

T-2640


UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**EVALUACION NUTRICIONAL DE LOTUS CORNICULATUS,
MEDICAGO SATIVA Y TRIFOLIUM PRATENSE**

PERIODO II: VERANO 1996/97. a- DIGESTIBILIDAD

Por

**Alia Kamaid Toth
Cléver Machín Vila
Joaquín Urioste Bastos**

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE
DOCENCIA

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
1997

Tesis aprobada por:

Director:

Laura Astigarraga

María del Jesus Marichal

Lucía Piaggio

Fecha:

Autores:

Alia Kamaid Toth

Clever Machin Vila

Joaquín Urioste Bastos

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres.

A nuestra directora de tesis Ing. Agr. Laura Astigarraga, por su incondicional apoyo y dedicación.

Al Ing. Agr. Juan Burgeño, por su colaboración y paciencia.

A la Ing Agr. Mariana Carriquiri por su colaboración en el trabajo de laboratorio.

Al personal de campo del Centro Experimental Sur.

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
PAGINA DE APROBACION	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VI
I. <u>INTRODUCCION</u>	1
II. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	2
A. CARACTERIZACION DE LAS ESPECIES FORRAJERAS	2
1. ALFALFA	2
a. Descripción de la planta	2
b. Descripción de la variedad utilizada	3
c. Valor nutritivo de la alfalfa	4
2. LOTUS	4
a. Descripción de la planta	4
b. Descripción de la variedad utilizada	5
c. Valor nutritivo del lotus	6
3. TREBOL ROJO	6
a. Descripción de la planta	6
b. Descripción de la variedad utilizada	7
c. Valor nutritivo del trébol rojo	7
B. EFECTO DE LAS VARIABLES AMBIENTALES SOBRE LAS VARIACIONES DE COMPOSICION QUIMICA DE LAS PLANTAS.....	8
1. TEMPERATURA	9
2. LUZ	10
3. DEFICIT HIDRICO	11
4. INTERACCION DE LOS FACTORES DEL AMBIENTE	12
III. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	13
A. CARACTERIZACION DE LAS PASTURAS A EVALUAR	13
B. CARACTERIZACION DE LOS ANIMALES UTILIZADOS	13
C. DESCRIPCION DE LOS EXPERIMENTOS REALIZADOS.....	14
1. PERIODO DE ACOSTUMBRAMIENTO.....	14
2. PERIODO EXPERIMENTAL 1.....	14
3. PERIODO EXPERIMENTAL 2.....	15

4. CARACTERIZACION DE LAS PASTURAS.....	15
a. Medición de la biomasa acumulada.....	15
b. Medición de la altura de la cubierta vegetal y caracterización del estado_fenológico	16
c. Composición morfológica de la cubierta vegetal.....	16
D. EVALUACION DE LA DIGESTIBILIDAD MEDIDA EN CAPONES.....	16
E. ANALISIS DE LABORATORIO	16
F. ANALISIS ESTADISTICO	17
 IV. <u>RESULTADOS</u>	 18
A. CARACTERIZACION Y DESCRIPCION DE LAS PASTURAS.	18
1. CARACTERIZACION FISICA DE LAS PASTURAS.....	18
2. ESTADO FENOLOGICO DE LAS PASTURAS.....	19
3. DESCRIPCION MORFOLOGICA DE LAS PASTURAS.....	20
4. CARACTERIZACION QUIMICA DE LAS PASTURAS OFRECIDAS.....	25
B. COMPOSICION QUIMICA DEL RECHAZO	26
C. DIGESTIBILIDAD DE LOS DIFERENTES COMPONENTES.....	27
 V. <u>DISCUSION</u>	 30
 VI. <u>CONCLUSIONES</u>	 34
 VII. <u>RESUMEN</u>	 35
 VIII. <u>SUMMARY</u>	 36
 IX. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	 37
 X. <u>ANEXOS</u>	 41

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

<u>Cuadro N°</u>	<u>Página</u>
1. Valor nutritivo de <i>Medicago sativa</i> , según diferentes fuentes bibliográficas.....	4
2. Valor nutritivo de <i>Lotus corniculatus</i> , según diferentes fuentes bibliográficas....	6
3. Valor nutritivo de <i>Trifolium repens</i> , según diferentes fuentes bibliográficas.....	7
4. Efecto de la temperatura, fotoperíodo y estrés hídrico sobre la digestibilidad y sobre la relación carbohidratos solubles / estructurales.....	12
5. Características generales de las forrajeras evaluadas	13
6. Técnicas de laboratorio empleadas para los análisis correspondientes	17
7. Caracterización física de alfalfa, lotus y t. rojo correspondiente al período 1 (diciembre 1996).....	18
8. Caracterización física de alfalfa, lotus y t. rojo correspondiente al período 1 (febrero 1997).....	18
9. Tasa de crecimiento diario (kg de MS/ha/día) de alfalfa y lotus durante los meses de enero y febrero.....	19
10. Caracterización del estado fenológico de la patura correspondiente al período (diciembre 1996).....	19
11. Caracterización del estado fenológico de la patura correspondiente al período (febrero 1997).....	19
12. Composición por estratos de trébol rojo período 1 (diciembre 1996).....	20
13. Composición por estratos de alfalfa período 1 (diciembre 1996).....	21
14. Composición por estratos de alfalfa período 2 (febrero 1997).....	22
15. Composición por estratos de lotus período 1 (diciembre 1996).....	23
16. Composición por estratos de lotus período 2 (febrero 1997).....	24

17. Relación hoja/tallo de trébol rojo (por encima de 5 cm).....	25
18. Relación hoja/tallo de alfalfa (por encima de 5 cm).....	25
19. Relación hoja/tallo de lotus (por encima de 5 cm).....	25
20. Composición química de las pasturas para los períodos 1 y 2	25
21. Composición química del rechazo, correspondiente al período 1 (diciembre 1996)	26
22. Composición química del rechazo, correspondiente al período 2 (febrero 1997)	26
23. Proporción de material rechazado con respecto al ofrecido	26
24. Variación relativa de la composición química del rechazo con respecto al ofrecido	27
25. Digestibilidad aparente de la materia seca y error estándar correspondiente a los períodos 1 y 2	27
26. Digestibilidad aparente de la materia orgánica y error estándar correspondiente a los períodos 1 y 2	28
27. Digestibilidad de la fibra detergente neutro y su error estándar correspondiente a los períodos 1 y 2	28
28. Digestibilidad de la fibra detergente ácida y su error estándar correspondiente a los períodos 1 y 2	28

I. INTRODUCCION

Lotus, trébol rojo y alfalfa son junto al trébol blanco las leguminosas forrajeras más sembradas en el Uruguay. A pesar de ello, se puede afirmar que la información disponible sobre la cantidad y calidad de estas forrajeras es escasa, de acuerdo a las variables manejadas por los sistemas de previsión de valor nutricional de alimentos para rumiantes (NRC, 1988; INRA, 1989; Beever and Cottrill, 1994). En general, la oferta forrajera en el país se maneja más en términos de materia seca que en términos de nutrientes disponibles.

Si bien se dispone de información sobre el valor nutritivo del forraje de las pasturas a nivel internacional, no ocurre lo mismo a nivel local donde los datos disponibles son escasos e incompletos desde el punto de vista de su caracterización nutricional para rumiantes. No se cuenta con un seguimiento continuo a través del año y mucho menos de los factores determinantes que afectan el valor nutritivo de las diferentes forrajeras.

Esta información es de suma importancia al momento de balancear una dieta para animales de alta producción donde los requerimientos elevados obligan a un ajuste nutricional que posibilite una relación costo/ beneficio favorable para el productor.

Este trabajo tiene los siguientes objetivos:

- 1- Caracterizar la composición morfológica y la composición química de tres pasturas puras, alfalfa, lotus y trébol rojo, así como su digestibilidad “ *in vivo*”.
- 2- Cuantificar las variaciones de dichos parámetros asociadas al período estival.

A futuro, la relación entre la digestibilidad y las características físico - químicas de las pasturas, permitirá predecir mejor la oferta de nutrientes mediante parámetros cualitativos de fácil interpretación, obteniendo como consecuencia información nacional para mejorar la planificación del uso de las pasturas según la calidad y la cantidad de nutrientes ofertados a nivel estacional en el año.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

La digestibilidad así como las características físico - químicas de las especies forrajeras varían según características del ambiente y de manejo. Por tal motivo, esta revisión apunta a caracterizar los siguientes aspectos: descripción de la planta y caracterización de la variedades utilizadas, descripción de los principales factores ambientales del período estival que afectan la composición química y por lo tanto el valor nutritivo, y una recopilación de la información existente en el tema a nivel nacional e internacional.

A. CARACTERIZACION DE LAS ESPECIES FORRAJERAS

1. ALFALFA

a. Descripción de la planta

Medicago sativa es una forrajera perenne de ciclo estival. Su amplia distribución geográfica implica adaptabilidad a una variada serie de condiciones ambientales.

Es una planta erecta con una raíz pivotante profunda, la cual le confiere una alta tolerancia a la sequía. Forma una corona en la base de la planta donde se localizan gran cantidad de yemas. Si bien cada hoja porta una yema en su axila a partir de la cual se puede desarrollar un nuevo tallo, las plantas de alfalfa pierden la mayoría de estos puntos de crecimiento con la defoliación por pastoreo o corte, y en consecuencia el rebrote dependerá de las yemas ubicadas en la corona. Estas yemas comienzan su desarrollo cuando los tallos presentes inician la floración (Langer, 1973).

El sistema radicular de la alfalfa, es el principal órgano de almacenamiento de sustancias de reserva. Luego de una defoliación ocurre una disminución importante en el contenido de hidratos de carbono almacenados en la raíz, los que son utilizados para nutrir las nuevas yemas que inician su crecimiento (Hodgkinson, 1970, citado por Díaz, 1995). Esto pone de manifiesto el importante papel que desempeña la raíz en el rebrote de la alfalfa. Una de las razones que justifican la separación en el tiempo de los cortes o pastoreos es permitir un buen desarrollo radicular. Cuando los tallos se encuentran desarrollados y asimilan a altas tasas ocurre un crecimiento vigoroso de las raíces y se

acumulan nuevas reservas, las que posibilitarán el rebrote subsiguiente (Langer, 1973).

El estado de crecimiento en el cual se cosechan las plantas de alfalfa es un factor importante que influye sobre el valor alimenticio del forraje. A medida que se retrasa la fecha de corte, el rendimiento generalmente aumenta y se produce un incremento de la cantidad de tallos, una disminución de la relación hoja/tallo, y un cambio en la composición química con una evidente reducción del valor alimenticio.

Los tallos de alfalfa nunca son tan digestibles como las hojas en las etapas tempranas de crecimiento (Mowat et al., 1965; Terry y Tilley, 1964, citados por Barnes, 1972). En cuanto a la relación porcentual de hojas y tallos, la mayoría de los autores concuerdan en que la relación hoja/tallo decrece con la madurez Rogers (1961, citado por Fernández, 1983). Hay también una variación de esta relación hoja/tallo entre estaciones y entre cultivares. En una comparación de 12 variedades de alfalfa en Australia, Rogers (1961, citado por Fernández, 1983), reporta una relación hoja / tallo mas alta en el otoño que en el verano y en la primavera.

En cuanto a la composición química de las hojas y tallos se puede afirmar que las hojas tienen un porcentaje más uniforme de proteína y fibra en el período de crecimiento. Smith y Dale (1969, citados por Barnes y Gordon 1972), observaron que todos los constituyentes orgánicos e inorgánicos analizados estaban en mayor concentración en las hojas, a excepción de la celulosa o fibra cruda de la planta, la cual se encontraba contenida en un 75 % en los tallos. Terry y Tilley (1964, citados por Barnes y Gordon 1972), señalaron que el porcentaje de lignina de las hojas se mantiene relativamente constante con la maduración, y la lignificación se considera poco importante en la hoja. Este punto de vista lo confirma el casi constante nivel de digestibilidad de todo el tejido foliar durante la maduración.

b. Descripción de la variedad utilizada

La variedad Estanzuela Chaná fue obtenida en La Estanzuela por selección por persistencia sobre alfalfas de origen italiano. Es un cultivar de latencia invernal extremadamente corta, plantas de porte erecto, tallos largos y fecha de floración intermedia.

Se destaca de los otros cultivares por su buena productividad durante todo su ciclo de crecimiento. Su rápida recuperación después del corte permite obtener hasta seis cortes al año. En buenas condiciones, su vida productiva es de 4 años (García et al.,

1991).

c. Valor nutritivo de la alfalfa

Cuadro N°1: Valor nutritivo de *Medicago sativa*, según diferentes fuentes bibliográficas

Valor nutritivo	MS (%)	MO (%)	FDN (%)	FDA (%)	PB (%)	ED (1)	EM (1)	ENI (1)	DMS (%)	DMO (%)	Estado Fisiológico
INRA (1981)	20	90	-	35 (2)	14.6	2.68	2.18	1.241	-	-	inicio floración
INRA (1981)	22	91	-	36 (2)	13.5	2.56	2.07	1.173	-	-	floración
NRC (1984)	23	-	-	-	19.0	-	2.17	-	-	-	inicio floración
Cozzolino et.al (1994)	-	-	41.9	29	-	-	2.3	1.46	-	64.75	floración completa
INTA (1996)	23	-	43.3	31.7	22.1	-	-	-	65.1	-	10% floración verano
INTA (1996)	24.2	-	45.5	34.9	18.7	-	-	-	61.9	-	30% floración verano

(1): la energía se expresa como Mcal/kgMS.

(2): este valor se puede estimar adicionándole 3 puntos porcentuales al valor de fibra bruta que presenta la tabla (Astigarraga, com. pers.).

2. LOTUS

a. Descripción de la planta

Lotus corniculatus es una leguminosa perenne estival que se adapta a muy diversos hábitats. Si bien la producción de forraje se concentra fundamentalmente en primavera y otoño, se extiende también al verano en que produce forraje de muy buena calidad, resultando así de gran valor, ya que en esa época la producción de la mayoría de las leguminosas es reducida, (Hughes y Scholl., 1959; Gardner et al., 1968; Carámbula,

1977, citado por Díaz, 1995).

La profundidad de su sistema radicular es intermedia entre el de la alfalfa y el del trébol rojo, siendo más ramificado que el de la alfalfa, lo cual le hace moderadamente tolerante a la sequía con la ventaja de tolerar también la humedad (Hughes et al., 1959; Carámbula, 1977, citados por Surraco, 1982).

Los primeros brotes de las plantas de lotus se desarrollan a partir de yemas ubicadas en las axilas de los cotiledones y de las primeras hojas del corto tallo primario de la plántula, el que rápidamente cesa de crecer. Luego el rebrote se produce a partir de las yemas dispuestas en la corona. La parte aérea puede desarrollarse además a partir de tejido radicular cercano a la corona. Los tallos de lotus son de tipo indeterminado portando las flores lateralmente (Forde et al., 1989, citado por Díaz, 1995).

El lotus se destaca entre las leguminosas porque no produce problemas de meteorismo ni aun cuando se pastorean cultivos puros, (Carámbula, 1977, citado por Surraco, 1982). De acuerdo con Jones y Lyttelton (1961) y Sarkar y col. (1976) citados por Surraco (1982), esto se debería a la presencia de taninos en el contenido celular. Sin embargo, los mismos pueden ser considerados como constituyentes indeseables del forraje ya que disminuyen su digestibilidad, a pesar de lo cual el lotus es muy palatable (Hughes y Scholl, 1959 y Sarkar y col., 1976 citados por Surraco, 1982).

b Descripción de la variedad utilizada

El cultivar San Gabriel fue desarrollado en la Estación Experimental de Forrajeras de Sao Gabriel (RS, Brasil), siendo liberado en 1960 (Moraes 1960). En el Uruguay presenta buen crecimiento desde mediados de invierno con excelente producción en primavera y otoño. Florece tempranamente y produce mucha semilla. Es una variedad de porte erecto y buena persistencia (Carámbula et al., 1978).

c. Valor nutritivo del lotus

Cuadro N°2: Valor nutritivo de *Lotus corniculatus*, según diferentes fuentes bibliográficas

Valor nutritivo	MS. (%)	MO. (%)	FDN (%)	FDA (%)	PB. (%)	ED. (1)	EM. (1)	ENI (1)	DMO (%)	Estado Fisiológico
NRC (1989)	24	-	-	27.7 (2)	21.0	-	2.49	1.5		estado vegetativo
Cozzolino et al (1994)	-	-	-	-	14.7	-	2.4	1.4	68.38	inicio floración

(1): la energía se expresa como Mcal/kgMS.

(2): este valor se puede estimar adicionándole 3 puntos porcentuales al valor de fibra bruta que presenta la tabla (Astigarraga, com. pers.)

3. TREBOL ROJO

a. Descripción de la planta

Trifolium pratense es una leguminosa perenne invernal de corta vida (2-3 años), de clima templado y característica de regiones húmedas con temperaturas moderadas a frescas (Forde et al., 1989, citado por Díaz, 1995). La planta posee una corona ubicada sobre la superficie del suelo a partir de la cual se desarrollan tallos semi erectos y ramificados. Tiene un sistema radicular compuesto por una raíz principal pivotante y ramificada en una serie de raíces secundarias. La mayor parte de las raíces se concentran en superficie, en consecuencia es menos resistente a la sequía que la alfalfa (Wilsie, 1969, citado por Díaz, 1995).

En general la raíz primaria comienza a deteriorarse tempranamente y las plantas desarrollan una gran cantidad de raíces adventicias, dejando la planta mas expuesta a sufrir déficits hídricos ya que la raíz pivotante explora hasta los 40-60cm de profundidad mientras que las raíces laterales se concentran en superficie. Algunos estudios sugieren que el eje principal del trébol rojo esta genéticamente programado para ser susceptible a estrés fisiológicos. Usando C_{14} encontraron que la mayor parte de los fotoasimilados (78%) provenientes de hojas maduras se translocan a las ramificaciones y solo el 22% se destina a la raíz primaria (Smith, 1989, citado por Díaz, 1995).

El rebrote del trébol rojo depende fundamentalmente de las reservas, dado que durante el crecimiento se inhibe el desarrollo de nuevas yemas. Luego de un corte o pastoreo las reservas de carbohidratos disminuyen, recuperándose previo a la floración. Si bien las fluctuaciones estacionales de las reservas son similares en todas las leguminosas perennes, el trébol rojo se caracteriza por tener menores niveles que la alfalfa (Smith, 1962, citado por Díaz, 1995). Dado que el área foliar remanente luego de la defoliación está compuesta principalmente por hojas viejas de baja eficiencia fotosintética, es claro que el manejo del trébol rojo requiere evitar pastoreos continuos que deprimen el nivel de reservas (Kendall y Stringer, 1985).

b Descripción de la variedad utilizada

El cultivar de trébol rojo LE- 116 es una selección realizada en La Estanzuela sobre materiales introducidos de Nueva Zelandia. Es diploide, de porte semi erecto, de floración temprana, bianual y sin latencia invernal. Se destaca por su precocidad, producción total e invernal (García et al., 1991). La producción del primer verano es buena, pero en el segundo verano declina rápidamente a partir de noviembre- diciembre debido a un marcado deterioro en la población de plantas (Rebuffo y García, 1991).

c. Valor nutritivo del trébol rojo

Cuadro N°3: Valor nutritivo de *Trifolium repens*, según diferentes fuentes bibliográficas

Valor nutritivo	MS (%)	MO (%)	FDN (%)	FDA (%)	PB (%)	ED (1)	EM (1)	ENI (1)	DMO	Estado Fisiológico
INRA (1981)	15.3	88.3	-	29.3	12.0	2.82	2.32	1.36	-	inicio floración
INRA (1981)	18	89.7	-	31.9 (2)	10.5	2.71	2.23	1.292	-	1° ciclo, floración
NRC (1989)	26.0	-	43.0	35.0	14.6	-	2.4	1.45	-	plena floración
Cozzolino et al (1994)	-	-	-	-	16.5	-	2.1	1.3	62.7(2)	floración media

(1): la energía se expresa como Mcal/kgMS.

(2): digestibilidad *in vitro*.

B. EFECTO DE LAS VARIABLES AMBIENTALES SOBRE LAS VARIACIONES DE COMPOSICION QUIMICA DE LAS PLANTAS

El ambiente de la planta ejerce su mayor influencia sobre la calidad, sobre todo alterando la proporción de hojas y el grosor de tallos, pero también causa otras modificaciones morfológicas y cambios en composición química de las diferentes partes de planta.

La distribución del carbono y la energía dentro de las partes de la planta y en consecuencia su composición, está muy afectada por los factores selectivos del medio ambiente. El valor nutritivo y calidad del forraje son consecuencias de las condiciones de crecimiento de las plantas. En la calidad de los forrajes y en la concentración de los componentes nutritivos, influyen notablemente diversos factores ecológicos relacionados entre sí (Van Soest, 1994).

Hay dos aspectos importantes en la relevante evolución hacia la calidad nutritiva del forraje: almacenamiento de los nutrientes y defensa contra el medio ambiente. Las sustancias de reservas son generalmente altamente digestibles, por otro lado las estructuras resistentes incluyendo lignina, cutina y componentes secundarios (fenoles, alcaloides terpenoides) son requeridos para la resistencia de la planta. Por lo tanto se puede concluir que los factores ambientales pueden estar divididos en aquellos que mejoran o empeoran las reservas y los que promueven el desarrollo de estructuras de resistencia (Van Soest, 1994).

Metcalf (1966) expresa que los factores del medio ambiente que estimulan el crecimiento, promueven también el uso de reservas y el desarrollo de tejido aéreo. Además afirma que el desarrollo de la planta involucra maduración y declinación en el valor nutritivo de ella, a través de la deposición de carbón fotosintético en la estructura.

La necesidad de una adecuada evaluación de los forrajes ha llevado a una búsqueda de las relaciones causales entre la composición y el valor nutritivo para alimentación animal. Las aproximaciones estadísticas demuestran que el problema reside en los componentes y estructuras de la pared celular de la planta, siendo la digestibilidad de la pared celular regulada más por el carácter intrínseco de los componentes de la misma que por las proporciones de dichos componentes (Van Soest, 1994).

1. TEMPERATURA

Dentro de una región o área, el efecto primario de la temperatura sobre la calidad del forraje determina en gran medida el desarrollo de la planta, influenciando además la proporción relativa de hojas y tallos. Un efecto secundario de la temperatura es la ocurrencia de diferencias anatómicas e histológicas entre hojas y tallos.

Las óptimas temperaturas de crecimiento fueron establecidas por Cooper y Tainton (1968, citado por Dwayne, 1994) en el entorno de los 20 °C para especies de estación fría y de 30 a 35 °C para especies de estación cálida.

A temperaturas por debajo de la óptima para el crecimiento, los azúcares solubles se acumulan. Al disminuir la temperatura el crecimiento se ve disminuido por ser más sensible a la misma, mientras que la fotosíntesis sigue su proceso normal con lo cual existe una acumulación de carbohidratos solubles (Dwayne, 1994).

Las temperaturas ambientales altas promueven el desarrollo fisiológico, por tanto el forraje del segundo corte entrando en el período estival es menos nutritivo a una edad más joven. Menor digestibilidad a mayores temperaturas es el resultado de la combinación de dos efectos principales. Por un lado el aumento de la pared celular de la planta, el cual es aparentemente un efecto particular de temperaturas más altas. Las actividades enzimáticas asociadas con la lignina - biosíntesis se incrementan al aumentar la temperatura. Sin embargo, los efectos cuantitativos de temperatura sobre la calidad del forraje varían según diferentes partes de la planta y según las especies forrajeras (Van Soest, 1994). Por otro lado el aumento de temperatura promueve también una actividad metabólica más alta lo cual disminuye el tamaño de la fosa metabólica de los contenidos celulares. Los productos fotosintéticos están por lo tanto siendo más rápidamente convertidos en componentes estructurales. Esto tiene el efecto de disminuir los contenidos de nitrato, proteína y carbohidratos solubles y de aumentar los contenidos de los componentes estructurales de la pared celular (Van Soest, 1994).

En un estudio realizado por Berger, (1986), para estudiar los cambios de digestibilidad, proteína bruta y materia seca de dos cultivares de alfalfa con el avance a la madurez, observaron que en los dos períodos de mediciones y en los dos cultivares evaluados, la digestibilidad y la proteína declinaron en forma lineal a medida que la alfalfa maduró mientras que la materia seca aumentó linealmente. La tendencia de los tres parámetros estudiados fue semejante en los dos períodos de mediciones. En el segundo período la digestibilidad decreció y la materia seca aumentó en los sucesivos

cortes más acentuadamente que en el primero, probablemente debido a una aceleración en la madurez por efecto de la temperatura.

Afirmando el concepto anterior se observan varios autores que llegan a similares resultados. Nelson y Smith (1969) al igual que Jensen (1967) muestran que la alfalfa madura más temprano bajo regímenes de temperaturas cálidas.

Se ha encontrado que algunas variedades de alfalfa cuando crecen en regímenes de temperaturas cálidas alcanzan el estado de 1/10 floración en casi la mitad del número de días que las que crecen en un régimen de temperaturas frías.

Nelson y Smith (1969) trabajando con alfalfa de la variedad Vernal observaron que la aparición de la primera flor ocurrió a los 24 días en un régimen de temperaturas cálidas (32° C día/24° C noche) y a lo 42 días en régimen de temperaturas frías (18° C día/10° C noche), siendo el rendimiento de forraje tres veces mayor en régimen frío debido en parte al largo tiempo requerido para obtener las primeras flores, produciendo una gran área foliar y alta tasa de asimilación neta.

Jensen et al., 1967; Smith, 1969; Marten, 1970, encontraron diferencias en la digestibilidad de la alfalfa que crecía a distintas temperaturas con cortes a intervalos fijos, éstas no aparecieron cuando las plantas se cosechaban a un mismo estado fenológico.

Parecería que no existe un efecto directo significativo de la temperatura sobre la digestibilidad de la alfalfa sino a través de la aceleración de la madurez de la planta (Garza et al., 1965; Smith, 1969; Marten, 1970, citados por Barnes y Gordon, 1972).

Los estudios en condiciones ambientales controladas confirman las conclusiones de estudios a campo en el sentido de que el principal efecto de las temperaturas elevadas es una madurez acelerada y una consecuente disminución de la calidad, por efecto de un aumento de la lignificación de la pared celular (Barnes y Gordon, 1972).

2. LUZ

El efecto de la luz es ejercido directamente sobre el metabolismo a través de la fotosíntesis. Varios parámetros están involucrados, incluyendo la luz total recibida, intensidad de luz y longitud del día. Los componentes de la pared celular decrecen en

proporción con el aumento de luz, a través de la dilución de la cantidad de carbohidratos no estructurales, aminoácidos, y ácidos orgánicos formados (Van Soest, 1994).

Garza et al., (1965) y Bula et al., (1959) encontraron que la intensidad de luz aumenta el peso total de la planta, contenido de materia seca y el porcentaje de carbohidratos solubles.

3. DEFICIT HIDRICO

Sequías impuestas a través del ciclo de crecimiento y/o periodos extendidos generalmente causan retardo de la madurez de la planta así como reducida longitud de tallos Wilson (1983, citado por Dwayne, 1994), reporto en plantas sometidas a estrés hídrico un crecimiento general lento así como un lento desarrollo de tallos. A tales efectos es atribuida la mejora en términos relativos de la calidad del forraje.

Kramer (1962) señala que el déficit de agua, además de reducir la producción total de forraje, afecta el patrón de crecimiento de las plantas. El estrés hídrico aumenta el espesor de la pared celular y la magnitud de la cutinización y de la lignificación. Otros cambios detectados son el aumento del espesor de las hojas y la reducción del área foliar.

Jensen (1967, citado por Dwayne, 1994) ha establecido que el contenido de proteína bruta de la alfalfa no es significativamente afectado por el régimen de humedad del suelo, pero el contenido de celulosa y lignina aumenta significativamente con la disminución de agua del suelo.

Las características morfológicas típicas de plantas crecidas en ambientes cálidos y secos, (tejido altamente lignificado, paredes celulares y cutícula engrosadas), están generalmente asociadas con baja digestibilidad. Sin embargo, el estrés hídrico tiene un efecto comparativamente menor sobre la calidad del forraje que sobre el crecimiento y desarrollo, siendo la mayoría de estos efectos positivos sobre la calidad, primariamente a causa de la demora típica en madurez causada por dicho estrés.

4. INTERACCION DE LOS FACTORES DEL AMBIENTE

Entre las variables climáticas, la luz y la temperatura proveen la interacción más grande. La estación de crecimiento en regiones templadas puede ser dividida en 3 periodos: la primavera, cuando la luz y temperatura (su variación) están positivamente asociados con la edad de la planta, el verano medio cuando la temperatura es comparativamente constante mientras la luz decrece y las plantas están envejeciendo y el otoño, cuando ambos, luz y temperatura están decreciendo con el aumento de la edad de la planta. La posibilidad de interacciones para cada uno de los periodos anteriores, señala la necesidad de separar los efectos específicos de luz, temperatura y edad sobre la madurez y composición de la planta (Van Soest, 1994).

Vough y Marten (1971, citados por Dwayne, 1994) observaron que la calidad del forraje de alfalfa varía según la época de corte, independientemente de que éstos sean realizados en un mismo estado de madurez. Estas variaciones resultan de las distintas condiciones ambientales, especialmente la humedad del suelo. Se ha observado que los rendimientos de forraje de alta calidad son mayores con bajas temperaturas y una adecuada humedad del suelo, que con altas temperaturas y pronunciado estrés hídrico. Los investigadores previamente citados encontraron en ensayos de campo y cámaras de crecimiento bajo condiciones de humedad del suelo controladas, que el bajo rendimiento de materia seca de la alfalfa era acompañado por bajo contenido de lignina y celulosa y altos valores de digestibilidad *in vitro*.

En el siguiente cuadro se muestra a modo de resumen la incidencia de los factores climáticos más importantes sobre la variación de la digestibilidad y de la composición química.

Cuadro N°4: Efecto de la temperatura, fotoperíodo y estrés hídrico sobre la digestibilidad y sobre la relación carbohidratos solubles/ carbohidratos estructurales.

Factor climático	Nivel	Digestibilidad (%)	Carb.Solubles/ estructurales
Temperatura	Alta	-	-
	Baja	+	+
Fotoperíodo	Alto	+	+
	Bajo	-	-
Estrés hídrico	Si	+	+
	No	-	-

III. MATERIALES Y METODOS

A. CARACTERIZACION DE LAS PASTURAS A EVALUAR

Las pasturas monoespecíficas evaluadas, fueron sembradas en mayo de 1995, sobre Brunosoles Eutricos el trebol rojo y el lotus y sobre Vertisoles la alfalfa. Las características más importantes se presentan en el cuadro N°5.

Cuadro N°5: Características generales de las forrajeras evaluadas.

Pastura	Nombre científico	Variedad	Densidad siembra kg/ha.	Método de siembra	Fertilización 0-46-47-0 (kg/ha)	Refertilización (kg/ha)
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	Estanzuela Chana	18 - 20	Línea	250	-
Lotus	<i>Lotus corniculatus</i>	San Gabriel	17	Línea	150	100
Trébol rojo	<i>Trifolium pratense</i>	LE 116	10	Línea	150	100

Nota : el fertilizante utilizado fue el super concentrado 0 - 46 - 47 - 0

B. CARACTERIZACION DE LOS ANIMALES UTILIZADOS

Se utilizaron 3 capones Corriedale por pastura, con un peso promedio de 54 kg (+/- 6.24) y 57.5 kg (+/- 4.68) al inicio de los acostumbramientos 1 y 2 respectivamente. Los capones fueron confinados en jaulas metabólicas y desparasitados al inicio de cada período experimental con 1 cc/ animal de Ivermectina.

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DEPARTAMENTO DE
DOCENCIA Y ASISTENCIA
ESTUDIANTIL

C. DESCRIPCION DE LOS EXPERIMENTOS REALIZADOS

Durante la estación estival se realizaron dos periodos de mediciones, tal como se indica en el siguiente cuadro:

Período	Acostumbramiento	Experimental
1	18/12 al 25/12/96	26/12 al 31/12/96
2	18/2 al 23/2/97	24/2 al 02/3/97

En ambos periodos la determinación del momento de corte se realizó a partir de una evaluación por apreciación visual, para estimar la acumulación de biomasa apropiada para un pastoreo con vacas lecheras.

1. ACOSTUMBRAMIENTO

El período 1 tuvo una duración de 8 días mientras que el período 2 fue de 6 días, y se realizaron con el objetivo de estabilizar el consumo de los animales, de manera de obtener un rechazo del 10% de lo ofrecido.

Durante este período se determinó ofrecido y rechazo de materia seca para cada animal. Esta dieta se suministró 2 veces al día en partes iguales, a las 8 AM y a las 6 PM. De mañana se pesaba el rechazo del día anterior previo al suministro del nuevo ofrecido. De tarde solamente se pesó el ofrecido.

2. PERIODO EXPERIMENTAL 1

La cosecha se realizó en dos cortes diarios, 7 A.M. y 5 P.M. Se utilizó una pastera marca Honda, equipada con una barra de corte de 0.5 m de ancho y regulada para cortar a 5 cm del suelo.

En la mañana, una vez limpias las jaulas se les suministraba aproximadamente la mitad de la cantidad ofrecida diaria y luego en la tarde se les suministraba la segunda comida. En cada oportunidad (mañana y tarde) se retiraba una muestra de 500g (peso fresco), la cual se pesaba y secaba a estufa a 60 C durante 48 hs. para conformar un

muestra acumulada del ofrecido por pastura y por período.

Previo al suministro de la comida de la mañana se retiró y pesó el rechazo y las heces del día anterior. Tanto para las heces como para el rechazo se extrajo una muestra de 300g (peso fresco) por capón, las cuales luego de pesadas fueron colocadas en la estufa a 60 °C durante 48 hs. Estas muestras se guardaron en forma acumulada por período y por animal.

3. PERIODO EXPERIMENTAL 2

Durante este período, la rutina de trabajo fue similar al anterior, con la salvedad que no se pudieron realizar mediciones en la pastura de trébol rojo. Esta pastura se encontraba en su segundo año de sembrada, por lo cual la productividad decayó en el verano, agravado por el déficit hídrico registrado en ese período (anexo N° 8)

4. CARACTERIZACION DE LA PASTURA

Durante ambos períodos experimentales también se realizó una caracterización de cada una de las pasturas analizadas.

a. Medición de la biomasa acumulada

Se cortaron dos bandas de aproximadamente 5 m por 0.5 m a la altura de corte de la pastera. La totalidad del material verde cosechado se pesó y una muestra de 500 g se secó a estufa a 60 °C durante 48 horas para la determinación del contenido de materia seca.

En cada banda se tiraron dos cuadros de 0.3 m x 0.3 m y se realizaron 5 mediciones con regla graduada de la altura remanente luego del corte. Luego se cortó al ras del suelo para determinar la acumulación de forraje en esa zona, secando la totalidad del material a 60° C durante 48 horas con el fin de determinar el contenido de materia seca.

b. Medición de la altura de la cubierta vegetal y caracterización del estado fenológico

Previo al corte se determinó la altura promedio de 50 plantas tomadas al azar. Esta medición consistió en anotar la altura, medida con una regla graduada del folíolo más alto. Asimismo se fue registrando en una planilla el estado fenológico de cada una de las plantas muestreadas.

c. Composición morfológica de la cubierta vegetal

Se realizó junto a cada banda un corte al ras del suelo de una superficie de aproximadamente 70 cm². Las dos muestras obtenidas se acumularon para constituir una muestra única que fue congelada a -20°C. De esta muestra se extrajeron aproximadamente 200 tallos que se pesaron y extendieron sobre una mesa, con las bases al mismo nivel. Estos tallos fueron cortados en estratos de 5 cm a partir de la base. Cada estrato se descompuso en folíolos verdes (folíolos), tallos verdes (tallos), flor, y tejido muerto (restos secos y malezas). Cada fracción se secó a 60° C durante 48 horas y se pesó para determinar la biomasa y la composición morfológica por estratos de la cubierta vegetal.

D. EVALUACION DE LA DIGESTIBILIDAD MEDIDA EN CAPONES

Se determinó la digestibilidad in “vivo” de la materia seca, materia orgánica, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido de cada una de las pasturas. El cálculo se realizó por diferencia entre la cantidad de cada fracción consumida y excretada en las heces

$$d = \frac{\text{Consumo (MS o fracción)} - \text{Heces (MS o fracción)}}{\text{Consumo (MS o fracción)}}$$

E. ANALISIS DE LABORATORIO

Todos los análisis se realizaron en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía, en Montevideo. Al finalizar los ensayos de campo, y previo a su

análisis, se molieron las muestras de ofrecido, rechazo y heces en un molino Willey (con tamíz de 1 mm).

Para los tres tipos de muestras (ofrecido, rechazo y heces) se realizaron los siguientes análisis: materia seca analítica, materia orgánica, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, y proteína bruta (ésta última solo en ofrecido).

Las técnicas empleadas se presentan en el siguiente cuadro, según el tipo de análisis.

Cuadro N°6: Técnicas de laboratorio empleadas para los análisis correspondientes.

Tipo de análisis	Técnicas empleadas
Materia seca analítica	AOAC (1984)
Materia orgánica	AOAC (1984)
Fibra detergente neutro	Goering y Van Soest (1970)
Fibra detergente ácido	Goering y Van Soest (1970)
Nitrógeno	Kjeldahl (AOAC 1990)

F. ANALISIS ESTADISTICO

Los datos de digestibilidades de: materia seca, materia orgánica, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido correspondientes a los distintos períodos experimentales fueron analizados individualmente por medio del análisis de varianza del siguiente modelo.

$$Y_{ijkl} = u + P_i + T(P)_{(ij)} + eA_{k(ij)} + eB_{l(ijk)}$$

u = media general.

P_i = efecto período.

$T(P)$ = tratamiento dentro de período.

eA = variación debida a los animales.

eB = variación debida al día.

Para el análisis se utilizó el programa SAS, (Statistical Analysis System), 1996 (PROC, MEANS y PROC MIXED).

IV. RESULTADOS

A. CARACTERIZACION Y DESCRIPCION DE LAS PASTURAS

1. CARACTERIZACION FISICA DE LAS PASTURAS

Cuadro 7: Caracterización física de Alfalfa, Lotus y T. Rojo correspondiente al período 1 (diciembre 1996)

	ALFALFA	LOTUS	T. ROJO
Biomasa a la altura de corte *1	1147	1072	905
% de MS del ofrecido	36.1	46.0	44.0
Biomasa del rastrojo *1	1402	1490	1866
% de MS del rastrojo	70.1	69.9	58.7
Biomasa total *1	2549	2562	2771
Altura promedio de planta (cm)	29.5 (+/- 8.58)	18.6 (+/- 5.97)	23.8 (+/- 6.44)
Altura de corte (cm)	5.6	4.1	5.5

*1. kg MS/ha

Cuadro 8: Caracterización física de Alfalfa y Lotus correspondiente al período 2 (febrero 1997)

	ALFALFA	LOTUS
Biomasa a la altura de corte *1	1567	720
% de MS del ofrecido	47.0	42.0
Biomasa del rastrojo *1	1956	1454
% de MS del rastrojo	70.5	62.1
Biomasa total *1	3523	2174
Altura promedio de planta (cm)	21.3 (+/- 6.04)	18.2 (+/- 4.31)
Altura de corte (cm)	3.5	5.3

*1. kg MS/ha

La tasa de crecimiento diario de la alfalfa y del lotus calculadas a partir de la biomasa a la altura de corte se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 9: Tasa de crecimiento promedio diario (kg de MS/ha/día) de alfalfa y lotus durante los meses de enero y febrero.

	ALFALFA	LOTUS
Tasas de crecimiento (kg MS/ha/día)	24.8	11.6

2. ESTADO FENOLOGICO DE LAS PASTURAS

Cuadro 10: Caracterización del estado fenológico de la pastura correspondiente al período 1 (diciembre 1996)

Indice de madurez	1	2	3	4	Indice medio de madurez
	Vegetativo	Pre- floración	Floración	Chaucha	
Alfalfa (n° tallos)	25	11	14	0	1.78 (PF-V)
(%)	50	22	28	0	
Lotus (n° tallos)	10	0	26	14	2.88 (F-PF)
(%)	20	0	52	28	
T rojo (n° tallos)	8	13	29	0	2.42 (PF-F)
(%)	16	26	58	0	

En el período 1 las pasturas de lotus y trébol rojo se hallaban en similar estado reproductivo. La alfalfa presentó un 50% de tallos en estado reproductivo.

Cuadro 11: Caracterización del estado fenológico de la pastura correspondiente al período 2 (febrero 1997)

Indice de madurez	1	2	3	4	Indice medio de madurez
	Vegetativo	Pre- floración	Floración	Chaucha	
Alfalfa (n° tallos)	17	4	17	12	2.48 (PF-F)
(%)	34	8	34	24	
Lotus (n° tallos)	19	0	27	4	2.32 (PF-F)
(%)	38	0	54	8	

* En el anexo N°1, se detalla la metodología de cálculo de los índices de madurez correspondientes.

En el período 2 tanto la pastura de lotus como de alfalfa se hallaban en estado reproductivo avanzado, con menos de 40% de tallos en estado vegetativo.

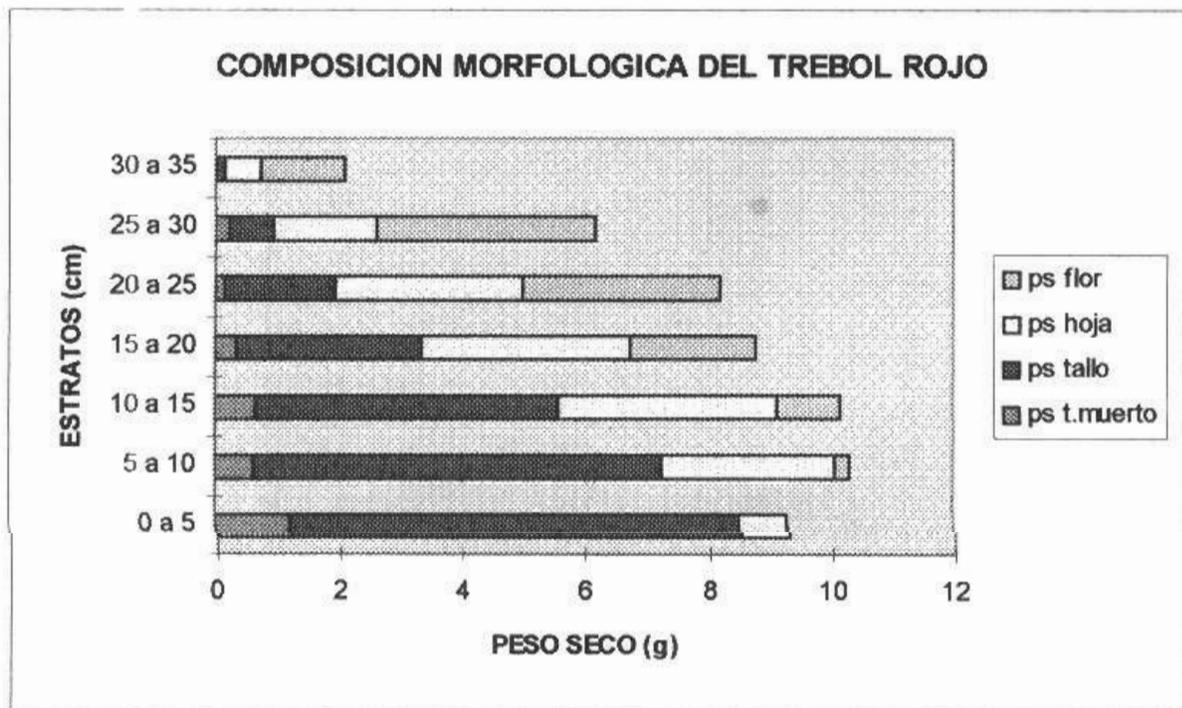
3. DESCRIPCION MORFOLOGICA DE LAS PASTURAS.

Los siguientes cuadros muestran la distribución por estratos de los distintos componentes de la planta. Cada estrato representa 5cm de altura en el tapiz.

Cuadro 12: Composición por estratos de trébol rojo del período 1 (diciembre 1996)

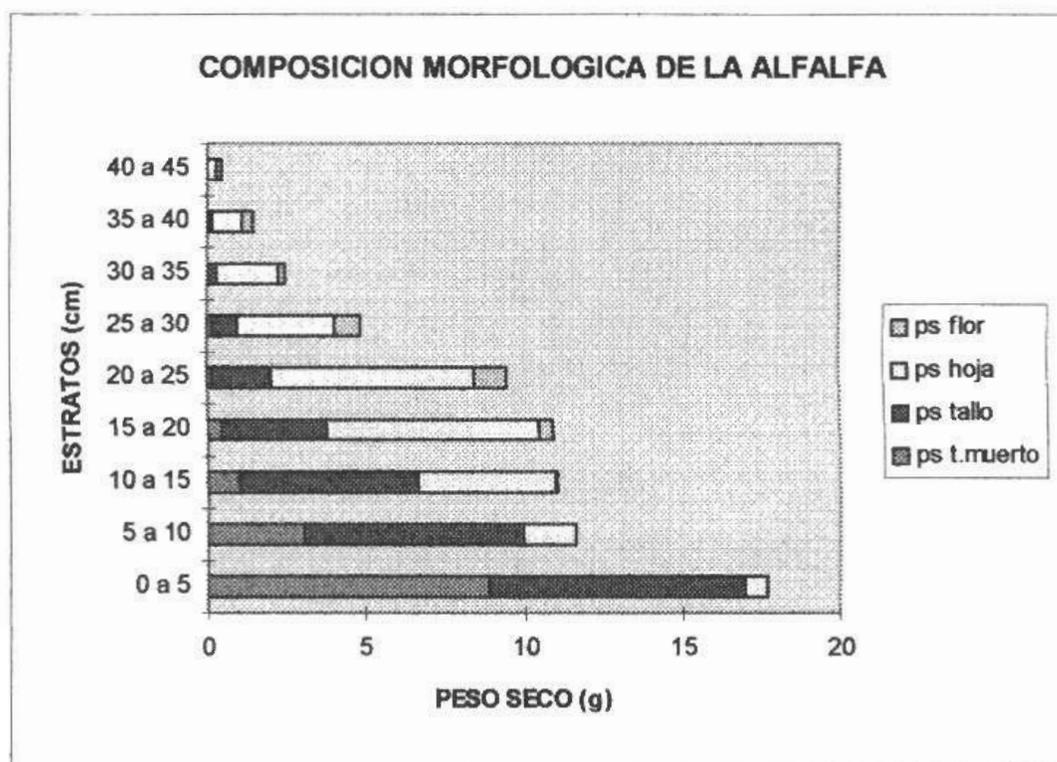
Estratos (cm)	t.muerto	tallo	hoja	flor	total acumulado		
	(g MS)	(g MS)	(g MS)	(g MS)	(g MS)	%	kg MS/ha
0 a 5	1.21	7.30	0.81	0	9.32		
5 a 10	0.64	6.64	2.79	0.23	10.30	22.5	204
10 a 15	0.65	4.94	3.54	1.05	10.18	22.2	201
15 a 20	0.36	3.00	3.41	2.03	8.80	19.2	174
20 a 25	0.15	1.80	3.06	3.20	8.21	17.9	162
25 a 30	0.24	0.69	1.68	3.57	6.18	13.5	122
30 a 35	0	0.14	0.60	1.36	2.10	4.5	42
	-	-	-	-	-	100	905

Figura 1: Composición por estratos de trébol rojo del período 1 (diciembre 1996)



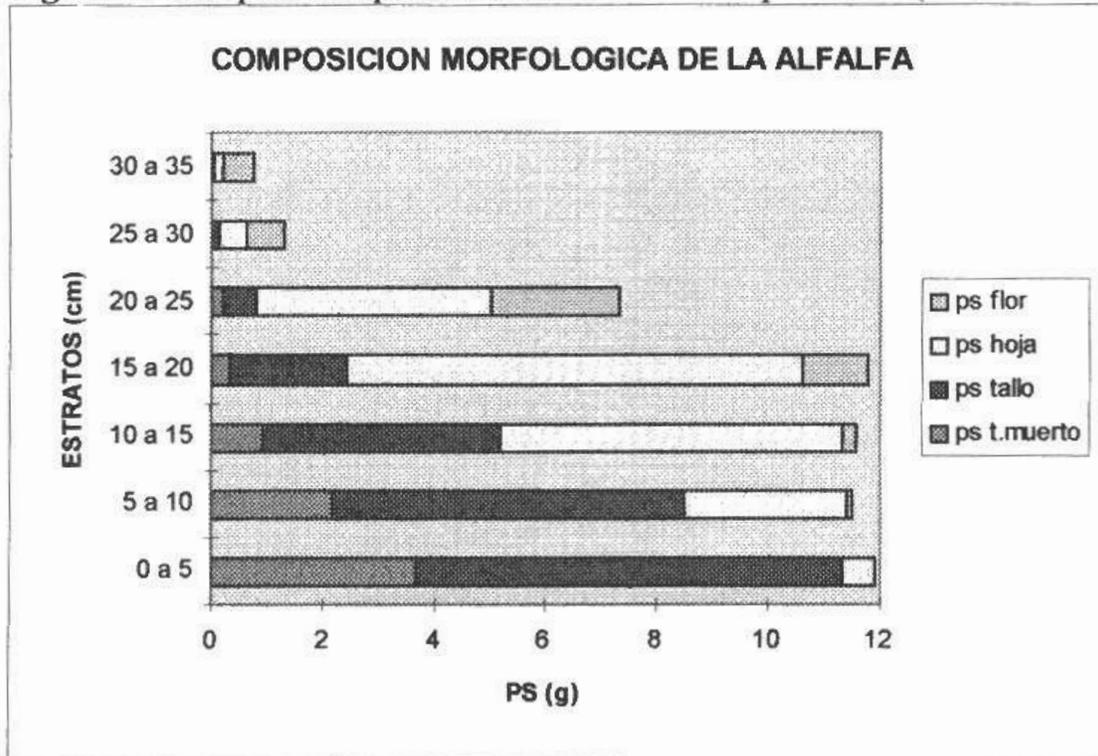
Cuadro 13: Composición por estratos de alfalfa del período 1 (diciembre 1996)

Estratos (cm)	t.muerto	tallo	hoja	flor	total acumulado		
	(g MS)	(g MS)	(g MS)	(g MS)	(g MS)	%	kg MS/ha
0 a 5	8.89	8.11	0.66		17.66		
5 a 10	3.00	6.94	1.69		11.63	22.2	255
10 a 15	1.01	5.66	4.27	0.08	11.02	21.1	242
15 a 20	0.40	3.36	6.73	0.40	10.89	20.8	239
20 a 25	0.17	1.88	6.43	0.96	9.44	18.0	207
25 a 30	0.16	0.79	3.09	0.79	4.83	9.2	106
30 a 35	0.03	0.29	1.91	0.24	2.47	4.7	54
35 a 40	0.04	0.14	0.92	0.38	1.48	2.8	33
40 a 45		0.03	0.27	0.15	0.45	0.8	10
	-	-	-	-	-	100	1147

Figura 2: Composición por estratos de alfalfa del período 1 (diciembre 1996)

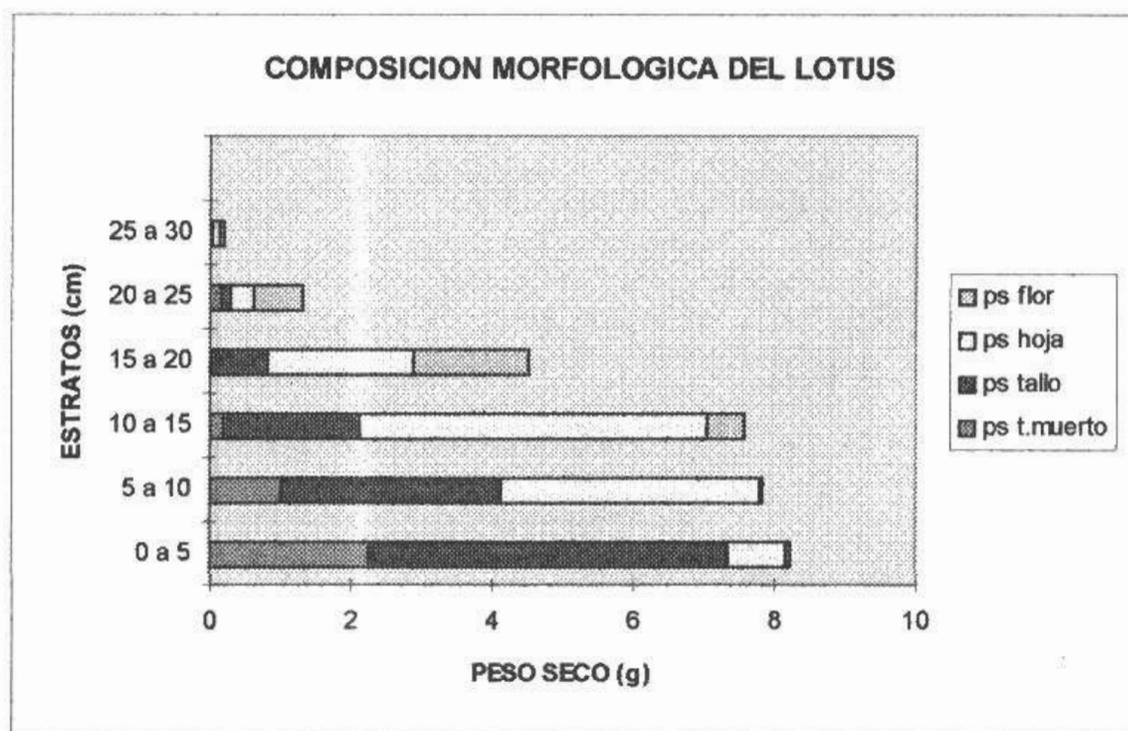
Cuadro 14: Composición por estratos de alfalfa del período 2 (febrero 1997)

Estratos (cm)	t.muerto	tallo	hoja	flor	total acumulado		
	(g MS)	(g MS)	(g MS)	(g MS)	(g MS)	%	kg MS/ha
0 a 5	3.66	7.68	0.58	-	11.92		
5 a 10	2.17	6.30	2.96	0.06	11.49	25.9	407
10 a 15	0.93	4.24	6.18	0.25	11.60	26.2	411
15 a 20	0.33	2.11	8.17	1.17	11.78	26.6	417
20 a 25	0.21	0.60	4.21	2.31	7.33	16.5	260
25 a 30	-	0.13	0.48	0.69	1.30	2.9	46
30 a 35	-	0.03	0.17	0.54	0.74	1.6	26
	-	-	-	-	-	100	1567

Figura 3: Composición por estratos de alfalfa del período 2 (febrero 1997)

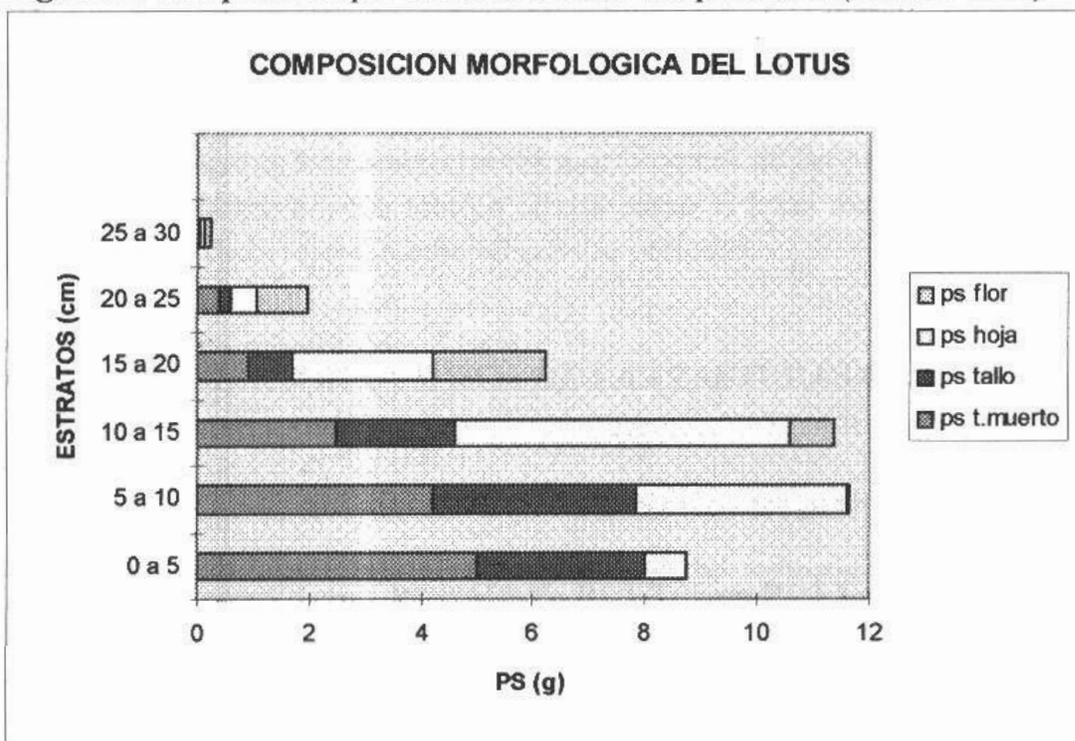
Cuadro 15: Composición por estratos de lotus del período 1 (diciembre 1996)

Estratos (cm)	t.muerto	tallo	hoja	flor	total acumulado		
	g MS	g MS	g MS	g MS	g MS	%	kg MS/ha
0 a 5	2.25	5.11	0.82	0.05	8.23		
5 a 10	1.00	3.12	3.68	0.03	7.83	36.5	392
10 a 15	0.20	1.93	4.91	0.52	7.56	35.2	378
15 a 20	0.02	0.79	2.06	1.65	4.52	21.1	226
20 a 25	0.17	0.11	0.34	0.70	1.32	6.1	66
25 a 30		0.02	0.11	0.06	0.19	0.8	10
					-	100	1072

Figura 4: Composición por estratos de lotus del período 1 (diciembre 1996)

Cuadro 16: Composición por estratos de lotus del período 2 (febrero 1997)

Estratos (cm)	t.muerto	tallo	hoja	flor	total acumulado		
	(g MS)	(g MS)	(g MS)	(g MS)	(g MS)	%	kg MS/ha
0 a 5	4.98	2.99	0.78		8.75		
5 a 10	4.21	3.62	3.78	0.03	11.64	37.0	267
10 a 15	2.47	2.14	5.96	0.81	11.38	36.2	261
15 a 20	0.89	0.80	2.52	2.00	6.21	19.7	142
20 a 25	0.40	0.18	0.50	0.87	1.95	6.2	45
25 a 30	0.03	0.01	0.09	0.09	0.22	0.7	5
					-	100	720

Figura 5: Composición por estratos de lotus del período 2 (febrero 1997)

Todas las pasturas durante el primer período tienen similar estructura vertical, caracterizada por una distribución de hoja en forma romboidal y de tallo piramidal. La fracción tallo es la que determina básicamente la distribución de materia seca en el perfil vertical de la planta. En el segundo período ésta estructura se mantuvo solo para la alfalfa, siendo para el lotus romboidal tanto en el caso de hoja como de tallo.

Cuadro 17: Relación hoja/tallo de trébol rojo (por encima de 5 cm)

	HOJA (g MS)	TALLO (g MS)	RELACION H/T
PERIODO 1	15.08	17.21	0.9

Cuadro 18: Relación hoja/tallo de alfalfa (por encima de 5 cm)

	HOJA (g MS)	TALLO (g MS)	RELACION H/T
PERIODO 1	25.3	19.1	1.3
PERIODO 2	22.2	13.4	1.7

Cuadro 19: Relación hoja/tallo de lotus (por encima de 5 cm)

	HOJA (g MS)	TALLO (g MS)	RELACION H/T
PERIODO 1	11.1	6.0	1.9
PERIODO 2	12.8	6.8	1.9

Si se comparan las características morfológicas de las pasturas entre los periodos 1 y 2, se puede observar que tanto a alfalfa como el lotus mantuvieron características similares a nivel de la relación hoja/tallo entre periodos.

4. CARACTERIZACION QUIMICA DE LAS PASTURAS OFRECIDAS.

Cuadro 20: Composición química de las pasturas para los periodos 1 y 2.

	Lotus P1	Alfalfa P1	T. rojo P1	Lotus P2	Alfalfa P2
MS (g/kg fresco)	399	419	409	392	406
MO (g/kg MS)	906	886	864	872	815
PB (g/kg MS)	158	163	152	140	181
FDN (g/kg MS)	463	398	517	549	449
FDA (g/kg MS)	345	280	379	381	335

La cantidad de pastura ofrecida diaria por capón y por periodo se presenta en el anexo 2.

El contenido de materia seca de todas las pasturas fue elevado en ambos períodos.

Se observa que el trébol rojo fue la pastura que presentó mayores contenidos de la fracción fibra en el período 1. El lotus presentó los mayores contenidos de fibra en el período 2. Entre períodos se comprueba un aumento del contenido de FDN y del contenido de FDA para las pasturas evaluadas.

B. COMPOSICION QUIMICA DEL RECHAZO.

Cuadro 21: Composición química del rechazo, correspondiente al período 1 (diciembre 1996).

	Lotus P1	Alfalfa P1	T.rojo P1
MS (g/kg fresca)	497	555	593
MO (g/kg MS)	885	840	809
FDN (g/kg MS)	545	518	583
FDA (g/kg MS)	405	366	406

Cuadro 22: Composición química del rechazo, correspondiente al período 2 (febrero 1997).

	Lotus P 2	Alfalfa P2
MS (g/kg fresca)	435	502
MO (g/kg MS)	841	783
FDN (g/kg MS)	577	538
FDA (g/kg MS)	422	391

Cuadro 23: Proporción de material rechazado con respecto al ofrecido (expresado como porcentaje de la materia seca).

Lotus P1	Alfalfa P1	T. rojo P1	Lotus P2	Alfalfa P2
28 %	23 %	39 %	45 %	20 %

Cuadro 24: Variación relativa de la composición química del rechazo con respecto al ofrecido.

	Lotus P1	Alfalfa P1	T. rojo P1	Lotus P2	Alfalfa P2
MO (%)	-2	-5	-6	-3	-4
FDN (%)	+18	+30	+13	+5	+20
FDA (%)	+18	+31	+7	+11	+17

El lotus fue la pastura que presentó la mayor proporción de rechazo en el período 2.

La cantidad de rechazo diario por capón y por período se presenta en los anexos 2 y/o 3. La composición química de heces correspondientes a los períodos 1 y 2, se presenta en el anexo 4.

C. DIGESTIBILIDAD DE LOS DIFERENTES COMPONENTES.

Cuadro 25: Digestibilidad aparente de la materia seca y error estándar correspondientes a los períodos 1 y 2.

	Lotus P1	Alfalfa P1	T rojo P1	Prom P1	Lotus P2	Alfalfa	Prom P2
dMS	0.607 (+/-0.0246)	0.618 (+/- 0.0231)	0.604 (+/- 0.0246)	0.610 a	0.585 (+/-0.0213)	0.563 (+/- 0.0218)	0.574 a

* Valores con igual letra difieren significativamente ($P < 0,10$)

No existieron diferencias estadísticamente significativas entre pasturas dentro de un mismo período ni entre períodos.

En los anexos 2 y/o 3, se detalla el resumen de la dMS del período 1 y 2.

Cuadro 26: Digestibilidad aparente de la materia orgánica, y error estándar de las medias correspondientes a los periodos 1 y 2.

	Lotus P1	Alfalfa P1	T rojo P1	Prom P1	Lotus P2	Alfalfa P2	Prom P2
dMO	0.633 (+/-0.0228)	0.647 (+/- 0.0215)	0.648 (+/- 0.0228)	0.643 a	0.622 (+/-0.0199)	0.569 (+/-0.0204)	0.595 b

* Valores con igual letra difieren significativamente ($P < 0,10$)

En el anexo 5, se detalla el resumen de la dMO de los periodos 1 y 2.

La dMO fue estadísticamente menor en el segundo período con respecto al primero, mientras que la dMS si bien mantuvo igual tendencia que la anterior no fue estadísticamente significativa para el nivel de confianza utilizado. Entre el primer y segundo período tanto la dMO como la dMS disminuyó más en la alfalfa (78g/kg MS) que en el lotus (71g/kg MS)

Cuadro 27: Digestibilidad de la fibra detergente neutro y su error estándar correspondientes a los periodos 1 y 2.

	Lotus P1	Alfalfa P1	T rojo P1	Prom P1	Lotus P2	Alfalfa P2	Prom P2
dFDN	0.478 (+/-0.0340)	0.492 (+/- 0.0320)	0.567 (+/-0.0340)	0.512 a	0.524 (+/-0.0296)	0.488 (+/-0.0304)	0.506 a

* Valores con igual letra difieren significativamente ($P < 0,10$)

En el anexo 6, se detalla el resumen de dFDN de los periodos 1 y 2.

Cuadro 28: Digestibilidad de la fibra detergente ácida y su error estándar correspondientes a los periodos 1 y 2.

	Lotus P1	Alfalfa P1	T rojo P1	Prom P1	Lotus P2	Alfalfa P2	Prom P2
dFDA	0.474 (+/-0.0392)	0.438 (+/- 0.0371)	0.566 (+/-0.0392)	0.493 a	0.442 (+/-0.0348)	0.436 (+/-0.0355)	0.439 a

* Valores con igual letra difieren significativamente ($P < 0,10$)

En el anexo 7, se detalla el resumen de dFDA de los periodos 1 y 2.

En el caso de la digestibilidad de la FDN y la FDA no se encontraron diferencias significativas ni entre pasturas ni entre periodos. Si se puede apreciar una tendencia a la

disminución de ambas digestibilidades desde el período 1 al período 2 (-0,006 g/kg MS y -0,054 g/kg MS para dFDN y dFDA respectivamente)

En el caso particular de la dFDA existió diferencia significativa entre los períodos 1 y 2 con una confianza del 82%.

V. DISCUSION

La acumulación de forraje en el período 1 fue similar entre pasturas, con una disponibilidad a la altura de corte también similar (cuadro 7). La biomasa y la altura de las pasturas era adecuada para el pastoreo, por lo cual la caracterización de las mismas coincide con pasturas esperables a nivel productivo en esta época del año. Sin embargo, en el período 2 la disponibilidad a la altura de corte del lotus fue menor que en el período 1, no así en el caso de la alfalfa, que presentó mayor disponibilidad en el período 2 (cuadro 8). Este efecto se debe a diferentes tasas de crecimiento durante el tiempo transcurrido entre los períodos de mediciones (cuadro 9).

Sin embargo desde el punto de vista de la calidad, de acuerdo a los índices de madurez obtenidos para cada una de las pasturas en el período 1 y en el período 2, las mismas se hallaban en estado de floración (cuadro 10). Esto indica que el momento de corte no fue el más adecuado para obtener alta calidad de forraje ya que dichos índices evidencian estados de madurez avanzados.

Al realizarse ambos períodos sobre la misma parcela, y el inicio de los cortes ser definido por igual para todas las pasturas, determinó que las mismas fueran cortadas a similar edad (días de crecimiento) lo cual resultó en que las pasturas se encontrasen en similar estado de madurez en cada período de corte.

Las tasas de crecimiento obtenidas a nivel experimental (cuadro 9), comparadas con la reportadas en la bibliografía reflejan condiciones ambientales desfavorables para el crecimiento normal de las pasturas consideradas, tal como se evidencia en la siguiente tabla.

Fuente	Alfalfa (kg MS/ha/día)	Lotus (kg MS/ha/día)
Díaz Lago (1995)	37.0	13.5
Leborgne (1995)	38.4	15.4
Datos experimentales	24.8	11.6

Con respecto a las condiciones hídricas que se sucedieron durante el período estival (anexo 8), se puede inferir que el déficit hídrico impuesto en el ciclo de crecimiento causó un retardo en la madurez de la planta, en particular en el caso del lotus que presentó mayor proporción de tallos en estado vegetativo en el período 2 (20% y 38% en P1 y P2 respectivamente), (cuadros 10 y 11).

En este sentido, el peso seco del tejido muerto del lotus en el período 2 es en todos los estratos mayor al del período 1, esto está explicado por la mayor senescencia de material verde debido a las condiciones ambientales imperantes (cuadros 15 y 16). En el caso de la alfalfa los restos secos fueron significativamente menores en el período 2, evidenciando la resistencia de esta especie a la sequía (cuadros 13 y 14).

Las variaciones en la composición química de las pasturas están asociadas a la composición morfológica, en particular a la relación hoja/tallo. Durante el primer período, el lotus fue la pastura que presentó la mayor relación hoja/tallo, lo cual concuerda con un alto contenido de proteína bruta (cuadro 20). Contrariamente, el trébol rojo presentó el menor contenido de proteína bruta asociado a la relación hoja/tallo menor y probablemente al mayor contenido de pared celular.

En las cinco pasturas analizadas se observa un aumento del contenido de materia seca del rechazo, dado simplemente por el tiempo transcurrido entre que el forraje es ofrecido, hasta el momento que es recolectado (cuadros 21 y 22). En todos los casos se observa un enriquecimiento relativo de la fracción fibra del rechazo con respecto al ofrecido, por lo tanto el animal realiza una selección del material a consumir. Esto se evidencia claramente por valores menores de materia orgánica en el rechazo y a su vez valores mayores de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido con respecto a lo que se le ofreció. Dicha selección esta influenciada en cierta medida por la calidad del material ofrecido. Es decir el animal selecciona más en las pasturas de mayor calidad (cuadro 24).

Es importante destacar que no se logró durante el ensayo ajustar el consumo según lo planteado inicialmente en la metodología de trabajo, ya que los niveles de rechazo superaron en todos los casos el 10 % (cuadro 23). Esto trae como consecuencia la mayor posibilidad de selección por parte de los animales.

Por otro lado, la forma de suministro de la pastura a los animales permite disminuir la selección, ya que se le ofrece cortada y mezclada homogéneamente. Esto posibilita una mejor evaluación de la pastura ofrecida, contrariamente a lo que sucede en pastoreo, donde las posibilidades de selección son mayores debido a la forma en que se presenta la pastura.

A nivel de la digestibilidad, no se observó diferencias entre pasturas para el mismo período, pero sí hubo diferencias entre períodos en el caso de la digestibilidad aparente de la materia orgánica (cuadro 26). Ello puede ser explicado por una

disminución de la digestibilidad de la fibra detergente ácido (cuadro 28), debido probablemente a un mayor contenido de lignina. Una mayor lignificación de la fibra podría ser consecuencia directa de las variables ambientales, en particular de la temperatura registrada en el período experimental 2.

Las digestibilidades de materia seca y las digestibilidades de materia orgánica de las tres pasturas fueron similares para el período 1 (cuadros 25 y 26). En el caso particular del trébol rojo, si bien presenta mayores niveles de fibra que las otras dos pasturas, los valores de digestibilidad de la materia seca y de digestibilidad de la materia orgánica, están explicados por la mayor digestibilidad de la fracción fibra (cuadros 27 y 28).

En el período 2, se observa una tendencia del lotus a presentar mayor digestibilidad aparente de la materia orgánica con respecto a la alfalfa, explicado por una mayor digestibilidad de la fibra detergente neutro. Esta diferencia podría deberse al enlentecimiento del crecimiento de la planta resultado del estrés hídrico, lo cual permitió que la calidad disminuyera relativamente menos con el avance de la estación.

A modo de resumen, se presenta en los siguientes cuadros los valores de digestibilidad de la materia seca y de digestibilidad de la materia orgánica reportados en la bibliografía, comparados con los valores obtenidos en el presente trabajo.

ALFALFA	dMS	dMO	Estado fenológico
P. experimental 1	61.9	64.7	28% Floración
P. experimental 2	56.3	56.9	58% Floración
INTA (1996) *	61.9	-	30% Floración
INTA (1996) *	65.1	-	10% Floración
INIA (1994) *	-	64.75	Floración completa

LOTUS	dMS	dMO	Estado fenológico
P. experimental 1	60.7	63.3	80% Floración
P. experimental 2	58.5	62.2	62% Floración
INIA (1994) *	-	68.4	Inicio de floración

TREBOL ROJO	dMS	dMO	Estado fenológico
P. experimental 1	60.40	64.8	58% Floración
INIA (1994) *	-	62.7	50% Floración

*. in vitro.

En las condiciones ambientales en las cuales se realizó el ensayo, caracterizado por elevadas temperaturas y déficit hídrico, es esperable que se observen las mínimas digestibilidades del año. Pero al tratarse en su totalidad de leguminosas, esta disminución de digestibilidad no es tan marcada como en el caso de las gramíneas, debido a la relativa estabilidad de la calidad que poseen las leguminosas frente a los cambios ambientales (Minson, 1991).

Cabe destacar, que al ser la información publicada a nivel nacional escasa sobre análisis de digestibilidad de pasturas evaluadas en capones, resulta difícil poder relativizar la información obtenida con respecto al período evaluado (período estival) y con respecto a las variaciones registradas a lo largo del año.

VI. CONCLUSIONES

Este ensayo permitió caracterizar la composición morfológica, la composición química y la digestibilidad “in vivo” de tres pasturas puras de leguminosas (alfalfa, trébol rojo y lotus), durante el período estival.

A nivel de dMS, dFDA y dFDN, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre pasturas dentro de un mismo período ni entre períodos de evaluación. Solamente se detectaron diferencias significativas ($p < 10$) entre períodos en los valores de dMO.

Sin embargo, se observó una tendencia a la disminución en la calidad de las pasturas con el avance de la estación. Estas diferencias en calidad fueron más importantes entre períodos que las existentes entre pasturas, lo cual evidencia la influencia de los factores ambientales sobre el valor nutritivo del forraje en el período estival.

A futuro, la relación entre la digestibilidad y las características físico - químicas de estas pasturas en el período estival, permitirá predecir mejor la oferta de nutrientes mediante parámetros cualitativos de fácil interpretación, obteniendo como consecuencia información nacional para mejorar la planificación del uso de las pasturas según la calidad y la cantidad de nutrientes ofertados a nivel estacional.

VII. RESUMEN

Se estimó la dMS, dMO, dFDN y dFDA de *Medicago sativa* (Estanzuela Chaná), *Lotus corniculatus* (San Gabriel) y *Trifolium pratense* (LE- 116), durante el período estival (diciembre 1996 - febrero 1997), en el Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía. Se utilizaron tres capones por pasturas confinados en jaulas metabólicas, durante dos períodos experimentales de siete días cada uno. La dMO fue estadísticamente menor en el segundo período con respecto al primero (0.643 vs 0.595, para P1 y P2 respectivamente), mientras que la dMS si bien mantuvo igual tendencia que la anterior no fue estadísticamente significativa para el nivel de confianza utilizado (0.610 vs 0.574, para P1 y P2 respectivamente). Existe un efecto período en la digestibilidad aparente de la materia orgánica, explicado por una disminución de la digestibilidad de la fibra detergente ácido (0.493 vs 0.439, para P1 y P2 respectivamente, con $P < 0.18$), debido probablemente a un mayor contenido de lignina. Las digestibilidades aparentes de la materia seca y de la materia orgánica de las tres pasturas fueron similares para el período 1. En el caso particular del trébol rojo, si bien presentó mayores niveles de fibra que las otras dos pasturas, los valores de digestibilidad de la materia seca y de digestibilidad de la materia orgánica, fueron similares, lo cual está explicado por la mayor digestibilidad de la fracción fibra. En el período 2, el lotus presentó una tendencia a una digestibilidad aparente de la materia orgánica mayor que la alfalfa, explicado por una digestibilidad de la fibra detergente neutro mayor. Esta diferencia podría deberse al enlentecimiento del crecimiento de la planta resultado del estrés hídrico, lo cual permitió que la calidad disminuyera relativamente menos con el avance de la estación. La composición morfológica, en particular la relación hoja/tallo, está asociada a las variaciones en la composición química de las pasturas. Durante el primer período, el lotus fue la pastura que presentó la mayor relación hoja/tallo, lo cual concuerda con un alto contenido de proteína bruta. Contrariamente, el trébol rojo presentó el menor contenido de proteína bruta asociado a la relación hoja/tallo menor y al mayor contenido de pared celular.

VIII. SUMMARY

During the summer period (december 1996- february 1997), in the Southern Regional Center of the school of Agronomy, it was estimated the DMd, OMD, NDFd and ADFd of *Medicago Sativa* (Estanzuela Chaná), *Lotus corniculatus* (San Gabriel) and *Trifolium pratense* (LE-116). For each species, there were used three wethers confined to metabolic cages, during two experimental periods of seven days each. The OMD (Organic matter digestibility) was statistically less in the second period comparing to the first (0.643 vs. 0.595 for P1 and P2 respectively), while the DMd (Dry matter digestibility), though showing the same tendency as the first, was not statistically significant for the reliability level used (0.610 vs 0.574 for P1 and P2 respectively). There is an effect-period in the apparent digestibility of organic matter, caused by a reduction in the ADFd (acid detergent fiber digestibility) (0.493 vs 0.439 for P1 and P2 respectively, with $P < 0.18$). This is probably due to a higher content of lignin. The apparent digestibilities of organic and dry matter of the three species were similar for period 1. In the particular case of red clover, although having presented higher fiber levels than the other two species, the dry and organic matter digestibilities were similar. This is explained by a major digestibility of the fiber fraction. In period 2, the lotus showed a tendency towards a higher apparent digestibility than alfalfa. This is explained by a higher NDFd. This difference could be due to a delayed plant maturity, as a consequence of the water stress. This caused the quality to diminish less as the days went on. The morphological composition, in particular the leave / stem relation, is associated with the variations in the chemical composition of the forage . During the first period, lotus was the species that presented the higher leave /stem relation. This coincides with a high content of brute protein, associated to the lowest content of brute protein, associated to the lower leave / stem relation and to a more important content of cell wall.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. ACOSTA, Y., BASSEWITZ, H., METHOL, M., MIERES, J., FIGURINA, G. 1991. Guía para la alimentación de rumiantes. INIA LA ESTANZUELA Serie Técnica N°5. 56p.
2. AROCENA, H R. BARRENECHE , L. G. CARRAU , M. A. 1987. Valor nutritivo, producción de leche y capacidad de carga de sudangrass y de una mezcla de sudangrass con trébol rojo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 192 p.
3. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of analysis, 14 th de. Washington, D.C. 1984.
4. BARNES, R.F y GORDON, C.H. 1972. Valor Alimenticio y distribución en granja. In Hanson, C.H. Ciencia y Tecnología de la alfalfa. Montevideo Hemisferio Sur. pp. 725-755.
5. BERGER, M. E., LEON, R.J. Y FENOGLIO, H. F. 1986. Cambios en la digestibilidad *in vitro* , proteína bruta y materia seca de dos cultivares de alfalfa (*Medicago Sativa L.*) con el avance a madurez. Revista Argentina de Producción Animal, 6 (7-8): 423-427.
6. BERGER, M.E. y LEON, R.J. 1988. Cambios de componentes de paredes celulares de dos cultivares de alfalfa (*Medicago sativa L.*) con el avance a madurez. Revista Argentina de Producción Animal, 8 (1): 21-24.
7. BERTIN, O.D., BORRAS, F. y CARTER, J.R. 1990. Digestibilidad *in vitro*, Pared Celular y Nitrógeno en cultivares de Festuca arundinacea SCHREB., Medicago sativa L. y Dactylis glomerata L. Revista Argentina de Producción Animal, 10 (5): 317-329.
8. BULA, R.J. Y MASSENGALE, M.A. Fisiología del ambiente. In Hanson, C.H. Ciencia y Tecnología de la alfalfa. Montevideo Hemisferio Sur. pp. 217-236.

9. BULANTI, R.; MARRERO, M.,1975. Crecimiento de la alfalfa bajo condiciones de pastoreo rotativo. Tesis, Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 69 p.
10. BUSTO, M.1974. Utilización de pasturas con ganado lechero. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 76 p.
11. CARAMBULA, M. ; J.C. GARCÍA Y ARTOLA, A. 1978. Variedades recomendadas. In Pasturas IV. Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger, Miscelánea nº. 18,pp. 111-121.
12. CARAMBULA, M. 1984. Producción y Manejo de Pasturas Sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 463p.
13. CHIARA, G.1972. Comportamiento de variedades de alfalfa (*Medicago Sativa L.*) bajo 2 frecuencias de corte. Tesis Ing. Agr., Montevideo, Uruguay. 116p
14. CHURCH, D., POND, W. 1987. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales.México, Limusa. 438 p.
15. COSCIA, P Y SURRECO, L. 1982. Comportamiento del *Lotus Corniculatus L.* bajo tres manejos del pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 146p.
16. COZZOLINO, D., FIGURINA, G., METHOL, M., ACOSTA, y ., MIERES, J., Bassewitz, H. 1994. Guía para la alimentación de Rumiantes. INIA LA ESTANZUELA. Serie técnica Nº 44. 60p.
17. DEINUM, B. Influence of some climatological factors on the chemical composition and feeding value of herbaje. In. Internatrional Grassland Congress, 10th, Helsinki, 1966. Proceddings. Helsinki, 1966. pp. 415.
18. DEL PUERTO, J. LALANE, F. 1974. Pastoreo Rotativo de la alfalfa para la producción de leche. Tesis Ing. Agr. Montevideo,Uruguay, Facultad de Agronomía. 103 p.
19. DIAZ LAGO, J. E. 1995. Estudios sobre la producción de Forrajes estacional y anual de Leguminosas Forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 103 p.

20. DWAYNE R. BUXTON and STEVEN L. FALES. 1994. Plant Environment and Quality. In Fahey, GD de. Forage Quality, Evaluation, and Utilization. Madison, Wisconsin, American Society Agronomy. pp. 155-184.
21. FERNANDEZ, J.C. Y VERA, F. 1983. Evaluación de variedades de alfalfa con latencia invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 205p.
22. GAGGIOTTI, M. ROMERO, L.A., BRUNO, O.A., COMERON, E.A., QUAINO, O.R. 1996. Tabla de composición Química de Alimentos. Estación Experimental Agropecuaria INTA- RAFAELA. 66p.
23. GARCIA, J.A.; REBUFFO, M. y FORMOSO, F. 1991. Las forrajeras de La Estanzuela. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Boletín de divulgación n°. 7. 15p.
24. GOERING H. K. y VAN SOEST P.J.M 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). Agriculture Handbook N°379. United States Department of Agriculture. Washington. D.C.
25. HERNANDEZ, A y MONDINI, M. 1989. Efecto de la sustitución de 4ª clase por residuo de malta en el consumo y digestibilidad de dietas mezcla para rumiantes. Tesis Ing.Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 66p.
26. INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE. 1981. Alimentación de los rumiantes. Madrid, Mundi-Prensa. 697p.
27. LEBORGNE, R. 1995. Antecedentes técnicos y metodología para presupuestación en establecimientos lecheros. 2ª ed. Montevideo. Hemisferio Sur. 54 p.
28. LUTZ, E.E. y SALGUEZ, L. 1986. Ensayo Comparativo de Variedades de alfalfa. Contenido proteico y relación hoja-tallo. Revista Argentina de Producción Animal. 6 (5-6) : 311-317.
29. MC DONALD, P., EDWARDS, R.A y GREENHAGH, J.F.D. 1996. Nutrición Animal. 3ª ed. Zaragoza. Acribia. 518 p.

30. MINSON, D.J.(ed.), 1990. Forage in ruminant nutrition. New York. Academic Press. 83 p.
31. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1984. Nutrient Requeriments of Beaf Cattle. 6 ed. Nat. Academy Press. Washington. 90p.
32. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1989. Nutrient Requeriments of Dairy Cattle. 6 ed. National. Academy . Washington, D.C. 157p.
33. REBUFFO, M y GARCIA, J.A. 1991. Importancia del ciclo de las variedades forrajeras en los sistemas intensivos. In Restaino, E. e Indarte, E. eds. Pasturas y Producción Animal en áreas de ganadería intensiva. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Serie técnica n°. 15. pp. 9-15.
34. REID, J.T, HODSON, R.E. 1966. Forrajes para el ganado vacuno lechero. In Hughes, H.D. Heath, M.E. and Metcalfe, D.S. eds.Forrajes. México, Continental. pp. 667-681.
35. SMITH. D. 1972. Programas de corte y mantenimiento de poblaciones puras. In Hanson, C.H. Ciencia y Tecnología de la alfalfa. Montevideo Hemisferio Sur. pp. 585-600.
36. SPRAGUE, V.G. 1966. Los factores climatológicos en la producción de forraje. In Hughes, H.D.Heath, M.E.and Metcalfe, D.S.ed. Forrajes. México, Continental. pp. 397-404.
37. VAN SOEST, P.J. 1994. Ruminant Nutrition. Cornell Univesrsity Press. 2ed. USA.
38. VAN SOEST, P.J. ; WINE, R.H. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. Journal of the Association of Official Agricultural Chemists. 50: 50-55.

X. ANEXOS.

Anexo 1: Cálculo del índice de madurez (Milot, com. pers.)

Fórmula general: índice de madurez = Σ del % de tallos ponderados / 100

Coefficientes correspondientes a cada estado fenológico

- 1 - vegetativo
- 2 - prefloración
- 3 - floración
- 4 - chaucha

Ejemplo de la metodología

% de tallos		índice		% de tallos ponderados
50	x	1	=	50
22	x	2	=	44
28	x	3	=	84
0	x	4	=	0
				$\Sigma = 178$

Para el ejemplo: la sumatoria del porcentaje de tallos ponderados es igual a 178, por lo cual el índice de madurez es igual a 1,78. Esto corresponde a un estado de prefloración vegetativo.

Anexo 2: Ofrecido, rechazo, heces y digestibilidad de la materia seca, por capón y por día para el periodo 1.

past	cap	OFRECIDO (g MS)						RECHAZO (g MS)					
		26-dic	27-dic	28-dic	29-dic	30-dic	31-dic	27-dic	28-dic	29-dic	30-dic	31-dic	prom.
Alf	2	2519	2903	2326	2621	2288	2531	224	1135	85	805	836	617
Alf	7	2396	2892	2287	2348	2263	2437	170	1338	319	573	714	623
Alf	11	2293	2495	1909	1972	2106	2155	512	825	209	314	538	480
Lot	1	2413	2688	2200	2489	2835	2525	524	1113	104	617	721	616
Lot	9	2464	2656	2188	2571	3099	2596	597	1367	95	626	1154	768
Lot	10	2751	2738	2140	2351	2611	2518	874	1276	277	594	1152	834
T.r	3	2341	2273	1775	2197	2040	2125	1010	1315	253	1113	697	878
T.r	5	2258	2697	2134	2294	2151	2307	1402	1449	80	805	518	851
T.r	8	2484	2072	1867	2235	2076	2147	1441	1060	568	608	734	882
		CONSUMO (g MS)						% RECHAZO					
past	cap	26-dic	27-dic	28-dic	29-dic	30-dic	prom.	27-dic	28-dic	29-dic	30-dic	31-dic	prom.
Alf	2	2295	1768	2241	1816	1452	1914	0.09	0.39	0.04	0.31	0.37	0.24
Alf	7	2226	1554	1968	1775	1549	1815	0.07	0.46	0.14	0.24	0.32	0.25
Alf	11	1781	1670	1700	1658	1568	1675	0.22	0.33	0.11	0.16	0.26	0.22
Lot	1	1890	1575	2096	1872	2114	1909	0.22	0.41	0.05	0.25	0.25	0.24
Lot	9	1867	1289	2093	1945	1945	1828	0.24	0.51	0.04	0.24	0.37	0.28
Lot	10	1877	1462	1864	1758	1459	1684	0.32	0.47	0.13	0.25	0.44	0.32
T.r	3	1331	958	1523	1084	1343	1248	0.43	0.58	0.14	0.51	0.34	0.40
T.r	5	856	1248	2054	1489	1633	1456	0.62	0.54	0.04	0.35	0.24	0.36
T.r	8	1043	1012	1299	1627	1342	1265	0.58	0.51	0.30	0.27	0.35	0.40
		HECES (g MS)						DIGESTIBILIDAD					
past	cap	27-dic	28-dic	29-dic	30-dic	31-dic	prom.	26-dic	27-dic	28-dic	29-dic	30-dic	prom.
Alf	2	610	782	1010	521	472	679	0.73	0.56	0.55	0.71	0.67	0.65
Alf	7	573	783	996	528	673	711	0.74	0.50	0.49	0.70	0.57	0.60
Alf	11	546	658	1019	486	546	651	0.69	0.61	0.40	0.71	0.65	0.61
Lot	1	899	703	1502	537	680	864	0.52	0.55	*0.28	0.71	0.68	0.62
Lot	9	752	869	909	612	759	780	0.60	*0.33	0.57	0.89	0.61	0.61
Lot	10	700	651	855	766	469	688	0.63	0.55	0.54	0.56	0.68	0.59
T.r	3	475	727	779	335	400	543	0.64	*0.24	0.49	0.69	0.70	0.63
T.r	5	490	660	879	383	477	578	0.43	0.47	0.57	0.74	0.71	0.58
T.r	8	392	518	1093	489	536	606	0.62	0.49	*0.16	0.70	0.60	0.60

No se tomaron en cuenta los siguientes datos: capones 3 y 9 del día 27/12; y capones 1 y 8 del día 28/12, por considerarse datos aberrantes.

Anexo 3: Ofrecido, rechazo, heces y digestibilidad de la materia seca, por capón y por día para el período 2.

		OFRECIDO (g MS)							RECHAZO (g MS)						
past	cap	24-feb	25-feb	26-feb	27-feb	28-feb	1-mar	prom.	25-feb	26-feb	27-feb	28-feb	1-mar	2-mar	prom.
Lot	1	2031	1673	1507	1415	1641	1962	1705	751	903	809	317	250	361	565
Lot	9	2066	1503	1485	1501	1662	1900	1686	1439	1075	972	536	745	728	916
Lot	10	2009	1692	1475	1521	1668	1710	1679	1001	816	880	824	703	499	787
Aff	2	2009	2015	1760	2507	2036	2086	2069	339	339	427	427	288	350	362
Aff	11	1789	1966	1713	2379	2061	2236	2024	257	440	250	445	491	825	451
Aff	7	1959	1996	1755	2430	2001	2138	2047	345	447	424	428	433	386	410
		CONSUMO (g MS)							% RECHAZO						
past	cap	24-feb	25-feb	26-feb	27-feb	28-feb	1-mar	prom.	25-feb	26-feb	27-feb	28-feb	1-mar	2-mar	prom.
Lot	1	1280	770	698	1098	1391	1601	1139	0.37	0.54	0.54	0.22	0.15	0.18	0.33
Lot	9	627	428	513	965	917	1172	771	0.70	0.72	0.65	0.36	0.45	0.38	0.54
Lot	10	1008	876	595	697	965	1211	892	0.50	0.48	0.60	0.54	0.42	0.29	0.47
Aff	2	1670	1676	1333	2080	1748	1736	1707	0.17	0.17	0.24	0.17	0.14	0.17	0.18
Aff	11	1532	1526	1463	1935	1570	1411	1573	0.14	0.22	0.15	0.19	0.24	0.37	0.22
Aff	7	1614	1549	1332	2002	1568	1752	1636	0.18	0.22	0.24	0.18	0.22	0.18	0.20
		HECES (g MS)							DIGESTIBILIDAD						
past	cap	25-feb	26-feb	27-feb	28-feb	1-mar	2-mar	prom.	24-feb	25-feb	26-feb	27-feb	28-feb	1-mar	prom.
Lot	1	475	449	309	408	618	621	480	0.63	0.42	0.56	0.63	0.56	0.61	0.57
Lot	9	256	186	135	282	317	360	256	0.59	0.57	0.74	0.71	0.65	0.69	0.66
Lot	10	494	376	280	372	487	470	413	0.51	0.57	0.53	0.47	0.49	0.61	0.53
Aff	2	719	703	836	731	872	804	777	0.57	0.58	*0.37	0.65	0.50	0.54	0.57
Aff	11	605	697	663	720	587	624	649	0.61	0.54	0.55	0.63	0.63	0.56	0.58
Aff	7	674	723	794	754	807	720	746	0.58	0.53	0.40	0.62	0.49	0.59	0.54

Para el cálculo de las digestibilidades no se tomó en cuenta el dato correspondiente al capón 2 del día 26 de febrero, por considerarse aberrante.

Anexo 4: Composición química de heces correspondientes al período 1 y período 2.

Heces Período 1 (diciembre 1996)

	Lotus P1	Alfalfa P1	T.rojo P1
MS (g/kg fresca)	485	427	539
MO (g/kg MS)	853	837	814
FDN (g/kg MS)	563	474	515
FDA (g/kg MS)	427	366	391

Heces Período 2 (febrero 1997).

	Lotus P 2	Alfalfa P2
MS (g/kg fresca)	532	486
MO (g/kg MS)	828	806
FDN (g/kg MS)	592	496
FDA (g/kg MS)	464	414

Anexo 5: Resumen de digestibilidad de la materia orgánica correspondiente al período 1 y período 2.

dMO período 1

past	cap	26-dic	27-dic	28-dic	29-dic	30-dic	prom.
<i>Alf</i>	2	0.75	0.60	0.58	0.74	0.71	0.68
<i>Alf</i>	7	0.76	0.56	0.53	0.73	0.61	0.64
<i>Alf</i>	11	0.71	0.62	0.42	0.72	0.67	0.63
<i>Lot</i>	1	0.55	0.58	0.31	0.73	0.69	0.64
<i>Lot</i>	9	0.63	0.39	0.60	0.71	0.64	0.64
<i>Lot</i>	10	0.65	0.59	0.57	0.59	0.70	0.62
<i>T.r</i>	3	0.66	0.30	0.51	0.71	0.72	0.65
<i>T.r</i>	5	0.52	0.55	0.61	0.77	0.74	0.64
<i>T.r</i>	8	0.69	0.57	0.24	0.73	0.64	0.66

No se tomaron en cuenta los siguientes datos: capones 3 y 9 del día 27/12; y capones 1 y 8 del día 28/12, por considerarse datos aberrantes.

dMO período 2

<i>past</i>	<i>cap</i>	24-feb	25-feb	26-feb	27-feb	28-feb	1-mar	prom.
<i>Lot</i>	1	0.66	0.47	0.60	0.65	0.58	0.64	0.60
<i>Lot</i>	9	0.63	0.60	0.76	0.72	0.67	0.70	0.68
<i>Lot</i>	10	0.57	0.62	0.59	0.53	0.55	0.65	0.58
<i>Alf</i>	2	0.63	0.64	0.46	0.69	0.57	0.60	0.62
<i>Alf</i>	11	0.58	0.51	0.51	0.60	0.60	0.53	0.56
<i>Alf</i>	7	0.58	0.53	0.40	0.62	0.48	0.59	0.54

Para el cálculo de las digestibilidades no se tomó en cuenta el dato correspondiente al capón 2 del día 26 de febrero, por considerarse aberrante.

Anexo 6: Resumen de digestibilidad de la fibra detergente neutro correspondiente al período 1 y período 2.

dFDN período 1

<i>past</i>	<i>cap</i>	26-dic	27-dic	28-dic	29-dic	30-dic	prom.
<i>Alf</i>	2	0.66	0.31	0.43	0.58	0.50	0.49
<i>Alf</i>	7	0.68	0.18	0.35	0.60	0.39	0.44
<i>Alf</i>	11	0.64	0.50	0.32	0.66	0.58	0.54
<i>Lot</i>	1	0.41	0.41	0.15	0.64	0.60	0.52
<i>Lot</i>	9	0.48	0.01	0.46	0.59	0.47	0.50
<i>Lot</i>	10	0.49	0.31	0.42	0.42	0.51	0.43
<i>T.r</i>	3	0.63	0.13	0.51	0.66	0.70	0.63
<i>T.r</i>	5	0.28	0.38	0.57	0.72	0.70	0.53
<i>T.r</i>	8	0.55	0.41	0.11	0.69	0.57	0.55

No se tomaron en cuenta los siguientes datos: capones 3 y 9 del día 27/12; y capones 1 y 8 del día 28/12, por considerarse datos aberrantes.

dFDN período 2

<i>past</i>	<i>cap</i>	24-feb	25-feb	26-feb	27-feb	28-feb	1-mar	prom.
<i>Lot</i>	1	0.62	0.40	0.54	0.62	0.55	0.60	0.55
<i>Lot</i>	9	0.46	0.42	0.67	0.66	0.59	0.64	0.58
<i>Lot</i>	10	0.42	0.50	0.42	0.36	0.41	0.56	0.45
<i>Alf</i>	2	0.52	0.53	0.28	0.61	0.45	0.49	0.52
<i>Alf</i>	11	0.55	0.47	0.48	0.57	0.56	0.45	0.52
<i>Alf</i>	7	0.50	0.43	0.27	0.55	0.37	0.50	0.44

Para el cálculo de las digestibilidades no se tomó en cuenta el dato correspondiente al capón 2 del día 26 de febrero, por considerarse aberrante.

Anexo 7: Resumen de digestibilidad de la fibra detergente ácido correspondiente al período 1 y período 2.

dFDA período 1

<i>past</i>	<i>cap</i>	26-dic	27-dic	28-dic	29-dic	30-dic	prom.
<i>Alf</i>	2	0.62	0.16	0.37	0.51	0.40	0.41
<i>Alf</i>	7	0.65	0.17	0.30	0.57	0.35	0.41
<i>Alf</i>	11	0.60	0.45	0.25	0.63	0.54	0.49
<i>Lot</i>	1	0.42	0.45	0.13	0.65	0.61	0.53
<i>Lot</i>	9	0.44	-0.29	0.45	0.56	0.40	0.46
<i>Lot</i>	10	0.49	0.33	0.41	0.42	0.53	0.44
<i>T.r</i>	3	0.64	0.21	0.49	0.68	0.70	0.63
<i>T.r</i>	5	0.31	0.39	0.55	0.72	0.68	0.53
<i>T.r</i>	8	0.55	0.41	0.08	0.67	0.56	0.55

No se tomaron en cuenta los siguientes datos: capones 3 y 9 del día 27/12; y capones 1 y 8 del día 28/12, por considerarse datos aberrantes.

dFDA período 2

past	cap	24-feb	25-feb	26-feb	27-feb	28-feb	1-mar	prom.
Lot	1	0.55	0.20	0.40	0.57	0.49	0.55	0.46
Lot	9	0.41	0.36	0.63	0.62	0.54	0.60	0.53
Lot	10	0.31	0.40	0.30	0.23	0.31	0.49	0.34
Alf	2	0.49	0.51	0.24	0.59	0.42	0.46	0.49
Alf	11	0.44	0.34	0.36	0.47	0.46	0.33	0.40
Alf	7	0.48	0.42	0.25	0.53	0.36	0.49	0.42

Para el cálculo de las digestibilidades no se tomó en cuenta el dato correspondiente al capón 2 del día 26 de febrero, por considerarse aberrante.

Anexo 8: Condiciones hídricas, evapotranspiración y temperaturas ocurridas durante los periodos analizados.

Caracterización hídrica de los períodos primavera y verano

Mes	PP (mm/mes)	ETC (*) (mm/mes)	Déficit o Acumulación hídrica (mm/mes)
Setiembre 1996	111.5	81.0	30.5
Octubre 1996	74.0	98.5	-24.5
Noviembre 1996	98.2	167.2	-69.0
Diciembre 1996	33.4	176.4	-143.0
Enero 1997	40.5	190.1	-149.6
Febrero 1997	87.4	162.2	-74.78

**Temperatura promedio del período en estudio y comparación
con la media de los últimos 10 años**

Mes	Temperatura media (96/97)	Temperatura media 10 años	Diferencia (°C)
<i>Setiembre 1996</i>	12.5	12.8	- 0.25
<i>Octubre 1996</i>	16.5	15.8	0.7
<i>Noviembre 1996</i>	19.6	18.9	0.78
<i>Diciembre 1996</i>	22.3	21.7	0.55
<i>Enero 1997</i>	24.6	23.2	1.46
<i>Febrero 1997</i>	21.8	22.0	- 0.23

Anexo 9: Resultados estadísticos.

RESULTADOS ESTADISTICOS .

	G.L	DMS	DMO	DFDA	DFDN
Período	1	0.1149	0.0327	0.1384	0.8369
Trat. (Per.)	3	0.8566	0.3449	0.1830	0.2555
Error A	10	0.00017572	0.00019988	0.00110384	0.00046442
Error B	61	0.00710064	0.00590511	0.01514984	0.01303330
Y..		0.5923	0.6190	0.4657	0.5095
C.V.		2.24	2.28	7.13	4.23

Anexo 10: Peso vivo de los animales al inicio y al final de los dos períodos estudiados.

Peso vivo período 1

No CAPON	P.INICIAL	P.FINAL	PASTURA	PROMEDIO
2	54.0	51.0	<i>alfalfa</i>	52.5
7	56.0	51.5	<i>alfalfa</i>	53.8
11	42.0	43.3	<i>alfalfa</i>	42.7
1	60.0	58.0	<i>lotus</i>	59.0
9	59.0	54.5	<i>lotus</i>	56.8
10	55.0	49.5	<i>lotus</i>	52.3
3	48.0	40.5	<i>t. rojo</i>	44.3
5	51.0	46.0	<i>t. rojo</i>	48.5
8	61.5	59.5	<i>t. rojo</i>	60.5
PROMEDIO	54.1	50.4		

Peso vivo período 2

No CAPON	P.INICIAL	P.FINAL	PASTURA	PROMEDIO
2	58	60	<i>alfalfa</i>	59.00
7	57	58	<i>alfalfa</i>	57.50
11	49	48	<i>alfalfa</i>	48.50
1	60	61.4	<i>lotus</i>	60.70
9	63	56	<i>lotus</i>	59.50
10	58	54.2	<i>lotus</i>	56.10
PROMEDIO	57.5	56.3		

Anexo 11 : Evaluación del valor energético de las forrajeras.

Energía digestible

La cantidad de calor producida por la oxidación completa de cualquier alimento se denomina energía bruta, la cual se puede caracterizar como el valor potencial de un alimento para suministrar energía (Mc Donald et.al., 1986).

La energía bruta de los forrajes aumenta normalmente con su contenido en materias nitrogenadas, dado que las proteínas tienen una EB superior a la de los glúcidos, (media 4.200 y 5.700 Kcal/kg respectivamente). Para un mismo contenido en nitrógeno, la energía bruta de las leguminosas y sobre todo de la alfalfa es superior a la de las gramíneas (Demarquilly et. al., 1981).

Las diferencias antes mencionadas se deben seguramente al hecho de que estas plantas son más ricas en lípidos que las gramíneas y quizás también en lo que concierne a las diferencias gramíneas - leguminosas en que para un mismo contenido en nitrógeno las leguminosas tienen un contenido mas elevado en lignina, que es más rica en energía (alrededor de 6000 kcal/kg) que los demás glúcidos (Demarquilly et. al., 1981).

El valor energético bruto obtenido de los alimentos tiene muy poca o casi ninguna utilidad directa, ya que es casi imposible diferenciar entre los constituyentes que los animales utilizan completamente de los que utilizan solo parcialmente (Church y Pond, 1987).

Las primeras perdidas de energía que se producen luego de ingerido un alimento, son representadas por la fracción que no es absorbida y que posteriormente se excreta en las heces, Maynard et. al., (1979, citado por Hernández y Mondini 1989).

La diferencia existente entre la energía consumida en el alimento y la energía contenida en las heces es denominada Energía Digestible Aparente (Church y Pond, 1987).

El contenido de energía digestible (ED en Mcal/ kgMS) que figura en las tablas de INRA (1981) resulta de la siguiente ecuación:

$$ED = EB (1.0087 \text{ dMO} - 0.0377)$$

Energía metabolizable

Si a la energía digestible aparente se le sustrae la energía perdida en los productos gaseosos de la digestión y la orina, se obtiene la fracción de la energía total ingerida que es capaz de sufrir una transformación metabólica en el organismo. Este valor es la energía metabolizable (Maynard et al., 1979, citado por Hernandez. Mondini 1989)

La mayor parte de los gases combustibles en las especies rumiantes corresponden al metano, que puede representar en promedio del 3 al 10% de la energía bruta, dependiendo del tipo de dieta y nivel de consumo del alimento. Las dietas de baja calidad dan como resultado mayores proporciones de metano y generalmente el porcentaje de energía bruta que se pierde como tal disminuye a medida que aumenta la ingestión de alimento (Church y Pond, 1987).

Blaxter y Clapperton (1965), realizaron una revisión de varios trabajos que medían las pérdidas de metano en rumiantes. En la mayor parte de los experimentos se confinaban los animales durante cuatro a cinco días, recibiendo cantidades constantes de alimento. La producción de metano se media diariamente. A nivel de mantenimiento, la misma variaba de 6.2 a 10.8 kcal/ 100 kcal de energía bruta consumida y se relacionaba con la digestibilidad aparente de la energía del alimento a través de la ecuación:

$$C_m = 3.67 + 0.062 D$$

donde: C_m = porcentaje de energía perdida como metano

D = digestibilidad aparente de la energía

Existen varias fórmulas para calcular las pérdidas energéticas gaseosas en los rumiantes, Blaxter y Claperton (citado por Church y Pond, 1987), sugieren la siguiente:

$$\text{Metano} = 1,30 + 0,112 D - L (2,37 - 0,050 D);$$

donde: metano se expresa como kcal/100 kcal de energía bruta del alimento,

D representa la digestibilidad de la energía en un nivel de alimentación para mantenimiento

L se define como el nivel de alimentación como un múltiplo del mantenimiento

Lindgren (1980, citado por Hernandez Mondini, 1989), obtuvo relaciones entre el consumo y las pérdidas de energía como metano a partir de 2500 ensayos de digestibilidad publicados en la literatura con rumiantes. Estas pérdidas estaban

correlacionadas negativamente con la digestibilidad y el nivel de consumo según se observa en las ecuaciones:

$$\text{ECH4} = 15.7 - 0.030 \text{ CDE} - 1.44 \text{ L (bovinos)}$$

$$\text{ECH4} = 17.4 - 0.062 \text{ CDE} - 1.70 \text{ L (ovinos)}$$

donde: ECH4 es el porcentaje de energía perdida como metano/100 unidades de energía digestible

CDE representa el coeficiente de digestibilidad de la energía

L es el nivel de alimentación expresado como múltiplo de mantenimiento

Con referencia a la orina, Street et al., (1964, citado por Hernandez Mondini, 1989), recopilaron datos de seis años de experimentación en rumiantes donde se habían medido valores de nitrógeno y energía de la misma. Los animales recibieron dietas variadas consistentes en henos de diferentes calidad o mezclas de forraje y concentrado. Estas aportaron un rango amplio de valores de nitrógeno en el alimento y por lo tanto en la orina, lo que determinó variaciones en el balance de nitrógeno. Los autores concluyeron que la energía urinaria puede calcularse con una exactitud suficiente que permite estimar la energía metabolizable. Dada la alta correlación que observaron entre estas dos variables, plantearon las ecuaciones que se presentan en siguiente cuadro.

Correlación entre nitrógeno urinario y energía de la orina.

Especie	Nº de muestras	Correlación	Regresión lineal
Bovinos	114	0.66	EU Kcal/ g = 0.022 + 0.118 (NU %)
Ovinos	288	0.94	EU Kcal/ g = 0.027 + 0.119 (NU %)
Total	402	0.92	EU Kcal/ g = 0.026 + 0.117 (NU %)

EU = energía urinaria

NU = nitrógeno urinario

La energía metabolizable en rumiantes con frecuencia se calcula por medio de la siguiente fórmula: $EM = ED \times 0,82$. La misma es únicamente una aproximación, ya que la relación EM/ED varía en forma considerable debido a que la naturaleza de la dieta y el nivel de la alimentación la modifican (Church y Pond, 1987).

El contenido de energía metabolizable (EM en Mcal/ kgMS) que figura en las tablas de INRA (1981), resulta de la siguiente ecuación:

$$EM = ED \times EM/ED$$

La relación EM/ED se calcula a partir de la ecuación establecida por Vermorel y Bourvier:

$$EM/ED = 0.8286 - 0.0000877 \text{ FB} - 0.000174 \text{ PB} + 0.02431 \text{ NA} \pm 0.093$$

$$R = 0.90, n = 268$$

FB y PB son los contenidos en fibra bruta y proteína bruta del alimento en g/kgMS, y NA el nivel de alimentación.

Lindgrend (1981, citado por Hernandez Mondini, 1989), realizó estudios comparativos entre ovinos y vacas en lactación con la finalidad de predecir el valor energético de dietas mezclas para bovinos a partir de ensayos de digestibilidad con ovinos. Se utilizaron dietas mezclas de heno y/o silo más un elemento concentrado, sin especificar la relación entre ambos. Dicho autor concluye que a pesar de la diferente capacidad digestiva de ovinos y bovinos, la energía metabolizable del tipo de dieta estudiada se puede predecir razonablemente a partir de ensayos de digestibilidad con ovinos.

Energía neta

La energía neta de un alimento es aquella porción que se encuentra disponible al animal para su mantenimiento o para fines productivos. Dicha energía se expresa en la siguiente fórmula:

$$EN = EM - IC - C.F;$$

donde IC representa el incremento calórico
CF es el calor de fermentación.

El incremento calórico se define como la producción de calor asociada con la digestión de un nutriente y con el metabolismo, que es mayor al que se producía antes de la ingestión del alimento (Church y Pond, 1987).

La actividad de los microorganismos del tracto alimenticio originan cierta cantidad de calor, que se conoce como calor de fermentación, y se estima que asciende aproximadamente al 5-10% de la energía bruta del alimento (Mc Donald, 1986).

Según el INRA (1981), la energía neta se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$EN = EB \times dE \times EM/ED \times k$$

donde: EB representa la energía bruta del alimento

dE es el coeficiente de digestibilidad de la energía

EM/ED es la relación entre los contenidos en energía digestible (ED) y en energía metabolizable (EM)

k es la eficiencia de utilización de la energía metabolizable para producción.

Para la misma fuente, la energía neta para la lactación es igual a:

$$ENL \text{ (Mcal/ kg MS)} = EM \text{ (Mcal/ kg MS)} \times k1$$

donde $k1 = 0.60 + 0.24 (EM/EB - 0.57)$

o bien $k1 = 0.463 + 0.24 \times (EM/ED)$

Por otra parte, el INIA (1994), utiliza ecuaciones basadas en la FDA.

$$ENI \text{ (Mcal/kg MS)} = 2,302 - (0,0262 \times \% \text{ FDA})$$

Penn State Forage Testing Laboratory.

Revised Regression Ecuations DSE - 80 - 56 . 1980

$$ENI \text{ (Mcal/kg MS)} = 2,302 - (0,0271 \times \% \text{ FDA})$$

Chalupa, W. y Ferguson, J. D. Recent concepts in protein use for ruminants examined. Feedstuffs, June 13, 1988.

Elaborado por el INIA
 Documento de Trabajo
 E. J. ...