in the diet of sheep grazing on pastures of different availability and composition. *Australian Journal of Agricultural Research*. no. 17: 543-556.
6. _____.; HILL, J.L. 1972. Chemical factors affecting selection of food plants by ruminant. In: Harbone, J. N. ed. *Phytochemical ecology*. New York. *Journal of Chemical Ecology*. 16 (2): 573 – 583.
7. _____ . 1981. Grazing behaviour. In: Morley, F.H.W. ed. *Grazing animals*. Amsterdam, Holland, Elsevier. pp. 289 – 301 (World Animal Science B1).

8. _____ 1987. Influence of the biomass, botanical composition and sward height of annual pastures on foraging behaviour of sheep. *Journal of Applied Ecology*. no. 24: 759 - 772.
9. AROSTEGUY, J. C. 1984. Pastoreo mixto por bovinos y ovinos en praderas de ambientes templado-húmedo. *Revista Argentina de Producción Animal*. no. 4: 61.
10. BAEZA, S.; PARUELO, J.M.; ALTESOR, A. 2006. Caracterización funcional de la vegetación del Uruguay mediante el uso de sensores remotos. *INCI*. 31(5): 382-388.
11. BARRY, T.N.; BLANEY, B.J. 1987. Secondary compounds of forages. In: Hacker, J.B.; Ternouth, J.H. eds. *The nutrition of herbivores*. Sidney, Academic Press. pp. 91-119.
12. BAZELY, D.R.; ENSOR, C.V. 1989. Discrimination learning in sheep with cues varying in brightness and hue. *Applied Animal Behavior Science*. 23: 293-299.
13. _____. 1990. Rules and cues used by sheep foraging in monoculture. In: Hughes, R.N. ed. *Behavioural mechanisms of food selection*. London, Springer. pp. 333 - 367.
14. BEATTIE, A.; THOMPSON, R. 1989. Controlled grazing management for sheep. Tasmania, Department of Agriculture. pp. 21-37.
15. BEMHAJA, M. 2005. Mejoramiento de campo; manejo de Leguminosas. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1st, 1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 63-73 (Serie Técnica no. 102).

16. BERRETTA, E.J.; DO NASCIMENTO, J.R. 1991. In: Puignau, J. ed. Glosario estructurado de términos sobre pasturas y producción animal. Montevideo, IICA. PROCISUR. 126 p. (Diálogo no. 32).
17. BLACK, J.L.; KENNEY, P.A. 1984. Factors affecting diet selection by sheep. II. Height and density of pasture. Australian Journal of Agricultural Research. 35: 565 - 578.
18. _____. 1990. Nutrition of the grazing ruminant. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 50: 7 – 27.
19. BOOTSMAM, A.; ATAJA, A.M.; HODGSON, J. 1990. Diet selection by young deer grazing mixed ryegrass/white clover pastures. Proceedings of the New Zealand Grassland Association. 51: 187 - 190.
20. BRISEÑO, V.M.; WILMAN, D. 1981. Effects of cattle grazing, sheep grazing, cutting and sward height on a grass-white clover sward. Journal of Agricultural Science (Cambridge). 97: 699 - 706.
21. BROUGHAM, R. W. 1956. Effect of intensity of defoliation on growth of pasture. Australian Journal of Agricultural Research. 7(5): 377 – 387.
22. BURLISON, A.J.; HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. 1991. Sward canopy structure and the bite dimensions and bite weight of grazing sheep. Grass and Forage Science. 46: 29 - 38.
23. BUXTON, D.; HORNSTEIN, J.; WEDIN, W.; MARTEN G. 1985. Forage quality in stratified canopies of alfalfa, birdsfoot trefoil and red clover. Crop Science. 25: 273-279.
24. CAMPBELL, A.G. 1966. Grazed pasture parameters. Journal Agriculture Science. 67: 199-221.
25. _____. 1970. Intensive pasture utilization and animal production. Proceedings of the New Zealand Grassland Association. 32: 145-152.
26. CARÁMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 464 p.

27. _____. 1996. Sistemas de pastoreo. In: Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 387-416.
28. _____. 2002. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1. 357 p.
29. CHACON, E.A.; STOBBS, T.H. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward in the eating behaviour of cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*. 27: 709 - 727.
30. CHARNOV, E. L. 1976. Optimal foraging; the marginal value theorem. *Theoretic Population Biology*. no. 9: 129–136.
31. CLARK, D.; LAMBERT, M.G.; ROLSTON, M.P.; DYMOCK, N. 1982. Diet selection by goats and sheep on hill country. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Productions*. 42: 155 - 157.
32. _____.; HARRIS, P. 1985. Composition of the diet of sheep grazing sward of differing white clover content and spatial distribution. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 28: 233-240.
33. _____. 1993. Influence of sward characteristics on the diet selection by grazing sheep in perennial ryegrass swards maintained at two sward heights. In: International Grassland Congress (17th, 1993, Wellington, New Zealand). *Proceedings*. Wellington, New Zealand, SIR. pp. 728 - 730.
34. CLAYTON, W.; RENVOIZE, S. A. 1986. Genera Graminum. Grasses of the world. *Kew Bulletin, Additional series*. no. 13: 1- 389.
35. COLABELLI, M.; MIÑON, D. 1989. Implantación de Lotus tenuis puro y en mezclas. I. Producción de biomasa. *Revista Argentina de Producción Animal*. 9 (supl. 1): 56 – 57.
36. COOK, S. J. 1980. Effect of nutrient application and herbicides on root competition between green panic seedlings and a Heteropogon grassland sward. *Grass and Forage Science*. 40 (2). 171 – 175.

37. CORSI, W.C. 1982. Regionalización agroclimática de Uruguay para cultivos. MAP. Centro de Investigaciones Agronómicas "Dr. Alberto Böerger". Miscelánea no. 40. 28 p.
38. COWAN, J.R. 1956. Tall Fescue. *Advances in Agronomy*. 8:283-320.
39. CURLL, M. L.; WILKINS R.J.; SNAYDON R.W.; SHANMUGALINGAM V.S.. 1985. The effects of stocking rate and nitrogen fertilizer on a perennial ryegrass-withe clover sward. 1. Sward and sheep performance. *Grass and Forage Science*. 40: 129-140.
40. CRAWLEY, M.J.; KREBS, J.R. 1992. Foraging theory. *In*: Crawley, M.J. ed. *Natural enemies; the population biology of predators, parasites and diseases*. Oxford, UK, Blackwell. pp. 90–114.
41. DEMMENT, M.W.; VAN SOEST, P.J. 1985. A nutritional explanation for body-size patterns of ruminant and non ruminant herbivores. *American Naturalist*. no. 125: 641-672.
42. _____.; GREENWOOD, G.B. 1988. Forage ingestion; effects of sward characteristics and body size. *Journal of Animal Science*. 66: 2380–2392.
43. _____.; DISTEL, R.A.; GRIGGS, T.C.; LACA, E.A.; DEO, G.P. 1993. Selective behaviour of cattle grazing ryegrass swards with horizontal heterogeneity in patch height and bulk density. *In*: *International Grassland Congress (17th, 1993, Wellington, New Zealand)*. Proceedings. Wellington, New Zealand, SIR. pp. 712 – 714.
44. DUDZINSKI, M.L.; ARNOLD, W.G. 1973. Comparisons of diet of sheep and cattle grazing together on sown pastures on the southern table lands of the New South Wales by principal components analysis. *Australian Journal of Agricultural Research*. 24: 899 - 912.

45. ECHEVERRIA, D.; WERNLI, C.; COSIO, F. 1986. Características nutricionales de una pradera naturalizada de lotus de hoja angosta (*Lotus tenuis*) II. Variación de las plantas en el tiempo. Agricultura Técnica. no. 46: 245-252.
46. FLORES, E.R.; PROVENZA, F.D.; BALPH, D.F. 1989a. The effects of experience on the foraging skill of lambs: Importance of plant form. Applied Animal Behaviour Science. 23: 285 - 291.
47. _____.; _____.; _____. 1989b. Relation between plant maturity and foraging experience of lambs grazing Hycrest Crested Wheatgrass. Applied Animal Behaviour Science. 23: 279 - 284.
48. _____.; GAGGERO, C. 1990. Efecto del sistema de pastoreo y de la relación ovino/vacuno sobre la producción de forraje y la vegetación del campo nativo. In: Seminario Nacional de Campo Natural (2º, 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 299-310.
49. FORMOSO, F. 1993. Lotus corniculatus. I. Performance forrajera y características agronómicas asociadas. Montevideo, INIA. 20 p. (Serie Técnica no. 37).
50. _____.; COLUCHI, P.E. 1999. Efecto del sistema de pastoreo en la dieta de primavera de ovinos y bovinos pastoreando campo natural. Producción Ovina. no. 12: 19 – 26.
51. FRYXELL, J. M. 1991. Forage quality and aggregation by large herbivores. American Naturalist. no. 138: 478–498.
52. GARCÍA, J.A. 1995. Estructura del tapiz de praderas. Montevideo, INIA. 10 p. (Serie Técnica no. 66).
53. GONG, Y.; HODGSON, J.; LAMBERT, M.G.; CHU, A.C.P.; GORDON, I.L. 1993. Comparisons of response patterns of bite weight and bite

dimensions between sheep and goats grazing a range of grasses and clovers. In: International Grassland Congress (17th, 1993, Wellington, New Zealand). Proceedings. Wellington, New Zealand, SIR. pp. 726 - 727.

54. GORDON, I.J.; ILLIUS, A.W. 1988. Incisor arcade structure and diet selection in ruminates. *Functional Ecology*. no. 2: 15 - 22.
55. _____.; LASCANO, C. 1993. Foraging strategies of ruminant livestock on intensively managed grassland: potential and constraints. In: International Grassland Congress (17th, 1993, Wellington, New Zealand). Proceedings. Wellington, New Zealand, SIR. pp. 681 - 690.
56. GRANT, S.A.; BARTHAM, G.T.; TORVILL, L.; KING, J. & SMITH, H.K. 1983. Sward management, lamina turnover and tiller population density in continuously stocked *Lolium perenne* dominated swards. *Grass and Forage Science*. 38: 333–344.
57. _____.; SUCKLING, D.E.; SMITH, H.K.; TORVELL, L.; FORBES, T.D.A.; HODGSON, J. 1985. Comparative studies of diet selection by sheep and cattle; the hill grasslands. *Journal of Ecology*. 73: 987 - 1004.
58. _____.; TORVELL, L.; SMITH, H.K.; SUCKLING, D.E.; FORBES, T.D.A.; HODGSON, J. 1987. Comparative studies of diet selection by sheep and cattle: Blanket bog and Heather moor. *Journal of Ecology*. 75: 947 - 960.
59. HARRIS, W. 1978. Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pasture. In: Wilson, J.R. ed. *Plant relation in pastures*. Melbourne, CSIRO. pp. 67-85.
60. HEADY, H.F.; CHILD, R.D. 1994. Mixed species management. In: Ralphs, M.H.; Child, R.D. eds. *Rangeland ecology and management*. Boulder, Colorado, Westview. pp. 235 - 245

61. HODGSON, J.; MAXWELL, T.J. 1981a. Grazing research and grazing management. In: Hill Farming Research Organisation; biennial report. s.l. pp. 169-187.
62. _____. 1981b. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. In: Hacker, J.B. ed. Nutritional limits to animal production from pastures. Farnham Royale, U.K, Commonwealth Agriculture Bureaux. pp.153 - 166.
63. _____. 1982. Ingestive behaviour. In: Leaver, J.D. ed. Herbage Intake handbook. Hurley, British Grassland Society. pp. 113 - 139.
64. _____. 1985. The control of herbage intake in the grazing ruminant. Proceedings of the Nutrition Society. 44: 339 - 346.
65. _____. 1989. Management of grazing systems. Proceedings of the New Zealand Grassland Association. 50: 117-122.
66. _____. 1990. Grazing management; science into practice. London, Longman Scientific and Technical. 203 p.
67. HOLMES, W. 1980. Grazing management. In: Holmes, W. ed. Grass; its production and utilization. Oxford, UK, British Grassland Society/Blackwell. pp. 130-172.
68. HUGHES, T.P.; SYKES, A.R.; POPPI, D.P. 1983. Sward characteristics influencing intake. In: Familton, A. ed. Lamb growth; technical handbook. Lincoln College, New Zealand, s.e. pp. 65-78.
69. _____.; _____.; _____. 1984. Diet selection of young ruminants in late spring. Proceedings of the New Zealand of Animal Production. 44: 109 - 112.
70. ILLIUS, A.W.; I.J. GORDON. 1987. The allometry of food intake in grazing ruminants. Journal Animal Ecology. 56:989-999.

71. _____.; _____. 1990. Constraints on diet selection and foraging behaviour in mammalian herbivores. In: Hughes, R.N. ed. Behavioural mechanisms of food selection. Berlin, Springer-Verlag. pp. 369 - 393.
72. _____.; CLARK, D.A.; HODGSON, J. 1992. Discrimination and patch choice by sheep grazing grass-clover swards. *Journal of Animal Ecology*. 61: 183 - 194.
73. _____.; GORDON, I. J. 1993. Diet selection in mammalian herbivores; constraints and tactics. In: Hughes, R. N. ed. Diet selection. Oxford, UK, Blackwell. pp. 157-181.
74. IVINS, J.D.; DILTON, J. DAVIDSON, J. 1958. The interpretation of data of grassland evaluation in relation to the varying potential outputs of grassland and livestock. *Journal of British Grassland Society*. 13: 23-28.
75. INFOSTAT. 2008. Infostat, versión 2008; manual del usuario. Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba. FCA/Brujas. 334 p.
76. JAMIESON, W.S.; HODGSON, J. 1981. The effect of variation in sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves and lambs under continuous stocking management. *Grass and Forage Science*. 34: 273 - 282.
77. JONES, R. M.; MOTT, J. J. 1980. Population dynamical in grazed pastures. *Tropical Grasslands*. 14(3): 219.
78. JONES, M.B.; COLLETT, B.; BROWN, S. 1982. Sward growth under cutting and continuous stocking managements; sward canopy structure, tiller density and leaf turnover. *Grass and Forage Science*. 37: 67-73.
79. KASANAGA, H.; MONSI, M. 1954. On the light-transmission of leaves, and its meaning for the production of matter in plant communities. *Japanese Journal of Botanic*. 14: 304 - 324.

80. KENNEY, P.A.; BLACK, J.L. 1984. Factors affecting diet selection by sheep. I. Potential intake and acceptability of feed. *Australian Journal of Agricultural Research*. 35: 551 - 563.
81. L'HUILLIER, P.J.; POPPI, D.P. 1984. Influence of green leaf distribution on diet selection by sheep and the implications for animal performance. *Proceedings of the New Zealand of Animal Production*. 44: 105 - 107.
82. _____.; THOMSON, N.A. 1988. Estimation of herbage mass in ryegrass/white clover dairy pastures. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. 49: 117 – 122.
83. LACA, E.; DEMMENT, M.W. 1991. Herbivory: The dilemma of foraging in a spatially heterogeneous food environment. *In*: Palo, R.T; Robbins, C.T. eds. *Plant defence against mammalian herbivory*. Boca Raton, Florida, CRC. pp. 29 - 44.
84. _____.; UNGAR, E.D.; SELIGMAN, N.; DEMMENT, M.W. 1992. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass and Forage Science*. 47: 91 - 102.
85. _____.; DISTEL, R.A.; GRIGGS, T.C.; DEO, G.; DEMMENT, M.W. 1993. Field test of optimal foraging with cattle; the marginal value theorem successfully predicts patch selection and utilisation. *In*: *International Grassland Congress (17th, 1993, Wellington, New Zealand)*. *Proceedings*. Wellington, New Zealand, SIR. pp. 709 - 710.
86. LANGLANDS, J.P.; SANSON, J. 1976. Factors affecting the nutritive value of the diet and the composition of rumen fluid of grazing sheep and cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*. 27: 691 - 707.
87. LASCANO, C.; PIZARRO, E.A.; TOLEDO, J.M. 1985. Recomendaciones generales para evaluar pasturas con animales. Cali, Colombia, Red Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). pp. 251-266.
88. LEGENDRE, P.; FORTIN, M.J. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Plant Ecology*. 80 (2): 107-138.

89. LYNCH, F.; HINCH, G.; ADAMS, D. 1992. Grazing behaviour in sheep. In: The behaviour of sheep. Biological principles and implications of production. Wallingford, CAB International. pp. 9-47.
90. MADDALONI, J. 1964. *Festuca alta* (*Festuca arundinacea* Schreb). Argentina. Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Informe Técnico no. 21. 36 p.
91. MALECHEK, J.C.; BALPH, D.F. 1987. Diet selection by grazing and browsing livestock. In: International Symposium on the Nutrition of Herbivores (2th, 1987, Sydney). Proceedings. Sydney, Academic Press. pp. 199 – 201.
92. MANNETJE L.T.; HAYDOCK K.P. 1963. The dry- weight- rank method for the botanical analysis of pasture. Journal of the British Grassland Society. 18:268-275.
93. MARTEN, G. C.; ANDERSEN, R. N. 1975. Forage nutritive value and palatability of 12 common annual weeds. Crop Science. 15: 821-827.
94. _____. 1978. The animal complex in forage palatability phenomena. Journal of Animal Science. 46:1470.
95. _____.; SHEAFFER, C. C.; WYSE, D. L. 1987. Forage nutritive value and palatability of perennial weeds. Agronomy Journal. 79: 980-986.
96. MATCHES, A.G. 1966. Influence of intact tillers and height of stubble on growth responses of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). Crop Science. 6: 484-487.
97. MEJIA, J.H. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. Acta Universitaria (México). no.8: 56-63.

98. MILLOT, J.C.; RISSO, D.; METHOL, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.
99. MILNE, J. 1991. Diet selection by grazing animals. Proceedings of the Nutrition. 50: 77 – 85.
100. MINSON, D. 1990. Forage ruminant nutrition. San Diego, CA, Academic Press. 483 p.
101. MITCHELL, R.J.; HODGSON, J.; CLARK, D.A. 1991. The effect of varying leafy sward height and bulk density on the ingestive behaviour of young deer and sheep. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 51: 159 - 165.
102. MONTES, L. 1988. Lotus tenuis. Revista Argentina de Producción Animal. 8: 367 - 376
103. MONTOSI, F. 1995. Comparative studies on the implications of condensed tannins in the evaluation of Holcus lanatus and Lolium spp: swards for sheep performance. Ph D.Thesis. Palmerston North, New Zealand. Massey University. 288 p.
104. _____; FIGURINA, G.; BERRETTA, E. J.; BEMHAJA, M.; SANTAMARINA, I.; MIERES, J.; SAN JULIÁN, R.; RISSO, D.; SCAGLIA, G.; MOTTA, R. 1996. Selectividad animal sobre campo natural, campo natural fertilizado y mejoramientos extensivos en la región de Basalto. In: Grupo de Trabajo de la Unidad Experimental Glencoe ed. Producción ganadera en Basalto. Montevideo, INIA. pp. 1-7 (Actividades de Difusión no. 108).
105. _____; SAN JULIÁN, R.; AYALA, W.; BERMÚDEZ, R.; FERREIRA, G. 1997. Alternativas de intensificación de la producción de carne ovina en sistemas ganaderos del Uruguay. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (25as., Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 23-32.

106. _____.; _____.; DE MATTOS, D.; BERRETTA, E. J.; RÍOS, M.; ZAMIT, W.; LEVRATOO, J. 1998a. Alimentación y manejo de la oveja de cría durante el último tercio de gestación en la región de Basalto. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 195-208 (Serie Técnica no. 102).
107. _____.; BERRETTA, E.J.; FIGURINA, G.; SANTAMARINA, I.; BEMHAJA, M.; SAN JULIAN, R.; RISSO, D.; MIERES, J. 1998b. Estudios de la selectividad animal sobre diferentes comunidades vegetales en la región de basalto. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 257-285 (Serie Técnica no. 102)
108. _____.; _____.; _____.; _____. 2000a. Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, INIA. pp. 60-91 (Serie Técnica no. 44).
109. _____.; _____.; _____.; _____. 2000b. Selectividad animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos: teoría y práctica. Montevideo, INIA. 84 p. (Serie Técnica no. 113)
110. MYERS, L. F. 1974. Efectos producidos por el pastoreo sobre el crecimiento vegetal. In: James, B. J. F. comp. Utilización intensiva de pasturas. Buenos Aires, Hemisferio Sur. pp. 51-57.
111. NEWMAN, J.A.; PARSON, A.J.; HARVEY, A. 1992. Not all sheep prefer clover: diet selection revisited. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 119: 275 – 283.
112. _____.; PENNING, P.D.; PARSONS, A.J.; HARVEY, A.; Orr, R.J. 1994. Fasting affects intake behaviour and diet preferences of grazing sheep. *Animal Behaviour*. no. 47: 185 - 193.

113. NICOL, A.M.; NICOLL, G.B. 1987. Pasture for beef cattle. In: Nicol, A. M. ed. Livestock feeding on pasture. Hamilton, New Zealand Society of Animal Production. pp. 119 - 132 (Occasional Publication no. 10).
114. PARSONS, A.J.; NEWMAN, J.A.; PENING, P.D.; HARVEY, A. 1994a. Diet preference of sheep; effect of recent diet, physiological state and species abundance. *Journal of Animal Ecology*. 63: 465 – 478.
115. _____.; ISON, R.L. 1994b. Nutrición mineral. *Agronomía de los Sistemas Pastoriles*. no. 5: 61-76.
116. PIGGOT, G.J. 1986. Methods for estimating pasture dry matter on dairy farms in Northland. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. 47: 243 – 247.
117. POPPI, D.P.; HUGHES, T.P.; L'HUILLIER, P.J. 1987. Intake of pasture for grazing animals. In: Nicol, A. M. ed. Livestock feeding on pasture. Hamilton, New Zealand Society of Animal Production. pp. 55 - 64. (Occasional Publication no. 10).
118. PROVENZA, F. D.; MALECHEK, J. C. 1986. A comparison of food selection and foraging behavior in juvenile and adult goats. *Applied Animal Behaviour Science*. 16 (1): 49-61.
119. _____.; BALPH, D. F. 1987. Diet learning by domestic ruminants; theory, evidence and practical implications. *Applied Animal Behavior Science*. 18: 211-232.
120. _____.; _____.; OLSEN, J. D.; DWYER, D. D.; RALPHS, M. H.; PFISTER, J. A. 1988. Toward understanding the behavioral responses of livestock to poisonous plants. In: James, L. F.; Ralphs, M. H.; Nielsen; D. B. eds. *The ecology and economic impact of poisonous plants on livestock production*. Boulder, Colorado, Westview. pp. 407-424.

121. _____.; BALPH, D.F. 1990. Applicability of five diet-selection models to various foraging challenges ruminants encounter. In: Hughes, R.N. ed. Behavioural mechanisms of food selection. Berlin, Germany, Springer-Verlag. pp. 423 - 458.
122. _____.; CINCOTTA, R.P. 1993. Foraging as a self-organizational learning process: Accepting adaptability at the expense of predictability. In: Hughes, R.N. ed. Diet selection. London, Blackwell. pp. 78-101.
123. RENCHER A. 2002. Methods of multivariate analysis. 2nd. ed. New York, Wiley and Sons. 732 p.
124. RISSO, D.F.; BERRETTA, E.J.; BEMHAJA, M. 1997. Tecnologías de producción ganadera para Basalto. In: Avances tecnológicos para la región basáltica; 1. Pasturas. Montevideo, INIA. pp. 11 – 16 (Actividades de Difusión no. 145).
125. _____.; CARAMBULA, M. 1998. Lotus El Rincón. Producción y utilización de los mejoramientos. Montevideo, INIA. 32 p. (Boletín de Divulgación no. 65).
126. ROBBINS, C.T.; MOLE, S.; HAGERMAN, A.E.; HANLEY, T.A. 1987. Role of tannins in defending plant against ruminants; reduction in dry matter digestion. Ecology. 68 (6): 1607 – 1615.
127. ROSENGURTT, B. 1977. Sucesiones vegetales. Paysandú, Facultad de Agronomía. s.p.
128. _____. 1979. Tabla de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo, Universidad de la República. Departamento de Publicaciones y Ediciones. 86 p.
129. SAN JULIAN, R.; MONTOSSI, F.; BERRETTA, E.J.; LEVRATTO, J.; ZAMIT, W.; RÍOS, M. 1998. Alternativas de alimentación y manejo invernal de la recria ovina en la Región de Basalto. In: Seminario de

Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 209-227 (Serie Técnica no. 102).

130. SIMONS, A. B.; MARTEN, G. C. 1971. Relationship of indole alkaloids to palatability of Phalaris arundinacea. *Agronomy Journal*. 63 (6): 915 – 919.
131. STANCÍK, D. 2003. New endemic taxa in *Festuca* (Poaceae) from Colombian Sierra Nevada de Santa Marta. *Preslia*. no. 75: 1- 9.
132. STEPHENS, D.W.; KREBS, J.R. 1986. *Foraging theory*. Princeton, NJ, Princeton University. 247 p.
133. STOBBS, T.H. 1973a. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. *Australian Journal of Agricultural Research*. 24: 809 - 819.
134. _____. 1973b. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. *Australian Journal of Agricultural Research*. 24: 819 - 829.
135. _____. 1975. Factors influencing the nutritional value of grazed tropical pastures for beef and milk production. *Tropical Grasslands*. no. 9: 141 p.
136. STODDART, L. A.; SMITH, A. D.; BOX, T. W. 1975. *Range management*. 3rd. ed. New York, Mc Graw-Hill. 532 p.
137. TAYLOR, J.A. 1993. Foraging strategy. In: International Grassland Congress (17th., 1993, Wellington, New Zealand). Proceedings. Wellington, New Zealand, SIR. pp. 739 - 740.
138. URUGUAY. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA. 1979. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Montevideo, Uruguay. t.3, 452 p.
139. VALLENTINE, J.F. 1990. *Grazing management*. San Diego, CA, Academic Press. 533 p.

140. VAN DYNE, G.M.; BROCKINGTON, M.R.; SZOZS, Z; DAEK, J.; RIBIC, C.A. 1980. Largeherbivore sub-system. In: Bremeyer, A.I., Van Dyne , G.M. eds. Grasslands, ecosystems and management. Cambridge, University Press. pp. 269 - 537.
141. VAN KEUREN, R. W.; DAVIS, R. R. 1968. Persistence of birdsfoot trefoil, *Lotus corniculatus* L., as influenced by plant growth habit and grazing management. *Agronomy Journal*. 60: 92.
142. VAZ MARTINS, D.; BIANCHI, J. 1982. Relación entre distintos parámetros de la pastura y el comportamiento animal en pastoreo. In: Utilización de pasturas y engorde eficiente de novillos. La Estanzuela, CIAAB. pp. 1-16 (Miscelánea no. 28)
143. WALTON, P.D. 1983. The production and management of cultivated forages. Virginia, USA, Reston. 336 p.
144. WATSON, L.; DALLWITZ, M. J. 1992. The grass genera of the world. Wallingford, Oxfordshire, UK, CABI. 1036 p.
145. WESTOBY, M. 1974. An analysis of diet selection by large generalis herbivores. *The American Naturalist*. 961 (108): 209-304.
146. _____. 1978. What are the biological bases of varied diets? *The American Naturalist*. 985 (112): 627- 631.