



**Universidad de la República
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**TASA DE DESHIDRATACION DE
FORRAJE DE ALFALFA (*Medicago sativa*)
INCIDENCIA DE FACTORES
CLIMATICOS Y DE LA PASTURA**

**por
Fernando GANCIO VIÑAS**

T E S I S

1998

MONTEVIDEO

URUGUAY



7.2.1998

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**TASA DE DESHIDRATACION DE FORRAJE DE
ALFALFA (*Medicago sativa*)**

INCIDENCIA DE FACTORES CLIMATICOS Y DE LA PASTURA

Por

Fernando Gancio Viñas

1998

Fernando Gancio Viñas

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
1998**

Tesis aprobada por:

Directores:

.....
Ing. Agr. Daniel Garín

.....
Ing. Agr. Juan Burgueño

.....
Ing. Agr. Ricardo Mello

Fecha : 10 de setiembre de 1998

Autor:

.....
Fernando Gancio Viñas

AGRADECIMIENTOS .

Agradezco especialmente a las siguientes personas que colaboraron en la realización de este trabajo.

Ing.Agr. Daniel Garín, compañero y amigo, por su continuo y esmerado apoyo y orientación en todas las etapas.

Ing.Agr. Juan Burgueño, por su orientación, especialmente para el análisis estadístico de la información.

Ing.Agr. Mariela Ibarra, por su colaboración en el trabajo de campo y laboratorio.

Ing.Agr. Nelson Larzabal, director del Centro Regional Sur, por su apoyo en las necesidades operativas en la fase de campo.

Sra. Carmen Oliveira, por la realización de dibujos.

A mi hermana Virginia y al Ing. Agr. Pablo Speranza por participar en la traducción al inglés del resumen.

Al personal de la biblioteca de la Facultad de Agronomía – Montevideo, por su atención y dedicación a la tarea.

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadros N°		pág. n°
1	Tenores de materia seca, pH, poder Tampón (PT) y concentración de productos ácidos (% de la materia seca) en diferentes tratamientos pre-ensilaje (adaptado de Tosi y col, 1994)	14
2	Valores de pH aceptables para diferentes niveles de materia seca (Dulphy y Demarquilly, 1981).	14
3	Nivel de ácidos, digestibilidad y consumo de ensilados con diferente contenido de materia seca (Jackson y Forbes, 1970; citados por Ekern, A. y Vik-Mo, 1983)	16
4	Factores que inciden sobre la tasa de marchitado (Pigurina, 1997; Mc. Donald, 1981).	20
5	Respuesta de la tasa de deshidratación (TD) ante un incremento en la magnitud de los principales factores climáticos (FC).	24
6	Valores de tasas de deshidratación (TD) citadas por diferentes autores.	27
7	Resumen de las características de las pasturas utilizadas en el ensayo.	31
8	Esquema de las pasturas sometidas a cortes en cada fecha.	32
9	Esquema de los muestreos realizados en la pastura y gavilla.	33
10	Coefficientes de regresión para modelos lineales (a y b) y cuadráticos (a, b y c) de % de materia seca en función de la hora de corte para las seis fechas.	51
11	Tasa de deshidratación promedio y máxima observadas en el ensayo (%materia seca/hora).	52

- 1 Pérdidas de materia seca en función del secado necesario para cada sistema de conservación y las condiciones meteorológicas (adaptado de Honig, 1976 citado por Jarrige, 1987) 10
- 2 Acumulación de productos de la fermentación de ensilajes para 27% (2a) y 64%(2b) de materia seca (Adaptado de Muck, 1990). 12
- 3 Evolución del pH para ensilados con tres niveles de materia seca 17%, 47% y 64%. (Adaptado de Muck, 1990) 13
- 4 Influencia del tenor de agua del forraje en la gavilla sobre las pérdidas de MS por respiración en tres niveles de temperatura (Parke, Dumont y Boyce, 1978, citados por Demarquilly, 1987) 15
- 5 Curva de desecación de Raygrass sometido a un flujo de aire de 20°C, 50% de humedad relativa y una velocidad de 1m/s (adaptado de Jones, 1979; citado por Demarquilly, 1987) 19
- 6 Curva de desecación de Raygrass (20°C, 50% HR, 1 m/s). Comportamiento de tallos y hojas, unidos y separados (adaptado de Jones, 1979; citado por Demarquilly, 1987). 21
- 7 Evolución de la materia seca, porcentaje de hojas, tenor de agua, agua por hectárea y rendimiento de pastura de Raygrass en primer ciclo vegetativo (adaptado de Demarquilly, 1987). 22
- 8 Curva de evolución del tenor de agua durante el secado en función de la disponibilidad de forraje de pradera de primer ciclo (adaptado de Luder, 1974; citado por Demarquilly, 1987) 23
- 9 Evolución de la materia seca y tasa de evaporación en la gavilla para el marchitado de Raygrass durante 48 horas (adaptado de Mc Donald, 1981). 29
- 10 Ubicación de las parcelas en el predio de la Estación experimental. 30
- 11 Evolución de la temperatura del aire (°C) durante los períodos de deshidratación (10:00 a 18:00 horas) 35

12	Evolución de la humedad relativa del aire (%) durante los períodos de deshidratación (10:00 a18:00 horas)	36
13	Valores de velocidad del viento media (m/s) para los días de deshidratación de forraje	37
14	Valores de evaporación de tanque "A" (mm) para los días de deshidratación de forraje	38
15	Fracciones botánicas (%) de las tres pasturas sometidas a ensayo en las seis fechas de corte.	40
16	Rendimientos de cosecha (KgMS/ha) de pasturas según fecha de primer corte.	43
17	Disponibilidad (KgMS/ha) de rebrotes de pasturas sometidas a corte al inicio de la primavera.	44
18	Diferencia de rendimiento de materia seca por hectárea entre un corte tardío y corte temprano más rebrote	45
19	Rendimiento de leguminosas (KgMS/ha) en las pasturas sometidas a primer corte.	46
20	Diferencia de rendimiento de materia seca de leguminosa por hectárea entre un corte tardío y corte temprano más rebrote	47
21	Contenido de materia seca (% MSI) de las pasturas en el momento del corte	48
22	Tasas de deshidratación promedio del forraje de las pasturas sometidas a corte (%materia seca/hora).	53

TABLA DE CONTENIDO

PAGINA DE APROBACIÓN

AGRADECIMIENTOS

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

1. <u>INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN DE FORRAJES	3
2.1.1 Henificación	3
2.1.2 Ensilaje	3
2.1.3 Henilaje	4
2.2 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL FORRAJE CONSERVADO	4
2.2.1 Factores de la pastura en pie	4
2.2.2 Factores posteriores al corte	5
2.2.2.1 Respiración y proteólisis vegetal.	5
2.2.2.2 Fermentación	6
2.3 ELABORACIÓN DE RESERVAS CON FORRAJES DE PASTURAS	8
2.3.1 Materia seca del forraje	8
2.3.2 Contenido de Leguminosas	9
2.3.3 Marchitado	9
2.4 TASA DE DESHIDRATACIÓN	17
2.4.1 Vías de la desecación post-corte	17
2.4.1.1 Estomas	17
2.4.1.2 Cutícula	18
2.4.2 Cinética de la desecación	18
2.4.3 Factores que afectan la tasa de deshidratación	20
2.4.3.1 Factores de la planta o cultivo	20
2.4.3.1.1 Relación Hojas / Tallos	20
2.4.3.1.2 Materia seca al corte	22
2.4.3.1.3 Rendimiento del cultivo	23
2.4.3.2 Factores climáticos	24
2.4.3.2.1 La temperatura.	25
2.4.3.2.2 Humedad relativa del aire	25
2.4.3.2.3 Velocidad del viento	26
2.4.3.2.4 Radiación solar	26
2.4.4 Valores de tasa de deshidratación obtenidas experimentalmente	27

3. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	30
3.1 LOCALIZACIÓN	30
3.2 PASTURAS UTILIZADAS	31
3.3 PROCEDIMIENTOS	31
3.3.1 Cortes	31
3.3.2 Muestreos	
3.3.2.1 En la pastura	32
3.3.2.2 En la gavilla	33
3.4 ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS MUESTRAS.	33
3.5 INFORMACIÓN METEOROLÓGICA	34
3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	34
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	35
4.1 EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS CLIMÁTICOS	35
4.1.1 Temperatura	35
4.1.2 Humedad relativa	36
4.1.3 Velocidad del viento media	37
4.1.4 Evaporación tanque "A"	38
4.2 COMPOSICIÓN BOTÁNICA	39
4.2.1 Pastura N°1 (A1)	39
4.2.2 Rebrote de la pastura 1 (A4)	41
4.2.3 Pasturas N° 2 y 3 (A2 y A3)	41
4.2.4 Rebotes de las pasturas 2 y 3 (A5 y A6)	41
4.3 RENDIMIENTO DE COSECHAS	43
4.3.1 Efecto del rebrote sobre el rendimiento y composición de la materia seca	44
4.3.2 Materia seca al momento del corte	48
4.4 TASA DE DESHIDRATACIÓN	50
4.5 ANÁLISIS DE MODELOS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE	56
5. <u>CONCLUSIONES</u>	57
6. <u>RESUMEN</u>	59
7. <u>SUMMARY</u>	60
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	61
9. <u>ANEXOS</u>	64

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El mantenimiento de altos niveles productivos a lo largo del año es un objetivo prioritario de los sistemas agronómicos intensivos. En el ámbito de establecimientos lecheros este requisito es más evidente debido a que el sistema de comercialización exige al productor el mantenimiento de la producción de leche independientemente del momento del año y las condiciones climáticas. Simultáneamente, se han comenzado a desarrollar sistemas productivos de carne con animales jóvenes que también demandan continuamente importantes cantidades de alimentos de alta calidad.

Las curvas de producción de la base forrajera, principal sustento alimenticio de la producción animal en nuestro país, muestran una marcada heterogeneidad en la tasa de crecimiento a lo largo del año. Las pasturas naturales en todas las situaciones agroecológicas presentan una clara estacionalidad de su producción; con marcados déficits invernales y excedentes en primavera. Este comportamiento es parcialmente resuelto con la mezcla de pasturas artificiales temporarias y permanentes donde se busca un equilibrio en la producción de las especies forrajeras introducidas.

La extracción del forraje disponible en períodos de máximo crecimiento primaveral constituye una importante medida de manejo, evitando la acumulación de excesos con la consecuente disminución de la calidad; potenciando la tasa de rebrote y evitando la evolución no deseada de la composición de la pastura. De esa manera se posterga su utilización para los momentos en que se registran déficits en la producción de forraje verde por la pastura. Por todas estas razones y principalmente por proporcionar seguridad en el manejo de dotaciones invernales, contribuyen al logro de una mayor producción del sistema en su conjunto (Risso et al. 1997).

En síntesis, cualquiera sea el esquema forrajero disponible, se producen excedentes periódicos que deberán manejarse tanto para trasladar su incorporación a la dieta animal, como para potenciar la productividad futura del recurso.

La henificación y el ensilaje constituyen las técnicas de conservación frecuentemente utilizadas en los sistemas de producción agropecuarios en nuestro país. Particularmente en explotaciones intensivas, el ensilaje de forrajes y cultivos es una alternativa de creciente adopción debido a la posibilidad de cosechar tempranamente forrajes de mayor calidad. La amplia difusión de esta práctica de conservación se debe entre otros factores a la problemática

particular de la cosecha de heno, así como a la creciente oferta de maquinaria para ensilar de alto rendimiento (Pigurina, 1992; 1997).

Las pasturas normalmente disponibles para la cosecha de forraje están constituidas por una proporción variable de leguminosas, requiriendo su ensilaje, la aplicación de técnicas especiales a los efectos de lograr un adecuado nivel de conservación de la calidad nutritiva de la materia orgánica, a través de la acidificación.

El bajo nivel de carbohidratos solubles frecuente en las leguminosas restringe el metabolismo de bacterias productoras de ácido láctico, principal agente acidificante. Sumado a esto, el poder búffer de los productos de la degradación de proteínas controla el descenso del pH necesario para su conservación.

La deshidratación de estos forrajes previa a su recolección, representa un aumento relativo del contenido de carbohidratos solubles. Simultáneamente genera un aumento en la presión osmótica de la masa vegetal, contribuyendo a inhibir el desarrollo de microorganismos dentro del silo, siendo más afectados aquellos que ocasionan reducción en el valor nutritivo del forraje conservado.

El tiempo necesario para lograr los niveles de humedad requeridos para una adecuada conservación determinará la magnitud del riesgo de exposición a agentes climáticos adversos así como las pérdidas de materia seca explicadas por la continuación de los procesos respiratorios.

Resulta entonces conveniente el estudio de los factores climáticos y de la pastura que inciden sobre la tasa de deshidratación con el propósito de evaluar las posibilidades de efectuar esa metodología como tratamiento en el ensilaje de pasturas en las situaciones productivas de nuestro país.

A tales efectos se plantearon los siguientes objetivos para esta investigación:

- 1: Medición de tasas de deshidratación de forrajes para las condiciones productivas en nuestro país.
- 2: Evaluación del efecto de los parámetros climáticos y de la pastura sobre la tasa de deshidratación.
- 3: Caracterización del impacto de diferentes momentos de corte a lo largo de la primavera sobre la cantidad y calidad de la materia seca producida.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN DE FORRAJES

Los métodos apropiados de conservación son aquellos que rápidamente, y con las menores pérdidas, transforman el estado inestable del forraje verde recién segado en un estado de conservación prolongada y sin degradaciones suplementarias. Esto se logra deteniendo la actividad enzimática de las plantas e impidiendo el desarrollo de bacterias, hongos y levaduras indeseables, las que siempre se encuentran presentes en la planta en pie (Demarquilly, 1987).

Se trata de técnicas costosas por lo que se debe tener presente, en todas las etapas involucradas, las posibles pérdidas de calidad y cantidad y los mecanismos para evitarlas (Methol, 1997).

2.1.1 Henificación:

La conservación del forraje en forma de heno se obtiene cuando se deshidrata el material hasta 85% de materia seca, nivel en que se restringe el desarrollo de bacterias y hongos que descomponen el forraje (Serviss y Ahlgren, 1955; Raymond et al., 1977; Murdoch, 1980 citados por Methol, 1997; Demarquilly, 1987).

En el ámbito nacional se determinaron pérdidas de materia seca durante el enfardado y almacenamiento de heno de alfalfa del orden del 34%. Las pérdidas a nivel de campo correspondieron a un 29% mientras que durante el almacenamiento el 5% restante (Borrejo, 1965, citado por Methol, 1997).

2.1.2 Ensilaje

La técnica de ensilaje consiste en la conservación de la materia orgánica impidiendo el desarrollo de microorganismos que la descomponen a través de la acidificación.

La adición de ácidos a los volúmenes de forraje normalmente sometidos a conservación insumiría importantes costos que haría inviable la utilización de esta técnica. Este proceso se logra naturalmente creando las condiciones para la proliferación en la masa de forraje de microorganismos que sintetizan ácidos utilizando como sustrato los carbohidratos solubles presentes en los vegetales. En situaciones productivas se produce espontáneamente almacenando forrajes

verdes, con un contenido de materia seca inferior al 45% en condiciones anaerobias.

2.1.3 Henilaje

La técnica de henilaje consiste en someter a fermentación anaeróbica un forraje con tenores de materia seca próximos a 50% (Gordon et al, 1960).

El procedimiento busca combinar los mecanismos de control de la degradación de la materia orgánica que operan en las técnicas de henificación y ensilaje.

Previo a la recolección y compactación del forraje segado se somete a la deshidratación del mismo hasta lograr los tenores de materia seca requeridos por la técnica.

2.2 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL FORRAJE CONSERVADO

La calidad del forraje conservado determina su capacidad de utilización como alimento y su potencial en la producción animal. Esta condición depende de las características de la pastura en el momento del corte y de los procesos involucrados en la técnica de conservación.

2.2.1 Factores de la pastura en pie

Gramíneas y leguminosas varían ampliamente en su composición química, existiendo importantes diferencias entre especies así como entre diferentes estados de desarrollo en el momento del corte (Demarquilly y Jarrige, 1974 citados por Ekern y Vik-Mo, 1983).

Las diferencias en calidad entre los forrajes se deben también a variaciones en las condiciones ambientales de crecimiento (suelo, clima, fertilizaciones, etc.) al material genético y al manejo (Pigurina y Methol, 1991).

Numerosos autores consideran al estado de madurez a la cosecha como el factor más importante que influye sobre la composición y el valor productivo de los forrajes conservados así como de los forrajes frescos (Homo, 1953; Kivimäe, 1959; Reid et al 1959; Corbett, 1969; Raymond, 1969; Sullivan, 1969 citados por Ekern y Vik-Mo, 1983).

Con relación al estado fisiológico, es posible establecer algunos cambios sistemáticos en la evolución de la composición química de una planta a medida que madura, los cuales están asociados a una reducción en la proporción de hojas y alteraciones en la composición química de hojas y tallos: Se observa una reducción en los contenidos de carbohidratos solubles en agua, proteínas y lípidos; mientras que se incrementan los contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina (Thomas y Morrison, 1985)

Otro factor importante es la disminución en el contenido de agua con relación a la materia seca de los forrajes a medida que la pastura se desarrolla. El agua es el componente principal de los forrajes verdes. Está presente dentro de las células de las plantas, en parte fijado a material celular y en parte libre, actuando como solvente de los constituyentes solubles en agua.

El porcentaje de materia seca del forraje en el momento de su cosecha afecta indirectamente la calidad del silo puesto que al aumentar el estado de crecimiento de las plantas aumenta el contenido de materia seca y disminuye la digestibilidad de la materia orgánica (DMO) y su contenido de Proteína cruda (PC). Sin embargo a medida que avanza su desarrollo aumenta el rendimiento de materia seca cosechable por unidad de superficie.

2.2.2 Factores posteriores al corte

2.2.2.1 Respiración y proteólisis vegetal.

Posteriormente al corte sucederán en el forraje numerosos cambios de naturaleza física y química que influirán de manera determinante en las características del producto conservado.

Los procesos de respiración pueden permanecer por algún tiempo, luego del corte e incluso dentro del silo, mientras esté presente el oxígeno en el aire que rodea el forraje (Murdoch, 1982; Woolford, 1984). La continuidad de estos procesos provoca la hidrólisis de compuestos orgánicos complejos así como la oxidación de azúcares y ácidos orgánicos para producir dióxido de carbono y agua.

Resulta imprescindible un correcto apisonado para retirar la mayor cantidad posible de aire de la masa ensilada, así como el sellado de la superficie para evitar el intercambio de gases con el exterior. De esta manera el

oxígeno del silo es rápidamente consumido lográndose la detención de los procesos respiratorios (Murdoch, 1982).

Una deficiente compactación del forraje acopiado significará un aumento del tiempo requerido para alcanzar las condiciones de anaerobiosis con el consecuente aumento de las pérdidas de carbohidratos solubles y la generación de calor. Aumentos de la temperatura por encima de 40°C pueden provocar una reducción importante en la digestibilidad de la proteína lo que significa una pérdida de la calidad del ensilado.

Las enzimas proteicas son muy activas produciendo la hidrólisis de proteínas a compuestos nitrogenados más simples como péptidos, aminoácidos, aminas y amoníaco

Un buen indicador para evaluar la calidad del ensilado es la proporción de nitrógeno amoniacal con relación al nitrógeno total. Valores pequeños de este parámetro indican poca incidencia de hidrólisis proteica lo que significa buenas condiciones de fermentación y adecuadas condiciones de conservación de la proteína del forraje original. Dulphy y Demarquilly (1981) plantean entre 5 y 7% el nivel máximo aceptable de este componente en silos de buena calidad.

2.2.2.2 Fermentación

El forraje cortado contiene normalmente una población de bacterias que, en ausencia de oxígeno pueden fermentar los azúcares para producir ácido láctico (fermentación primaria). Estas bacterias son relativamente insensibles a este ácido, mientras que los microorganismos putrefactores del forraje son inactivados por la acidificación (Raymond et al, 1977). Especialmente beneficioso resulta el control de bacterias del género "*Clostridium*".

La microflora lactogénica se encuentra presente en pequeña cantidad en el momento de corte del forraje, multiplicándose rápidamente a partir del consumo de azúcares como fuente de energía (Woolford, 1984).

El rápido desarrollo inicial de la acidez interrumpe el crecimiento de microorganismos no deseados cuando el pH del silo llega a valores entre 3,8 y 4,3 (Castle y Watkins, 1988). El ácido láctico producido en estas condiciones alcanza a representar entre el 1 y 2% de la masa (Peñagaricano et al, 1968).

Las mejores condiciones para la preservación del ensilaje son aquellas que favorecen una fermentación homoláctica rápida (predominio de formación de ácido láctico). En términos generales esto ocurrirá cuando exista un adecuado suministro de azúcares solubles para producir la fermentación, y se

logre una caída rápida en el pH de manera de evitar la multiplicación de los clostridios (Thomas y Morrison, 1985).

Cuando no se logra o se pierde la condición de anaerobiosis o bien, no se logran niveles de acidez adecuados, proliferan otros microorganismos como hongos, levaduras y los clostridios que están presentes en el silo. Estos metabolizan los azúcares y el ácido láctico para producir butirato y una variedad de productos menores: acetato, propionato y etanol. Se produce un aumento progresivo del pH debido a que el ácido butírico es un ácido más débil que el láctico y muchos de los productos nitrogenados derivados de la degradación de proteínas son bases. Esta condición fomenta la descomposición de la materia orgánica conformando un ensilado de bajo valor nutritivo y de baja aceptación por parte de los animales (Thomas y Morrison, 1985; Woolford, 1984).

Como resultado final de los procesos fermentativos y analizando los cambios en la composición química, Orcasberro et al. (1987), resaltan lo siguiente:

- * reducción en la concentración de carbohidratos solubles y un incremento simultáneo en la concentración de ácidos orgánicos y carbohidratos estructurales (fibra).

- * disminución en el porcentaje de proteína verdadera y aumento de la proporción de polipéptidos, aminoácidos libres y nitrógeno amoniacal

De la misma manera pero con relación a las vías en que ocurren pérdidas de nutrientes señalan:

- * por respiración de las plantas hasta el momento de alcanzar las condiciones de anaerobiosis.

- * las originadas en el proceso de fermentación anaerobia.

- * por descomposición aeróbica en las superficies de contacto del material ensilado con la atmósfera.

- * por efluentes líquidos.

2.3 ELABORACIÓN DE RESERVAS CON FORRAJES DE PASTURAS

Se centrará la discusión en aquellas técnicas que involucran procesos fermentativos acidificantes, poniéndose especial énfasis en los aspectos relevantes que justifican el marchitado como tratamiento para mejorar las condiciones de conservación.

2.3.1 Materia seca del forraje:

Son numerosas las desventajas provenientes del ensilaje de pasturas con una elevada proporción de agua en su composición

Primariamente se destaca su efecto sobre el proceso fermentativo determinando el nivel de acidez al cual la actividad clostridial es inhibida; este depende efectivamente del contenido de materia seca del ensilaje.

Forrajes cortados con un 20% de materia seca lograrán estabilización a un pH próximo a 4. En casos de niveles inferiores de materia seca es posible que este nivel de descenso del pH no detenga el desarrollo de la flora clostridial (Woolford, 1984).

Al menos que el contenido de carbohidratos solubles sea excepcionalmente alto, el ensilaje de forrajes con elevado contenido de humedad determinará el desarrollo de la fermentación clostridial resultando en elevadas pérdidas y un ensilado de bajo valor nutritivo (Mc. Donald, 1981).

Por otra parte pueden registrarse pérdidas de efluentes líquidos que presentan una alta concentración de nutrientes de elevado valor nutritivo. (Mc. Donald, 1981).

En el otro extremo, altos contenidos de materia seca (superiores al 50%) ponen en compromiso la calidad del silo. La dificultad de compactación en esas condiciones determina mayores niveles de oxígeno aumentando el efecto de la respiración. Es posible un importante aumento de la temperatura poniéndose en peligro la digestibilidad de la proteína (Gordon et al., 1960; Waldo, 1977 citado por Ekern y Vik-Mo, 1983; Muck, 1990).

2.3.2 Contenido de leguminosas

El escaso nivel de carbohidratos solubles presente en las leguminosas forrajeras, particularmente el caso de la Alfalfa, exige para estos materiales, consideraciones propias tendientes a mejorar las condiciones de fermentación para obtener un ensilaje de calidad.

La dificultad para alcanzar niveles de pH satisfactorios para la conservación del silo es provocada por el bajo nivel de hidratos de carbono que limita las posibilidades de formación de ácido a partir de su fermentación (Hanson, 1972). A ello se agrega los elevados niveles de proteína cruda, que por hidrólisis enzimática generan productos de elevado poder buffer (Orcasberro et al., 1987).

2.3.3 Marchitado

Dadas las características de los forrajes de pasturas, resulta ventajosa su deshidratación para aumentar la proporción de materia seca previamente a la construcción del silo. Se logran beneficios importantes, principalmente debidos a una mejora en las condiciones de fermentación así como una disminución en los niveles de pérdidas de efluentes líquidos y un aumento en los niveles de consumo animal de materia seca en los ensilados resultantes.

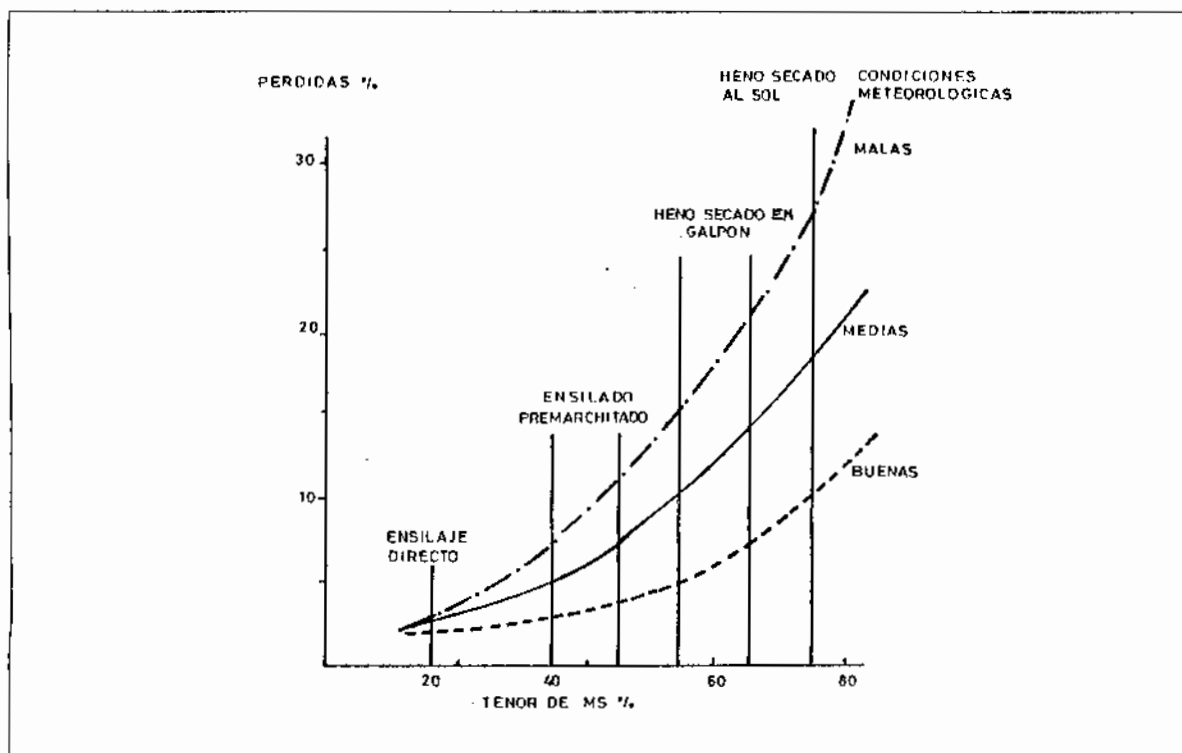
El proceso más difundido en establecimientos comerciales y a nivel experimental, para lograr el aumento de los niveles de materia seca es el **marchitado** del forraje segado. Este es mantenido sobre el suelo luego de su corte y expuesto a los agentes atmosféricos durante tiempos variables, previo a la recolección para elaborar la reserva.

Una parte de las pérdidas en las que se incurre son debidas a la exposición temporal de plantas poco turgentes a agentes climáticos, siendo las hojas especialmente sensibles (Patil et al, 1993).

Honig, (1976), citado por Jarrige, (1987), plantea los niveles de pérdidas de materia seca que ocurren a medida que aumentan los niveles de secado en el campo para diferentes técnicas de conservación. Se destaca el efecto importante de las condiciones climáticas para determinar los niveles de pérdidas. Las técnicas que requieren menores tiempo de marchitado presentarán menores pérdidas al pasar de buenas a malas condiciones meteorológicas durante el secado (Figura 1).

Figura 1:

Pérdidas de materia seca en función del secado necesario para cada sistema de conservación y condiciones meteorológicas (adaptado de Honig, 1976 citado por Jarrige, 1987)



Koegel et al, 1985 (citados por Patil et al, 1993) reportan valores entre el 7 y 9% para la pérdida de materia seca cuando las reducciones del contenido de humedad son del orden de 34%. Destacan además a las proteínas y carbohidratos no estructurales como los principales componentes de la fracción perdida.

La actividad de las enzimas proteolíticas tiende a hidrolizar una porción de las proteínas solubles obteniendo como producto nitrógeno no proteico soluble. Las proteínas solubles remanentes son desnaturalizadas y se vuelven insolubles por deshidratación en el proceso de henificación o bien por descenso de pH en el caso de ensilajes (Robertson, 1983 citado por Hansen et al, 1992).

Para el caso de henilajes, se registran menores niveles de proteínas insolubles por lo que es menor el pasaje de éstas a través del rúmen hacia el tracto digestivo inferior. Estas proteínas insolubles son de baja degradabilidad ruminal pero factibles de digestión en el estómago – intestino donde son eficientemente utilizadas por los rumiantes (Nocket y Russell, 1988, citados por Hansen et al, 1992).

Las ventajas que se obtienen por la aplicación de esta técnica radican en tres efectos fundamentales:

A: mejora de las condiciones de preservación de la materia orgánica resultantes de la fermentación:

La totalidad de los procesos fermentativos que ocurren en una masa de forraje sometida a ensilaje se ven disminuidos con el aumento de la materia seca, resultando en un beneficio sustancial del método de conservación explicado por la ausencia de fermentaciones indeseables (clostridiales) más que por la presencia de fermentaciones deseables (bacterias ácido lácticas) (Gordon et al, 1960).

Numerosos trabajos muestran que el aumento en la materia seca de los forrajes sometidos a ensilaje resulta en una reducción de la actividad de las bacterias responsables de los procesos fermentativos lo que determina una reducción en la concentración de ácido láctico y otros productos de su metabolismo. De la misma manera son mayores los valores de pH alcanzados así como el contenido de carbohidratos solubles (Henderson et al, 1982; Jackson y Forbes, 1970; Kibe et al, 1981 citados por Muck, 1990).

Como causas probables de esta mejora en las condiciones de preservación se establece:

*** Aumento del nivel de carbohidratos:**

Del balance entre la respiración y la pérdida de agua de la masa del forraje resulta un aumento de la proporción de carbohidratos solubles que son el sustrato de la fermentación primaria (Ekern y Vik-Mo, 1983).

*** Aumento de la presión osmótica:**

El aumento de la presión osmótica del sustrato contribuye a inhibir el desarrollo de la población clostridial. Weiringa, (1969), citado por Woolford, (1984) plantea que a niveles de materia seca situados entre el 25 y 30 % existe una inhibición al desarrollo de bacterias clostridiales debido al alto nivel de humedad y a la menor disponibilidad de nutrientes. No obstante sugiere niveles entre 45 y 50 % de materia seca para garantizar la ausencia de fermentaciones butíricas.

El aporte de Muck, (1990) para ensilajes de alfalfa sometidos a fermentación con diferentes niveles de materia seca confirma estos conceptos. Señala además que los niveles de mayor concentración de ácido láctico con relación a otros productos de la fermentación se presentaron en niveles de materia seca ente 40 y 55%.

En las figuras 2 y 3 se ilustra la evolución de los productos fermentativos y el pH en función del tiempo de ensilaje para distintos contenidos de materia seca.

Figura 2:
Acumulación de productos de la fermentación de ensilajes para 27% (2a) y 64%(2b) de materia seca (Adaptado de Muck, 1990).

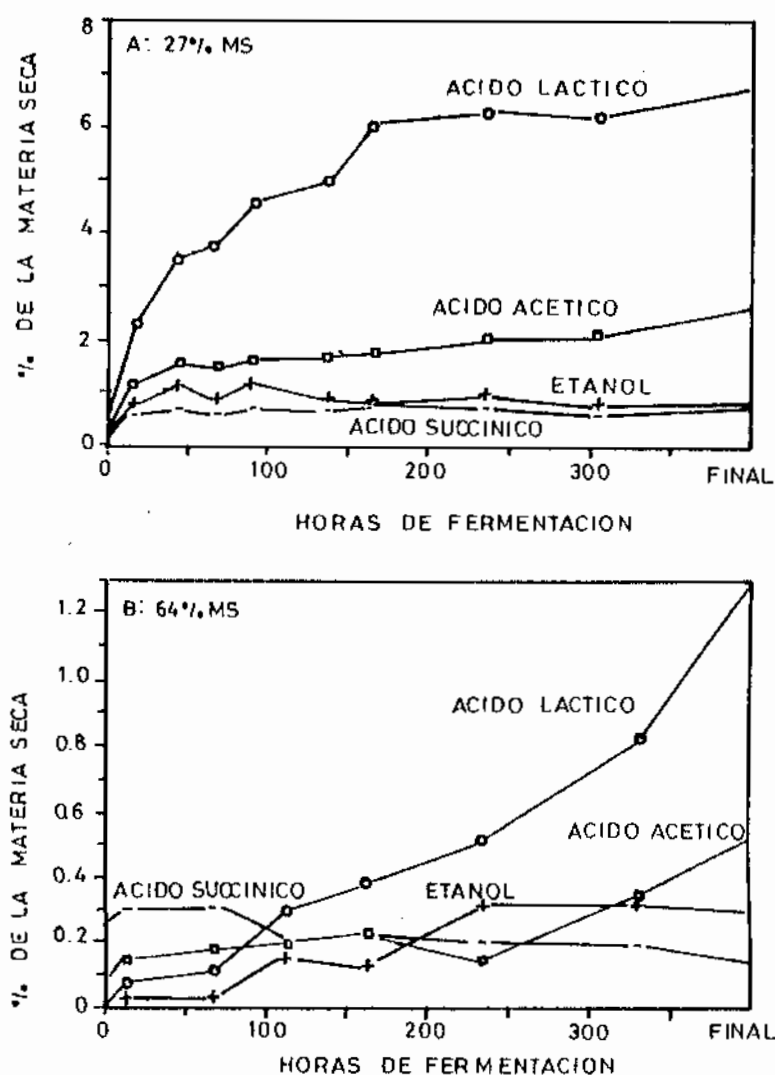
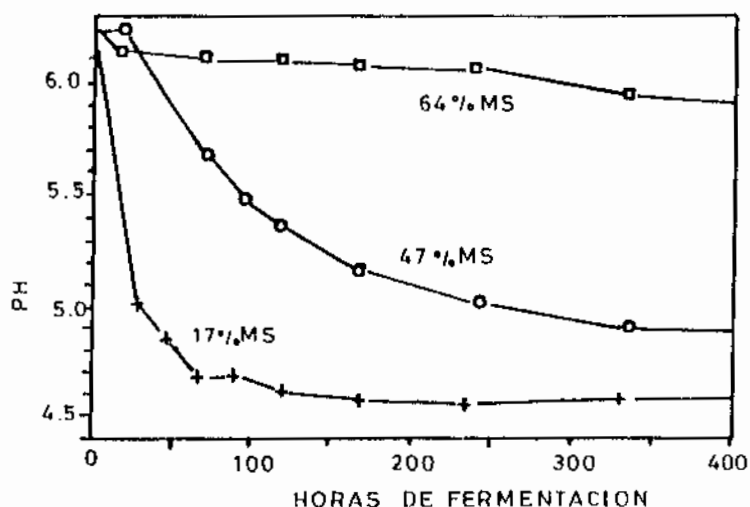


Figura 3:

Evolución del pH para ensilados con tres niveles de materia seca = 17%, 47% y 64%. (Adaptado de Muck, 1990)



Investigaciones desarrolladas por Tosi et al, (1994) concluyen que el marchitado de forraje de Alfalfa a 54% de materia seca resulta en una mejora sustancial de las condiciones de fermentación evidenciada por el bajo tenor de ácido butírico simultáneo a una menor producción de ácido láctico en el ensilado.

En el cuadro 1 se indican los valores de pH, poder tampón (mgHCl/100g materia seca) y productos de la fermentación para cuatro de los tratamientos estudiados.

La baja concentración de los productos ácidos y el mayor pH alcanzado en los tratamientos marchitados revela la inhibición de la actividad clostridial y de los procesos fermentativos lactogénicos.

Se verifica además que el agregado de melaza determina una mejoría en la calidad del ensilaje de alfalfa explicado por un aumento relativo de la concentración de ácido láctico.

Cuadro 1:

Tenores de materia seca, pH, poder Tampón (PT) y concentración de productos ácidos (% de la materia seca) en diferentes tratamientos pre-ensilaje (adaptado de Tosi et al, 1994).

<i>tratamientos</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Materia seca (%)	23,0 a	27,0 b	54.4 c	54.0 c
pH	5.0 a	4.1 b	5.6 c	5.6 c
PT (mg HCl/100g ms)	137.0 a	108.0 b	68.0 c	73.0 c
Acido acético	5.5 a	2.8 b	0.5 c	0.7 c
Acido propiónico	0.3 a	0.5 b	0.4 ab	0.5 b
Acido butírico	0.34 a	0.02 b	0.01 b	0.02 b
Acido láctico	6.2 a	16.1 b	0.9 c	2.1 c.

Tratamientos:

A Control: ensilaje de corte directo.

B Ensilaje de corte directo más 4% de melaza.

C Premarchitado durante seis horas.

D Premarchitado durante seis horas más 4% de melaza.

* Valores en la misma línea seguidos de igual letra no difieren estadísticamente ($P>0.05$) por la prueba de Tukey.

En el mismo sentido Dulphy y Demarquilly, (1981), señalan los niveles de acidez máximos aceptables para lograr estabilidad en el ensilaje en función de la materia seca. Por debajo de esos valores los fermentos butíricos no se desarrollan lo que resulta en una conservación adecuada (cuadro 2).

Cuadro 2:

Valores de pH aceptables para diferentes niveles de materia seca (Dulphy y Demarquilly, 1981).

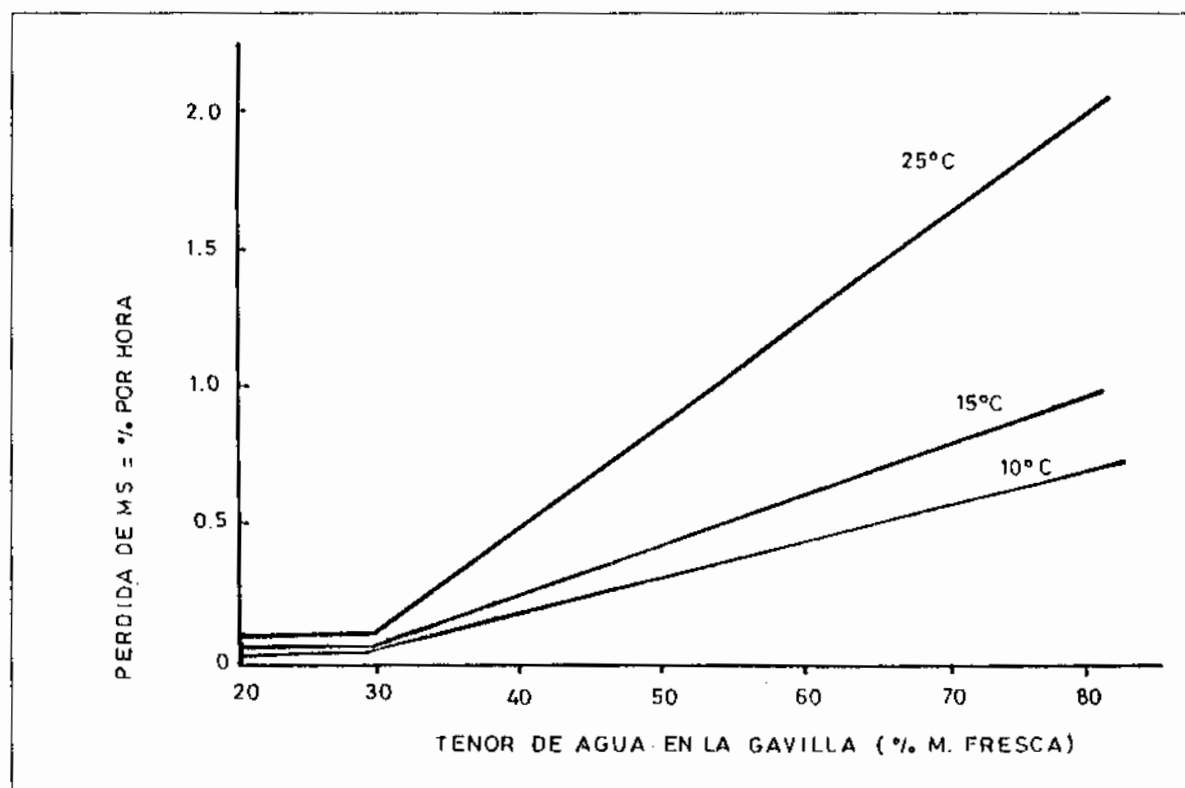
% materia seca	pH
15 a 20	menor a 4
20 a 25	menor a 4,2
25 a 30	menor a 4,4
30 a 35	menor a 4,6
35 a 40	menor a 4,8

Mello et al., (1996) en un relevamiento y seguimiento de pasturas en situaciones productivas para las condiciones de nuestro país, concluyen que para los forrajes premarchitados durante 24 horas se logran adecuadas condiciones de conservación a pesar de los altos pH registrados a los 30 días de la construcción del silo (valores situados entre 4,96 y 5,55). Señalan además que el tratamiento no afectó los contenidos de PC (Proteína Cruda) y FDN (Fibra detergente neutro), atribuyendo las pérdidas de materia seca al consumo de carbohidratos solubles en los procesos respiratorios ocurridos durante el marchitado.

Con relación a este efecto Parke, Dumont y Boyce, (1978), citados por Demarquilly, (1987) presentan la variación en la tasa de pérdida de materia seca en función del contenido de agua del forraje en la gavilla. Señalan que a medida que aumenta la temperatura, la variación de la tasa de pérdida es más pronunciada. Se observa que a tenores inferiores a 30% de agua la tasa de pérdida de materia seca es insignificante independientemente de la temperatura. (Figura 4)

Figura 4:

Influencia del tenor de agua del forraje en la gavilla, sobre las pérdidas de MS por respiración en tres niveles de temperatura (Parke, Dumont y Boyce, 1978, citados por Demarquilly, 1987)



Nicola (1996), para las condiciones de nuestro país comparó los efectos del premarchitado de forraje de alfalfa sobre la composición química y calidad fermentativa del ensilado conservado en microsilos. El premarchitado no influyó sobre los componentes químicos y la calidad fermentativa. A pesar de no alcanzar condiciones satisfactorias de fermentación se obtuvieron bajos niveles de amonio en el tratamiento premarchitado por lo que concluye la existencia de un bajo nivel de proteólisis.

B: disminución de los niveles de pérdidas por efluentes:

El volumen de efluentes líquidos depende principalmente del contenido de agua del forraje sometido a ensilaje.

Bastiman (1976) citado por Mc. Donald (1981) a partir del relevamiento de 50 silos del tipo trinchera durante 16 años, concluye que a partir de un 29% de materia seca del forraje ensilado no se registra pérdida por efluentes.

Otros factores como tipo de silo y grado de consolidación pueden influir en la cantidad de efluentes líquidos provenientes del forraje ensilado. (Mc Donald, 1981)

C: Mejora del consumo

El marchitado del forraje para ensilar mejora el consumo del ensilado. Además de aumentar el contenido de materia seca, la disminución de los procesos fermentativos determina una disminución en el contenido de ácidos orgánicos. Este cambio en la composición del producto ofrecido en la dieta animal resulta en un aumento de su consumo.

Investigaciones de Jackson y Forbes, (1970), citados por Ekern y Vik-Mo (1983) concluyen que el máximo consumo de materia seca se registra con materiales ensilados con 32% de materia seca (cuadro 3).

Cuadro 3:
Nivel de ácidos, digestibilidad y consumo de ensilados con diferente contenido de materia seca (Jackson y Forbes, 1970; citados por Ekern y Vik-Mo, 1983)

	% materia seca al ensilar			
	19.0	27.3	32.3	43.2
Acido acético (% de la ms)	3.16	1.41	0.66	0.99
Acido láctico (% de la ms)	7.05	5.54	4.54	3.16
Digestibilidad de la ms (%)	74.0	71.4	68.5	70.4
Consumo de ms: $\text{g (kgPV}^{0.73})^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$	78.4	89.9	95.5	92.8
Consumo de MOD: $\text{g (kgPV}^{0.73})^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$	53.0	58.1	59.6	59.6

Gordon et al. (1965) citados por Ekeñ y Vik-Mo (1983) obtuvieron buenas respuestas en el consumo de vacas lecheras en ensilados con hasta un 50% de materia seca.

2.4 TASA DE DESHIDRATACIÓN

De notoria importancia resulta la evaluación del tiempo necesario para elevar el contenido de materia seca del forraje luego de su corte, el que influirá directamente en los niveles de pérdidas de materia seca así como en la calidad de la materia orgánica sometida a ensilaje.

La continuidad de los procesos respiratorios y enzimáticos hidrolíticos en forma paralela al proceso de marchitado resulta en una disminución de los niveles de carbohidratos solubles y proteínas, principales factores que inciden en la explicación de las pérdidas anteriormente citadas. A pesar de esta disminución, la concentración de estas fracciones aumenta ya que la velocidad de pérdida de agua es mayor que la de consumo de carbohidratos.

La tasa de deshidratación puede expresarse en puntos de tenor de materia seca ganados o bien en puntos de tenor de agua perdidos, ya sea por día o por hora. Para la cuantificación del fenómeno físico de la evaporación muchos experimentos evalúan el contenido de agua con relación a la materia seca del forraje. Resulta entonces apropiado para expresar la magnitud de la velocidad de desecación la utilización del parámetro Kg. de agua evaporada por Kg de materia seca por unidad de tiempo (Cabon, 1987).

Se debe señalar además que el tiempo necesario para la disminución del contenido de humedad significará una exposición a los agentes climáticos que podrán evolucionar a condiciones adversas para el secado pudiendo resultar en importantes niveles de degradación del forraje disponible.

2.4.1 Vías de desecación post-corte:

La pérdida de agua de una planta ocurre a través de dos vías diferentes:

2.4.1.1 Estomas

Estas estructuras intervienen en la dinámica del agua de las plantas regulando la transpiración, la que dependerá del grado de apertura estomática. Dicho carácter varía periódicamente en función de su turgencia y la luminosidad, la humedad del aire, la temperatura, etc.

Si en el momento de realizar el corte los estomas se encuentran abiertos estos permanecerán así por una o dos horas, resultando en una rápida pérdida de agua debido a la facilidad de difusión del vapor de agua hacia el exterior. Los estomas foliares se cierran cuando la pérdida de agua se aproxima al 15 % de peso de la hoja, alcanzando a representar como máximo una disminución del 20 al 30% del contenido de agua de la planta. (Harris y Tullberg, 1980 citados por Demarquilly, 1987).

2.4.1.2 Cutícula

Se trata de la membrana que cubre externamente las células epidérmicas. Sus funciones principales son la protección de las células foliares ante la abrasión física de los agentes externos así como evitar la lixiviación de sustancias hidrosolubles de las células epidérmicas sometidas a la acción de la lluvia y el rocío.

La pérdida de agua a través de esta membrana es más lenta que la estomática fundamentalmente por la capa exterior de ceras que la constituye.

2.4.2 Cinética de la desecación

En etapas iniciales del proceso de marchitamiento la mayor parte de las pérdidas de agua suceden a través de los estomas por evaporación de agua presente en las superficies húmedas del mesófilo próximo a las cavidades subestomáticas. Es así que inicialmente se registran mayores tasa de desecación puesto que el agua está fácilmente disponible.

Jones y Harris, (1980), citados por Cabon, (1987) señalan que el ritmo de desecación inicial es aquel equivalente a la tasa de evapotranspiración destacando que de mantenerse esa velocidad se obtendrían importantes pérdidas de humedad a lo largo de una jornada.

Luego de un tiempo variable según las especies vegetales y las condiciones ambientales la tasa de secado disminuye debido al colapso de las aberturas estomáticas. A partir de ese momento la evaporación principal sucede a través de la cutícula siendo más o menos versátil en función de su espesor (Sullivan, 1973; citado por Mc. Donald, 1981).

La epidermis ofrece una resistencia a la pérdida de agua al menos diez veces superior a aquella ocurrida a través de los estomas. El ataque de la cutícula cerosa por diversos procedimientos físicos y químicos puede disminuir su resistencia a la desecación resultando en un aumento en la tasa de deshidratación (Cabon, 1987)

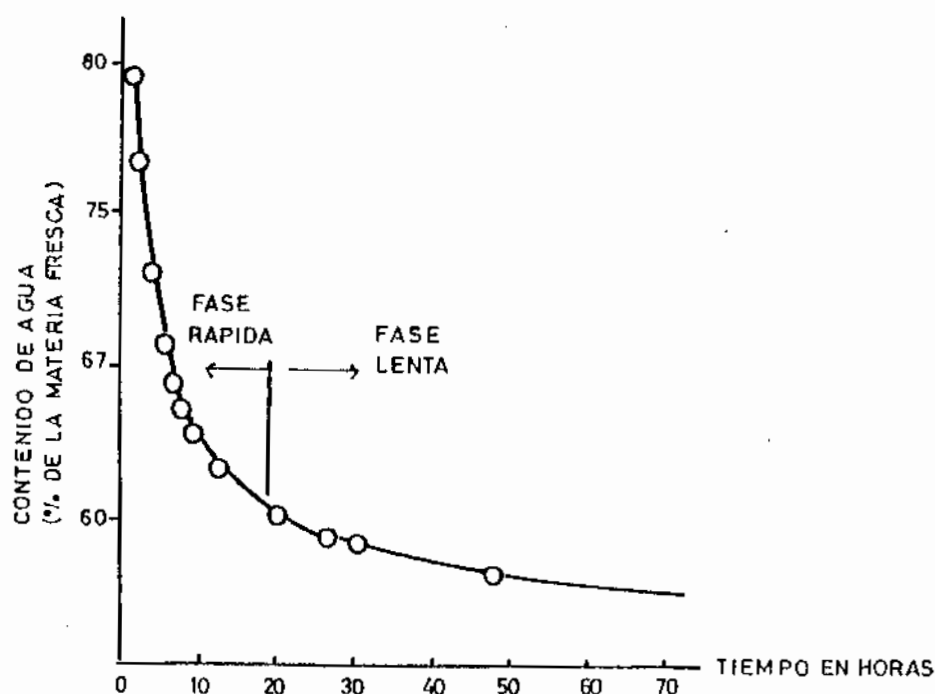
Trabajos de laboratorio bajo condiciones controladas permiten estudiar las curvas de desecación de materiales sometidos a temperatura, humedad relativa y velocidad del viento constante luego de su corte.

Los resultados con forraje de Raygrass obtenidos por Jones, (1979) citado por Demarquilly, (1987) son ilustrativos del comportamiento del forraje sometido a desecación. Se visualizan dos fases claramente distinguibles por las diferentes velocidades de pérdida de agua involucradas (Figura 5)

A: Una fase inicial de rápida pérdida de agua a la cual asocia la evaporación del agua dispuesta en los espacios intercelulares y dentro de los vasos.

B: Una fase lenta posterior correspondiente a la eliminación de agua celular, fundamentalmente la del citoplasma.

Figura 5:
Curva de desecación de Raygrass sometido a un flujo de aire de 20°C, 50% de humedad relativa y una velocidad de 1m/s (adaptado de Jones, 1979; citado por Demarquilly, 1987)



2.4.3 Factores que afectan la tasa de deshidratación

El tiempo de marchitado dependerá de diversos factores como se resume en el cuadro 4.

Cuadro 4:

Factores que inciden sobre la tasa de marchitado (Pigurina, 1997; Mc. Donald, 1981).

A: Características del cultivo	* Composición: especies estado de desarrollo * Estructura * Disponibilidad
B: Condiciones ambientales Acción de agentes climáticos	* Temperatura * Humedad relativa * Velocidad del viento
C: Manejo post-corte	* Acondicionamiento del forraje * Hilerado.

Como se observa en el cuadro anterior, los factores que afectan la tasa de deshidratación pueden resumirse en aquellos referidos a las características del forraje segado y de los agentes climáticos responsables de la evaporación de agua. No obstante las características del manejo post - corte pueden afectar la velocidad de pérdida de agua

2.4.3.1 Factores de la planta o del cultivo

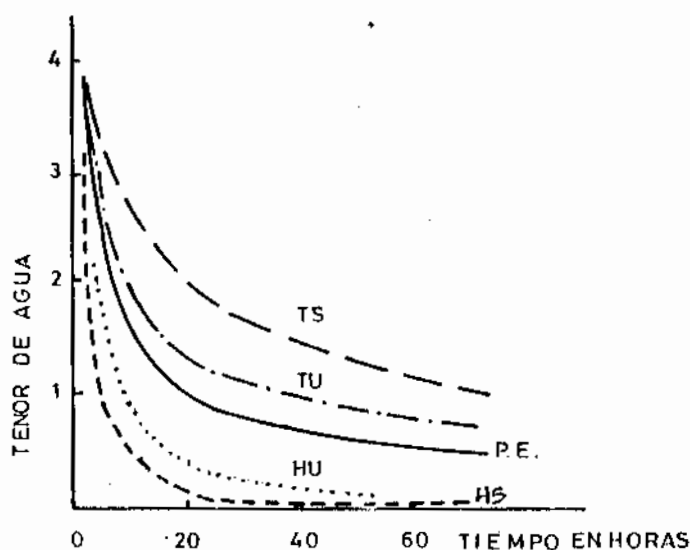
Los factores relacionados con las características de las pasturas pueden sintetizarse en los siguientes:

2.4.3.1.1 Relación hojas /tallos

Genéricamente se puede afirmar que la velocidad de desecación será mayor para las hojas con relación a los tallos. Esta diferencia puede explicarse por su mayor relación Superficie / Volumen; sumándose además la mayor densidad estomática y la menor resistencia cuticular al pasaje de agua de las hojas (Demarquilly, 1987)

Experiencias desarrolladas en forraje de Raygrass por Jones, (1979), citado por Demarquilly, (1987) verifican esta característica señalando además diferencias de comportamiento en la variación de la tasa de secado entre hojas y tallos cuando estos órganos están unidos o separados entre sí (Figura 6).

Figura 6:
Curva de desecación de Raygrass (20°C, 50% HR, 1 m/s). Comportamiento de tallos y hojas unidos y separados (adaptado de Jones, 1979; citado por Demarquilly, 1987).



PE = Planta entera	
TS = Tallos separados de las hojas	HS = Hojas separadas de los tallos
TU = Tallos unidos a las hojas	HU = Hojas unidas a los tallos

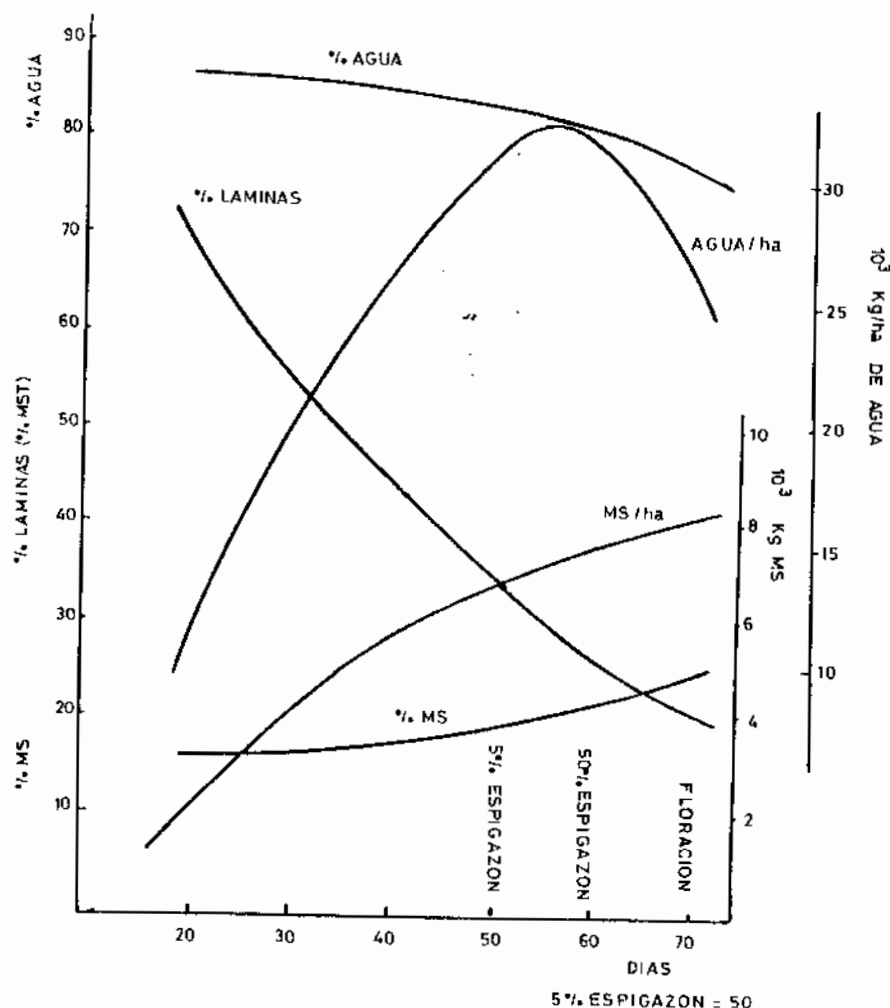
A nivel de tallos es más rápida la pérdida de agua cuando estos se encuentran unidos a las hojas con respecto a cuando están separados. En este caso parte del agua de los tallos se pierde a través de las hojas; las que contrariamente por esta razón retardan su secado.

El volumen de agua que se perderá rápidamente en la fase inicial de secado corresponderá a una alta proporción del agua de las hojas y a la parte del agua de los tallos que se pierde por intermedio de ellas. Así la proporción de agua de la planta que se perderá en esta fase dependerá de la relación hojas tallos. A mayor proporción de hojas en la masa vegetal más alta será la velocidad de secado (Demarquilly, 1987)

2.4.3.1.2 Materia seca al corte.

Se ha observado que el tiempo de secado disminuye a medida que aumenta el contenido de materia seca al momento del corte (Luder, 1974, citado por Demarquilly, 1987). En la figura 7, se esquematiza la evolución de la materia seca, porcentaje de hojas, tenor de agua, agua por hectárea y rendimiento de pastura de Raygrass en primer ciclo vegetativo.

Figura 7:
Evolución de la materia seca, porcentaje de hojas, tenor de agua, agua por hectárea y rendimiento de pastura de Raygrass en primer ciclo vegetativo (adaptado de Demarquilly, 1987).



2.4.3.1.3 Rendimiento del cultivo.

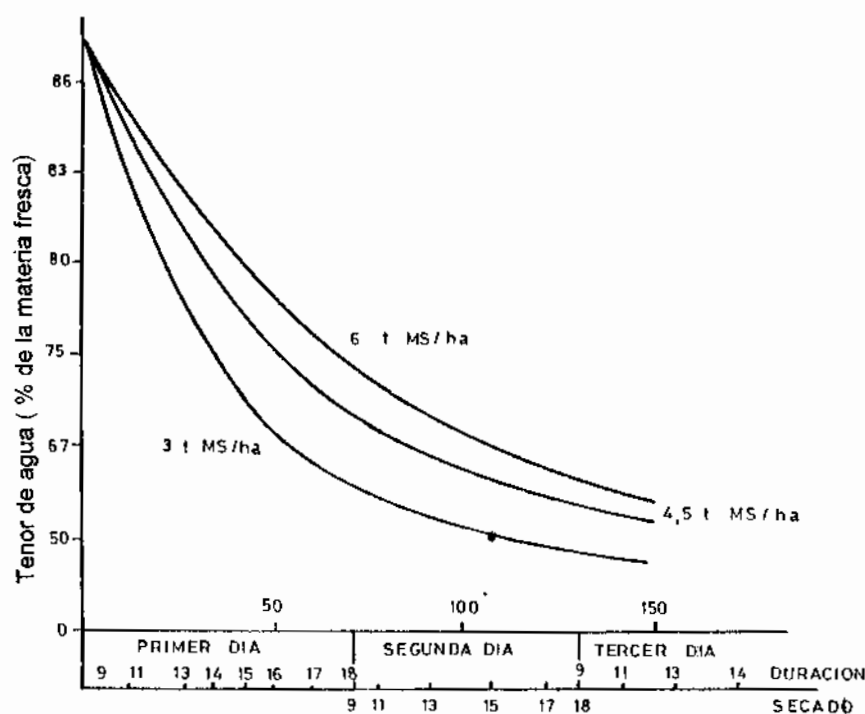
La cantidad de materia seca por unidad de área disponible en una pastura o cultivo determinará el tamaño de la gavilla resultante de su corte.

Se deberá considerar además la interacción entre el tipo de material vegetal y la maquinaria utilizada con relación a las características del producto obtenido de la operación de corte.

La forma, dimensión y disposición de la gavilla influyen también en las características de la tasa de deshidratación del forraje segado, a través de su incidencia en la dinámica del aire próximo al forraje (Mc. Donald, 1981). Gavillas grandes, densas y compactas resultarán en menores tasas de secado debido a las menores posibilidades de aereación de su interior.

Luder (1974), citado por Demarquilly (1987) presenta las curvas de evolución de la materia seca para diferentes niveles de producción por hectárea para pradera temporal de primer año (Figura 8). Obsérvese que la tasa de secado es más lenta para los mayores rendimientos.

Figura 8:
Curva de evolución del tenor de agua durante el secado en función de la disponibilidad de forraje de pradera de primer ciclo (adaptado de Luder, 1974; citado por Demarquilly, 1987)



Este autor plantea además que la influencia del rendimiento en la velocidad de desecación es significativa en forrajes jóvenes, atenuándose el efecto en estados avanzados de desarrollo, a partir de floración.

Beckoff (1975), citado por Cabon (1987) señala en el mismo sentido la *influencia negativa de la fertilización nitrogenada sobre la velocidad de desecación* lo que se explica principalmente por el mayor rendimiento de los forrajes a medida que mejora el suministro de nutriente.

2.4.3.2 Factores climáticos

La incidencia de los factores climáticos es de crucial importancia en el análisis de la tasa de deshidratación. La velocidad de evaporación del agua del forraje dependerá de la energía disponible para que ocurra dicho fenómeno y del gradiente de humedad que se genere entre la planta y la atmósfera.

Los principales parámetros climáticos destacados por varios autores (McDonald, 1981; Thomas y Morrison 1985; Demarquilly, 1987) son:

- la temperatura
- la humedad relativa del aire
- la velocidad del viento
- La radiación solar.

El cuadro 5 sintetiza los mecanismos de acción de cada factor climático sobre la tasa de deshidratación así como su efecto sobre la misma.

Cuadro 5:

Respuesta de la tasa de deshidratación (TD) ante un incremento en la magnitud de los principales factores climáticos (FC).

FC	mecanismo de acción en la deshidratación	TD
Temperatura del aire	energía para evaporación presión de saturación vapor del aire	+
Radiación solar	energía para evaporación temperatura de aire	+
Humedad relativa del aire	gradiente de humedad atmósfera - forraje segado	--
Velocidad del viento	renovación de aire próximo al vegetal equilibrio higroscópico	+

2.4.3.2.1: La temperatura.

El papel de la temperatura del aire es relevante ya que el pasaje del agua de estado líquido, en el forraje, a gaseoso para ser transferido a la atmósfera (evaporación) es un proceso endotérmico, es decir consume calor.

2.4.3.2.2: Humedad relativa del aire

La humedad relativa (HR) es el parámetro comúnmente utilizado para expresar el contenido humedad de la atmósfera. Expresa la relación porcentual entre la presión de vapor real (PVR) y la presión de vapor de saturación (PVS), para una determinada temperatura. El déficit de presión de vapor del aire (DS), es decir la diferencia entre la PVR y la PVS condiciona la capacidad de absorción de agua por el aire.

Cuanto mayor sea el déficit de presión de vapor del aire mayor gradiente de humedad existirá entre éste y la masa de forraje, por lo tanto aumentará su capacidad de absorción de agua (Sullivan, 1973, citado por Thomas y Morrison 1985; Demarquilly, 1987).

Este equilibrio higroscópico se establece específicamente entre el tenor de agua del forraje y la humedad relativa de la atmósfera en la proximidad del vegetal (Cabon, 1987).

Inmediatamente después del corte, la proporción de agua del forraje es elevada (valores cercanos al 80%) por lo que en las condiciones en que normalmente se decide la cosecha de forraje ocurrirá un flujo de humedad hacia la atmósfera.

Luder, (1982), citado por Cabon, (1987) propone definir a la capacidad de evaporación diaria como la sumatoria de los déficits de saturación (DS) en cada hora, registrados desde la hora 8:00 hasta las 17:00. Estos déficits de saturación se pueden expresar en gramos de agua por metro cúbico de aire, es decir la cantidad de agua necesaria para llevar ese volumen a saturación. El parámetro definido permite caracterizar la calidad de una jornada para el secado del forraje.

Cuando la materia seca del forraje es elevada, el fenómeno de equilibrio higroscópico interviene también para limitar el proceso de secado. En estas circunstancias es posible que ocurra rehumidificación del forraje cuando un aumento en la humedad relativa del aire invierte el flujo de humedad hacia el forraje (Cabon, 1987).

2.4.3.2.3. Velocidad del viento

El viento es responsable de la renovación del aire próximo a la superficie vegetal para de esa manera retirar el aire cargado de humedad en equilibrio higroscópico y regenerar el gradiente de presión de vapor necesario para que ocurra desecación (Demarquilly, 1987).

Su accionar dependerá de las posibilidades de penetración en la gavilla, la que variará en función de su textura y tamaño. Es parcialmente responsable de la estratificación en el contenido de materia seca que se observa en una acumulación de forraje verde sometido a marchitamiento debido a que externamente su efecto es máximo, disminuyendo gradualmente a medida que se profundiza en la gavilla (Mc. Donald, 1981)

2.4.3.2.4. Radiación solar

La radiación solar es la principal fuente de energía para los procesos de evaporación del agua contenida en los forrajes. Participa además indirectamente como fuente de energía para el calentamiento de la superficie terrestre y el aire atmosférico.

Su efecto es máximo en los primeros centímetros de la gavilla. Jones y Harris (1980), citados por Cabon (1987) señalan que en la superficie de la gavilla se utiliza el 80 % de la radiación solar recibida para la desecación del forraje. Dos centímetros por debajo la radiación recibida es la mitad que en superficie, mientras que en la base de la misma no representan más que el 10%. Este fenómeno contribuye igualmente a establecer estratificación en el contenido de materia seca del forraje constituyente de la gavilla durante el período de secado

2.4.4 Valores de tasas de deshidratación obtenidos experimentalmente

El cuadro 6 reúne los resultados presentados por diferentes autores con relación a las tasas de deshidratación de diferentes forrajes. Todos ellos carecen de información respecto a las condiciones climáticas durante el desarrollo de los experimentos.

Cuadro 6

Valores de tasas de deshidratación (TD) citados por diferentes autores.

Cultivo	TD (%MS/hora)	País/región	mes;día t(°C)	tiempo de secado (horas)	Autor/año
Alfalfa (2° corte, 81% leguminosas)	6	Uruguay	Diciembre, 8 24,7°C	6	Nicola (1996)
Alfalfa	5 – 6	Brasil (SP)	—————	6	Tosi et al.(1994)
Raygrass	0,5	Inglaterra	Julio, 24	48	Clark et al.(1977)
Trigo	0,4	Uruguay	Octubre	35	Pigurina (1990)
Pasturas	0,5 – 1	Reino Unido	—————	—	Thomas et al(1985)

El análisis de los valores de tasas de deshidratación referidos permite resaltar el efecto de prolongados períodos de deshidratación sobre la tasa promedio de secado.

Los bajos valores obtenidos en las últimas experiencias resumidas responden a la incidencia de intervalos durante los cuales no se registra deshidratación e incluso es posible la rehumidificación del forraje. Estos intervalos coinciden con las noches; horas de la tarde avanzada e inicio de la mañana, momentos durante los cuales son frecuentes las condiciones de elevada humedad relativa y baja temperatura. Las tasa de deshidratación registradas en esas horas deprimen los valores promedios para la totalidad del período evaluado.

Clark y Mc Donald (1977), citados por Mc Donald, (1981) en su experiencia en marchitado de Raygrass durante 48 horas plantean distintos factores como intervinientes en la variación de la tasa de evaporación a lo largo de la segunda jornada del ensayo: 24 de Julio en Inglaterra. Se concluyen

variaciones significativas en la interacción entre el forraje y la atmósfera a lo largo de la jornada de deshidratación.

Desde la salida del sol hasta la hora 9 la radiación solar es muy pobre y se registra un bajo déficit de presión de vapor de la atmósfera. A pesar de la también baja resistencia a la evaporación de la gavilla, resulta en esta etapa una limitada pérdida de humedad del forraje debido al escaso poder de evaporación de la atmósfera.

Entre la hora 9 y el mediodía la energía de radiación solar aumenta hasta un máximo provocando una alta tasa de evaporación tanto del agua de la superficie externa vegetal (proveniente del rocío o lluvia) como del agua de composición interna.

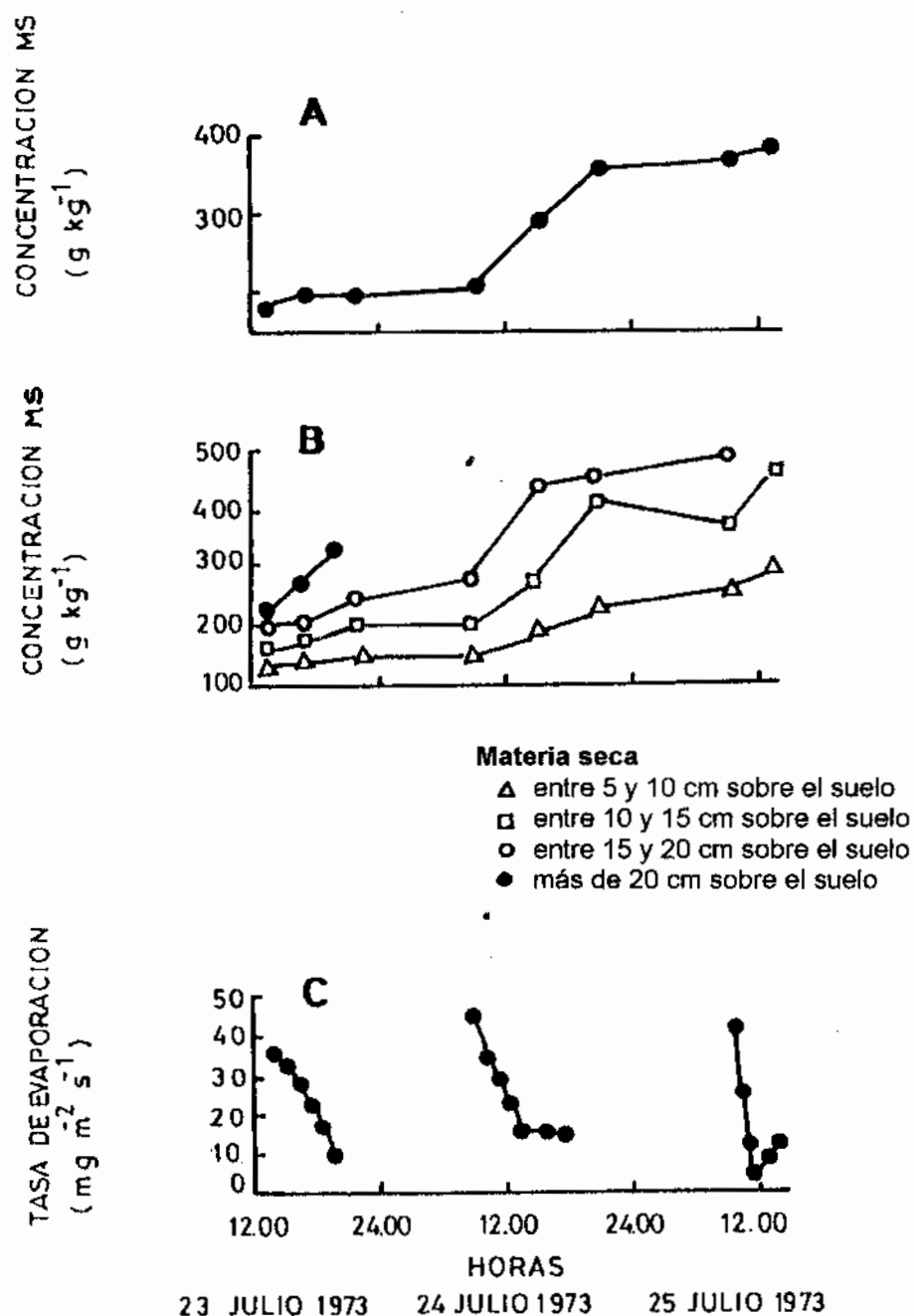
Durante la mañana las altas tasas de secado responden por un lado a la disponibilidad de energía solar cuyos máximos coinciden con horas del mediodía, sumado al progresivo aumento del déficit de presión de vapor.

Entre la hora 12 y las 18 la energía proveniente de la radiación solar declina gradualmente así como lo hace la proporción de la misma destinada a la evaporación de la humedad del forraje. Se produce por esa razón un calentamiento de la gavilla. Durante la tarde el aumento de la resistencia a la evaporación del agua de la gavilla contribuye al gradual enlentecimiento de la velocidad de secado.

En la figura 9; se observa la variación del contenido de materia seca de la gavilla durante el período de marchitado para el experimento anterior, así como la su variación entre diferentes niveles y la tasa de evaporación para los períodos considerados.

Se observa en la figura 9A que los intervalos en que no se registra aumento de la materia seca coinciden con horas de la noche (18 a 10 hs), período en el cual no se registran condiciones favorables para la deshidratación.

Figura 9:
Evolución de la materia seca y tasa de evaporación en la gavilla para el marchitado de Raygrass durante 48 horas (adaptado de Mc Donald, 1981).



3. MATERIALES Y MÉTODOS:

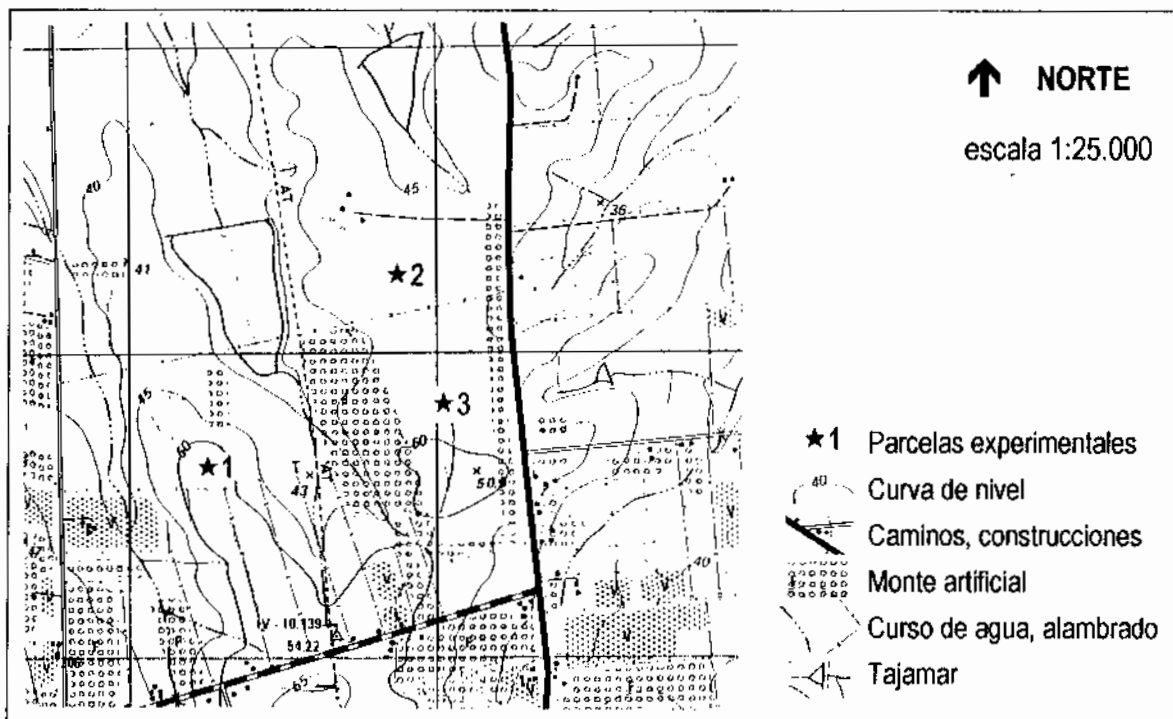
3.1 LOCALIZACIÓN

El ensayo se realizó durante la primavera del año 1997 en la Estación experimental: "Centro Regional Sur", de la Facultad de Agronomía, ubicada en la localidad de Juanicó, departamento de Canelones / Uruguay (coordenadas geográficas: $x: -56^{\circ} 13'$ $y: -34^{\circ} 35'$)

En ese predio se seleccionaron tres pasturas de Alfalfa (*Medicago sativa*) de edad contrastante y con diferente posición en relación a la insolación, con el objetivo de considerar variación en las características del forraje sometido a ensayo.

La figura 10 representa esquemáticamente la ubicación de las pasturas en el campo experimental. Según la carta de Suelos a escala 1:10.000 elaborada por Califra et al. (1995), las mismas se disponían sobre Brunosoles y Vertisoles, correspondiendo a asociaciones de la Unidad Tala – Rodriguez (Duran, 1976).

Figura 10:
Ubicación de las parcelas en el predio de la Estación experimental.



3.2 PASTURAS UTILIZADAS

El cuadro 7 presenta las características de las tres pasturas seleccionadas. En cada una se denominan respectivamente Alfalfa 1, 2 y 3 a los tapices de primer corte estacional mientras que Alfalfa 4, 5 y 6 a los correspondientes rebrotes (segundo corte estacional) que se incorporan a ensayo luego de transcurridos aproximadamente 45 días luego del corte inicial.

Cuadro 7:

Resumen de las características de las pasturas utilizadas en el ensayo.

Pastura	Pastura 1 (P1)	Pastura 2 (P2)	Pastura 3 (P3)
Primer corte	Alfalfa 1 (A1)	Alfalfa 2 (A2)	Alfalfa 3 (A3)
Segundo corte	Alfalfa 4 (A4)	Alfalfa 5 (A5)	Alfalfa 6 (A6)
Edad	Primer año	Tercer año	Tercer año
Fecha de siembra	Abril 1997	Marzo 1995	Marzo 1995
Situación topográfica	Planicie elevada	Ladera plana	Ladera plana
Pendiente media	0 - 1,5%	1,5 - 3 %	1,5 - 3 %
Inclinación	-----	Sur	Norte

3.3 PROCEDIMIENTOS:

3.3.1 Cortes:

Las pasturas sometidas a ensayo fueron segadas por primera vez en seis fechas durante la primavera en intervalos de aproximadamente 15 días. La incorporación de los rebrotes para la evaluación del segundo corte estacional se realizó en la 4ta, 5ta y 6ta fecha correspondiendo a los rebrotes de las pasturas sometidas a primer corte en la 1ra, 2da y 3ra fecha respectivamente.

La decisión de corte fue tomada en función de las características del tiempo, evitando días con alta probabilidad de precipitaciones o bien condiciones de alta humedad del suelo por precipitaciones anteriores.

En el cuadro 8 se esquematiza las fechas de corte y las pasturas sometidas a ensayo en cada oportunidad.

Cuadro 8:

Esquema de las pasturas sometidas a cortes en cada fecha

Pastura 1			Pastura 2			Pastura 3		
Alfalfa 1	Alfalfa 4	días rebrote	Alfalfa 2	Alfalfa 5	días rebrote	Alfalfa 3	Alfalfa 6	días rebrote
1er. corte	2do. corte		1er. corte	2do. corte		1er. corte	2do. corte	
29/9	17/11	49	29/9	17/11	49	29/9	17/11	49
20/10	2/12	43	20/10	2/12	43	20/10	2/12	43
4/11	17/12	43	4/11	17/12	43	4/11	17/12	43
17/11			17/11			17/11		
2/12			2/12			2/12		
17/12			17/12			17/12		

Los cortes se efectuaron próximos a la hora 10 de cada día para evitar la incidencia de humedad superficial proveniente del rocío sobre la pastura.

Para el corte se utilizó una segadora rotativa adosada a la parte anterior de un tractor birrodado marca "Yanmar" modelo TC 11, cuyo ancho operativo de corte es de 100 cm. El forraje se acumulaba lateralmente conformándose gavillas a partir del corte de dos pasajes contiguos y en sentido inverso. Estas estructuras se disponían sobre el campo en forma paralela distanciadas entre 1,80 y 2 m. Para cada pastura se construían 5 gavillas de aproximadamente 25 metros de largo

3.3.2 Muestreos

3.3.2.1 En la pastura.

Se tomaron muestras de las pasturas previo al segado, realizando para cada situación, cinco cortes de cuadros de 20 por 50 cm a 2,5 cm sobre la superficie del suelo. Se obtuvieron los siguientes datos de caracterización de forraje en pie:

- disponibilidad
- materia seca inicial.
- caracterización botánica: separando manualmente las fracciones:
 - Leguminosas (L),
 - Gramíneas (G),
 - No leguminosas ni gramíneas (NLG) y
 - Restos secos (RS).

3.3.2.2 En la gavilla:

A las dos horas de efectuado el segado se comenzó el muestreo de la gavilla repitiendo este procedimiento en intervalos semejantes hasta la hora 18 o bien cuando se consideró superado el 50 % de materia seca (Cuadro 9). Los mismos se efectuaron en las tres gavillas centrales para eliminar el efecto de borde de la parcela.

La técnica de muestreo consistió en la selección aleatoria de diferentes puntos de la gavilla donde se recolectaron muestras de entre 100 y 300 gramos de forraje fresco. Se realizaron 5 repeticiones para cada pastura en cada momento de muestreo. Las muestras consideraron la totalidad del perfil de la gavilla, observándose variación en el contenido de humedad entre la base y la parte superior de la misma.

Cuadro 9:

Esquema de los muestreos realizados en la pastura y gavilla:

Momento	Hora*	actividad	información extraída
M ₀ (inicial)	hora 10:00	muestreo de pastura	% ms, disponibilidad. comp. botánica
M ₁	hora 12:00	muestreo de gavilla	% ms
M ₅	hora 18:00	muestreo de gavilla	% ms

* Los muestreos se efectuaron en el entorno de las horas señaladas. El corte de las pasturas se realizó en forma consecutiva, insumiendo cada uno entre 20 y 30 minutos, manteniéndose dos horas entre los muestreos sucesivos sobre las gavillas.

3.4 ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA SECA DE LAS MUESTRAS:

El material recolectado en el muestreo de pastura y gavilla fue inmediatamente sometido a secado en estufa de aire forzado a 60°C hasta peso constante.

El contenido de materia seca se determinó por diferencia entre el peso de la muestra inicial y el remanente luego de su secado, desarrollando la siguiente ecuación (PI = peso inicial de la muestra y PF = peso final):

$$\% \text{ MS} = \left[1 - \left(\frac{\text{PI} - \text{PF}}{\text{PI}} \right) \right] \times 100$$

3.5 INFORMACIÓN METEOROLÓGICA:

Se utilizó la información registrada por la estación meteorológica del INIA - Las Brujas distante 15 Km del lugar del ensayo.

La información corresponde a la lectura de los siguientes parámetros climáticos durante las jornadas de secado, con frecuencia de una hora:

- *Temperatura (°C)*
- *Humedad relativa (%)*
- *Velocidad del viento (m/s)*

De la misma manera se obtuvo información diaria a lo largo de los meses de investigación para

- *Temperatura media (°C)*
- *Humedad relativa media (%)*
- *Velocidad del viento media (m/s)*
- *Evaporación de Tanque A (mm)*

En el anexo 1 se presenta el resumen de la información climática y de las pasturas obtenidas para la ejecución del trabajo.

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para obtener los valores de tasa de deshidratación para cada forraje en las sucesivas fechas de corte, la información obtenida se analizó utilizando las siguientes modelos:

$$y = a + bx + e_i$$

$$y = a + bx + cx^2 + e_i$$

donde: y = % materia seca
 x = hora del muestreo
 b y c = coeficientes de regresión que estiman la tasa de deshidratación.

Para estudiar los efectos de parámetros climáticos y de la pastura se analizó la evolución de % de materia seca en función de las variables registradas utilizando modelos de regresión múltiple. Para la selección de los modelos se utilizaron los procedimientos stepwise, forward y backward. Modelos con efectos significativos y con sentido lógico fueron considerados. Todos los análisis se hicieron utilizando el programa SAS V 6.12 (SAS Institute; Cary N.C., 1997)

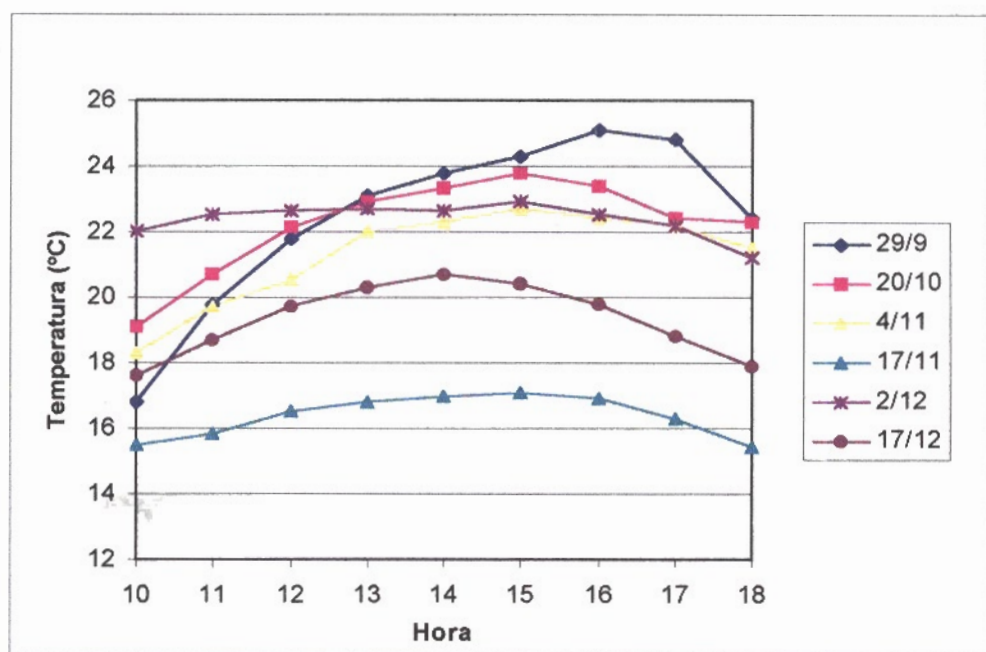
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

4.1 EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS CLIMÁTICOS:

4.1.1 Temperatura

Se registraron situaciones contrastantes con relación a las características de la temperatura del aire durante el período de deshidratación correspondiente a cada fecha de corte (figura 11):

Figura 11:
Evolución de la temperatura del aire (°C) durante los períodos de deshidratación (10:00 a 18:00 horas)



A: Jornadas de secado de baja temperatura media y escasa amplitud térmica. La jornada característica para esta situación corresponde al día 17 de noviembre, durante el cual se registró una temperatura máxima de 17,1°C a la hora 15:00. La temperatura mínima para el período de secado fue de 15,4°C a la hora 18:00. Situación similar pero de mayor temperatura máxima y amplitud térmica del período de secado corresponde al 17 de diciembre.

B: Jornadas de secado de alta temperatura media y escasa amplitud térmica durante el período de secado. Caso típico el 2 de diciembre durante el

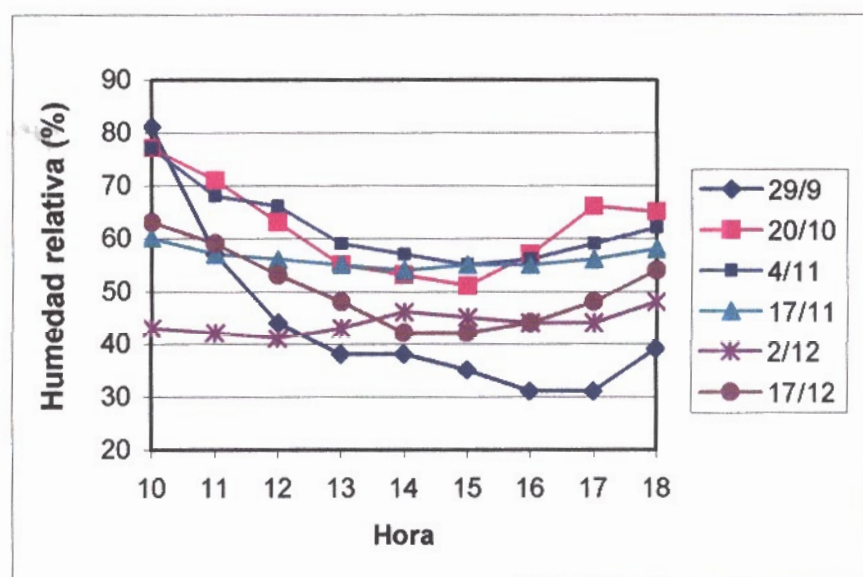
cual la temperatura máxima fue de casi 23°C y la mínima de 21,2°C a la hora 18:00.

C: Jornadas durante las que se registró una elevada temperatura máxima y una importante amplitud térmica. La fecha de primer corte, el 29 de setiembre corresponde a la situación más representativa de esta situación. A la hora 10 se registró una temperatura de 16,8°C mientras que a la hora 16:00 la misma era de 25,1°C (temperatura máxima registrada durante las jornadas de corte de forraje para este ensayo). Los días 20 de octubre y 4 de noviembre son similares en cuanto al comportamiento de evolución de la temperatura no siendo tan marcadas la temperatura máxima ni la amplitud térmica. Se destaca que las dos primeras jornadas de corte del ensayo durante los meses de setiembre y octubre corresponden a este tipo de jornada.

4.1.2 Humedad relativa

Es posible distinguir diversas situaciones del punto de vista de la humedad relativa para los períodos de deshidratación de forraje correspondientes a los días de corte considerados (figura 12):

Figura 12:
Evolución de la humedad relativa del aire (%) durante los períodos de deshidratación (10:00 a 18:00 horas



A: Jornadas de escasa amplitud en los valores de humedad atmosférica durante todo el período de secado. Dentro de esta categoría se distinguen:

* jornadas donde se registran bajos porcentajes de humedad relativa: corresponden a las jornadas del mes de diciembre siendo más evidente para el día 2 de este mes. Durante este día se registraron valores entre 40 y 50% para el periodo de secado entre las 10 y las 18 horas

* jornadas de mayor humedad relativa durante el período de secado, coincidentes con aquellas correspondientes a los meses de octubre y noviembre.

B: Jornadas de importante variación de los valores de humedad relativa

El 29 de setiembre se caracteriza por presentar los valores mínimos y máximos de los períodos considerados en el ensayo. A la hora 10 se registro un valor de 81% de humedad relativa mientras que para la hora 16 y 17 dicho parámetro descendió a 31%.

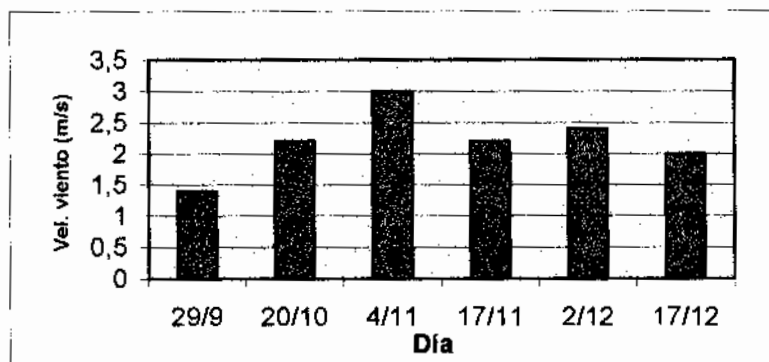
Se evidencia la dependencia de la humedad relativa con la temperatura del aire, la que influye sobre la capacidad de saturación de vapor de agua de la atmósfera. Para esa fecha se observó una evolución análoga para los valores de temperatura.

4.1.3 Velocidad del viento media

En la figura 13 se representa los valores medios de velocidad del viento para las jornadas de corte.

Figura 13:

Valores de velocidad del viento media (m/s) para los días de deshidratación de forraje



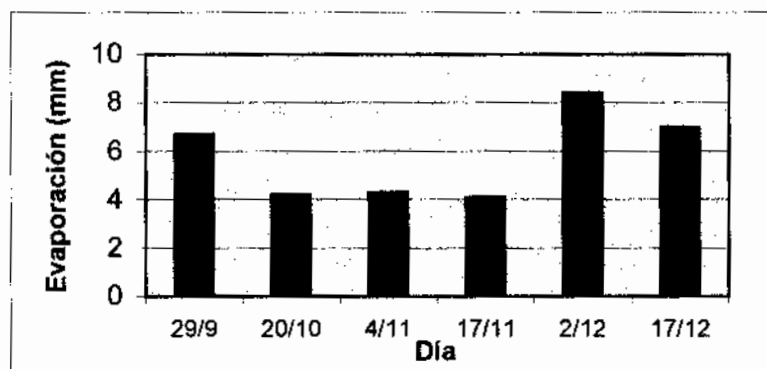
Con relación a estos es posible distinguir una jornada durante la cual se registró el valor medio mínimo de 1,4 m/s correspondiendo al 29 de setiembre; mientras que para el 4 de noviembre se registró el valor máximo de 3 m/s. Para las restantes jornadas se registraron valores intermedios entre 2 y 2,5 m/s.

4.1.4 Evaporación tanque "A".

En la figura 14 se representa los valores de este parámetro para las jornadas de corte experimentadas.

Figura 14:

Valores de evaporación de tanque "A" (mm) para los días de deshidratación de forraje



El valor máximo observado corresponde al día 2 de diciembre equivalente a 8 mm. Valores mínimos del orden de 4mm se registran para las fechas correspondientes a los meses de octubre y noviembre.

El análisis de los parámetros meteorológicos seleccionados permite establecer "a priori" situaciones más favorables para la evaporación de agua del forraje para el día 2 de diciembre: Temperatura media de 18,5°C, oscilando en el período de secado entre 22 y 23°C, sumado a una baja humedad relativa del aire la que para el mismo período varió entre 40 y 50%. Como corolario de esta interacción se registra para ese día el mayor valor de evaporación de Tanque "A" de los días de corte evaluados en el ensayo, superando los 8mm de altura de lámina de agua evaporada.

Las primeras tres jornadas consideradas representan las situaciones climáticas que es posible esperar para el inicio de la primavera. En los días más aptos para el secado es posible que la atmósfera registre condiciones favorables para la deshidratación pero las mismas se presentan durante intervalos de tiempo

pequeños en horas de la tarde. En este sentido se destaca la evolución de los parámetros meteorológicos observada para la primer fecha, correspondiente al inicio de la primavera (29 de setiembre). Se registran ese día altos valores de temperatura (25°C) y los menores tenores de humedad relativa (31%), pero a esa condición se llega recién a la hora 16, manteniéndose de manera similar solamente hasta la hora 17. Se observa además la mayor amplitud de estos parámetros para los períodos de secado considerados, registrándose a la hora 10 valores máximos de humedad relativa (81%) y una temperatura de 16,8°C.

Comportamiento similar, pero no tan pronunciado, presenta la segunda y tercera fecha (20 de octubre y 4 de noviembre).

4.2 COMPOSICIÓN BOTÁNICA.

La figura 15 muestra la proporción de las diferentes fracciones botánicas para las tres pasturas en las seis fechas de corte.

4.2.1 Pastura N°1

En todas las fechas la fracción leguminosa fue dominante y estuvo constituida exclusivamente por forraje de alfalfa

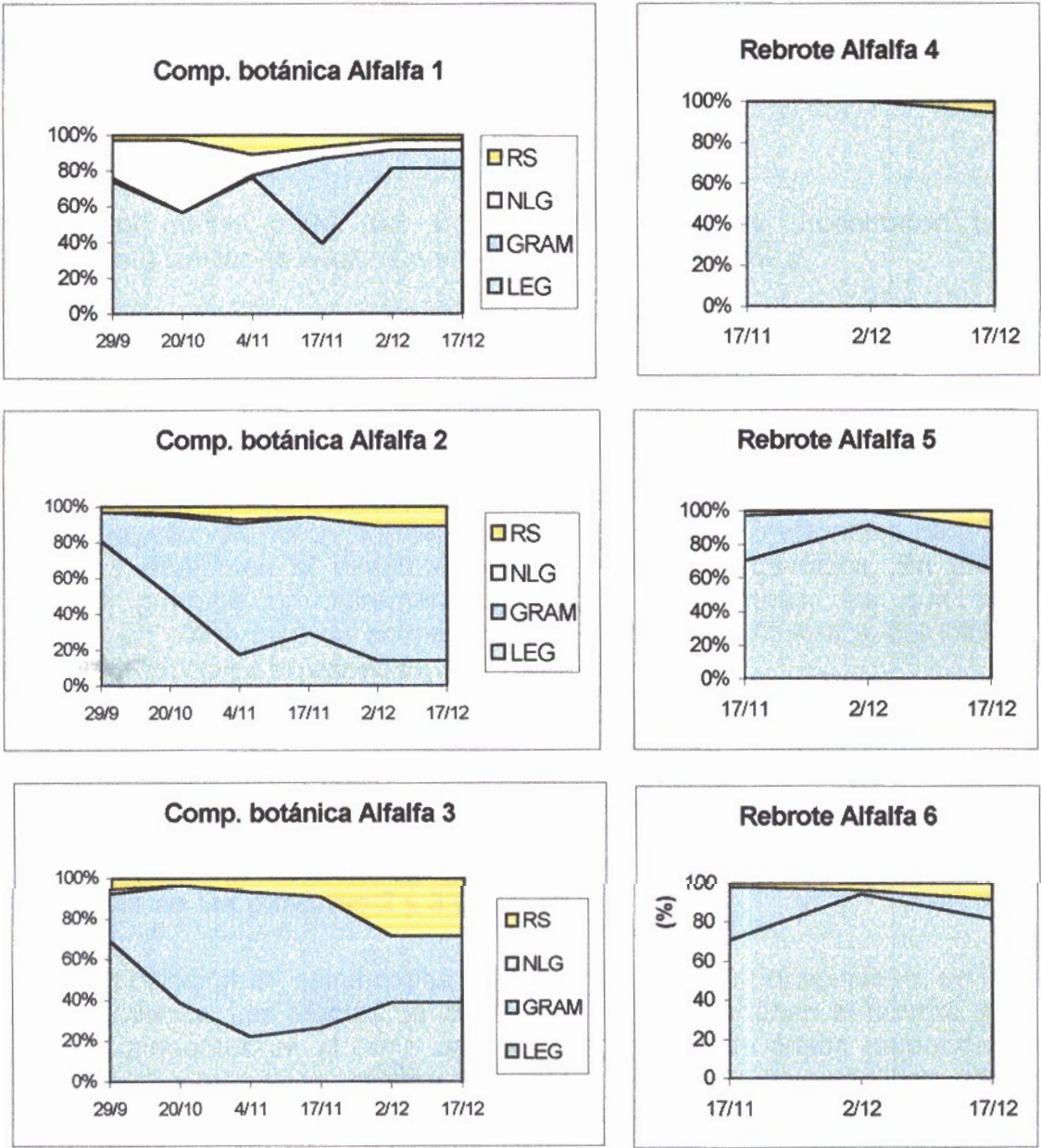
En las primeras dos fechas, en A1, se observa un destacable aporte de malezas no gramíneas; éstas superan en la segunda fecha el 40% de la materia seca disponible en ese momento. Se trata de malezas anuales invernales que surgen a partir del banco de semillas presente en el suelo y que se activan a partir de las labores de implantación de la leguminosa.

A partir de la tercera fecha, correspondiente al 4 de noviembre, estas malezas disminuyen su proporción por muerte de plantas que completan su ciclo. Esto explica el aumento de la fracción restos secos.

En la cuarta fecha, correspondiente al 17 de noviembre, continúa la disminución de este componente evidenciándose paralelamente un aumento en el aporte de la fracción gramínea. Estas especies adquieren importancia por el aumento en la producción de materia seca que caracteriza a las etapas reproductivas de gramíneas invernales espontáneas como Raygrass (*Lolium multiflorum*) y cebadilla (*Bromus, sp*).

Hacia el mes de diciembre pasa a dominar ampliamente la fracción leguminosa compuesta en su totalidad por alfalfa la que en este momento del año adquiere importantes tasas de crecimiento. Esta especie llega en esta etapa a constituir más del 80% de la materia seca de la pastura.

Figura 15:
Fracciones botánicas (%) de las tres pasturas sometidas a ensayo en las seis fechas de corte.



4.2.2 Rebrotos de la pastura 1 (A4):

Los rebrotos de esta pastura se caracterizaron por un dominio absoluto de la especie introducida. Este comportamiento se debe a la importante población presente en este momento debido a la reciente implantación. Sumado a esto las adecuadas propiedades ambientales para el desarrollo de esta especie redundaron en una superioridad competitiva frente a otras especies. El componente de restos secos que se visualiza en la última fecha se debe principalmente a hojas de estratos inferiores de la leguminosa que mueren por efecto del sombreado de los estratos superiores.

4.2.3 Pasturas N° 2 y 3.

Para el primer corte (A2 y A3) ambas pasturas presentaron un comportamiento similar de evolución en su composición botánica.

La fracción leguminosa es importante al inicio de la primavera, experimentando a partir de ese momento una fuerte caída en el aporte relativo. Dicho descenso se explica por el efecto competitivo de gramíneas invernales perennes que cumplen su fase reproductiva en esta estación del año.

En la primera fecha, la alfalfa presentaba una elevada proporción de estructuras vegetativas del ciclo anterior, las que resultaban ineficientes para la fotosíntesis y deprimían el desarrollo vegetativo de nuevos tallos. En esta situación se produce un incremento relativo de gramíneas, las que se encontraban en plena fase de acumulación de forraje, característica del inicio de etapas reproductivas en especies invernales.

El componente restos secos gradualmente aumenta su incidencia siendo especialmente importante en el mes de diciembre debido a la proporción de estructuras reproductivas secas, provenientes fundamentalmente de la fracción gramínea.

4.2.4 Rebrotos de las pasturas 2 y 3 (A5 y A6).

La composición de estas pasturas experimenta un enriquecimiento en la fracción leguminosa. Los efectos de la defoliación desencadenan el rebrote de las especies presentes en el tapiz vegetal. Las plantas de alfalfa responden favorablemente movilizandore reservas a nivel radicular y reestableciendo estructuras aéreas con elevada capacidad fotosintética en momentos de

adecuadas condiciones ambientales para su crecimiento (Harris, 1978 y Smethan, 1990; citados por Formoso, 1996)

Luego del primer corte (29 de setiembre) las gramíneas invernales rebrotan con mayor vigor que luego del 2º y 3º corte, debido a que en ese momento se encuentra en plena fase vegetativa, disponiendo todavía de reservas a nivel de sus macollos. Para la tercera fecha el nuevo incremento de la fracción gramínea se explica por el desarrollo inicial de especies estivales.

El componente restos secos al igual que en la pastura de primer corte experimenta un aumento gradual por muerte de hojas en estratos inferiores y la maduración de estructuras reproductivas hacia fines de la primavera.

Se destaca el efecto diferencial del momento del corte sobre la evolución de la composición del tapiz en las diferentes pasturas estudiadas (Carámbula, 1997). En todas las situaciones se verifica un aumento en la proporción de leguminosas explicado por la superioridad competitiva que resulta a partir de su rebrote en esta época del año.

En cortes tempranos en la primavera se observa que las gramíneas invernales generan nuevas hojas y macollos utilizando reservas aún disponibles, no siendo tan marcado el enriquecimiento en la fracción leguminosa.

Contrariamente, para cortes sobre el final de la primavera, es posible que participen en el rebrote gramíneas estivales que aprovechan la defoliación para ocupar espacios en el tapiz en momentos donde las condiciones ambientales son favorables para su desarrollo.

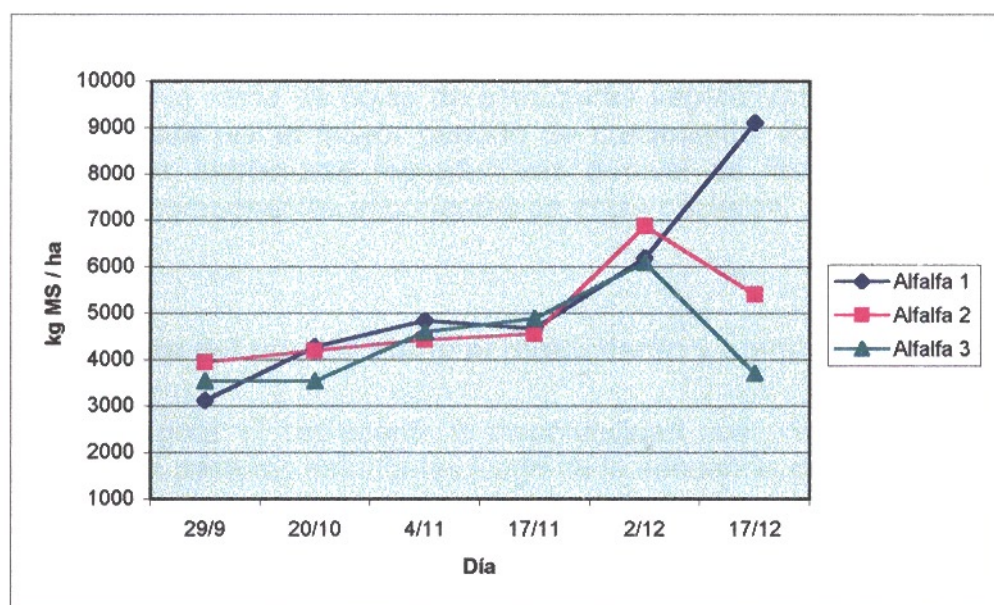
En pasturas de primer año no se visualiza el fenómeno debido a la ausencia de gramíneas perennes, sumado al vigor que presenta la leguminosa. En este caso resulta beneficioso el control de malezas anuales que por efecto de la defoliación temprana dejan de competir con la especie introducida y se impide la generación de semillas, actuando de esta manera sobre futuras generaciones.

Resulta estratégica la decisión del momento de corte principalmente para pasturas de mediana edad, pudiéndose alterar el aporte relativo de los diferentes componentes, según el objetivo productivo perseguido. De la misma manera es posible enlentecer la dinámica del enmalezamiento con gramíneas perennes estivales como *Cynodon dactylon*, aspecto que compromete la calidad y duración del recurso forrajero (Formoso, 1996).

4.3 RENDIMIENTO DE COSECHAS:

La figura 16 muestra la evolución de los rendimientos de cosecha de forraje de primer corte para las seis fechas seleccionadas.

Figura 16:
Rendimientos de cosecha (KgMS/ha) de pasturas según fecha de primer corte.



Se destaca un aumento gradual de la disponibilidad de forraje explicado por la acumulación de materia seca que se produce por el desarrollo de las plantas constituyentes de la pastura.

Los rendimientos iniciales al comienzo de la primavera (29 de setiembre) oscilaron entre 3000 y 4000 KgMS/ha.

Hacia principios de diciembre dichos valores aumentaron a niveles entre 6000 y 7000 KgMS/ha, deduciéndose una tasa promedio de acumulación de materia seca que oscila entre los 40 y 47 Kg de materia seca por hectárea y por día determinados respectivamente para la pastura 3 y 1. Posteriormente se observa que la pastura de primer año continúa acumulando materia seca aún a tasas mayores mientras que las pasturas de tercer año experimentan una pérdida importante de materia seca siendo más pronunciada para la pastura localizada en la ladera norte (pastura N°3).

Para la pastura de primer año se observa un importante desarrollo vegetativo característico de individuos jóvenes y en ambientes favorables debido al reciente laboreo realizado para su implantación. Este desarrollo vegetativo posterga el pasaje a la fase reproductiva con el consiguiente mantenimiento por períodos más prolongados de altas tasas de crecimiento y acumulación de materia seca. Los individuos presentes en esta pastura desarrollan hábitos más erectos y mayor vigor resultando en la posibilidad de mayores rendimientos en primavera avanzada y principios del verano.

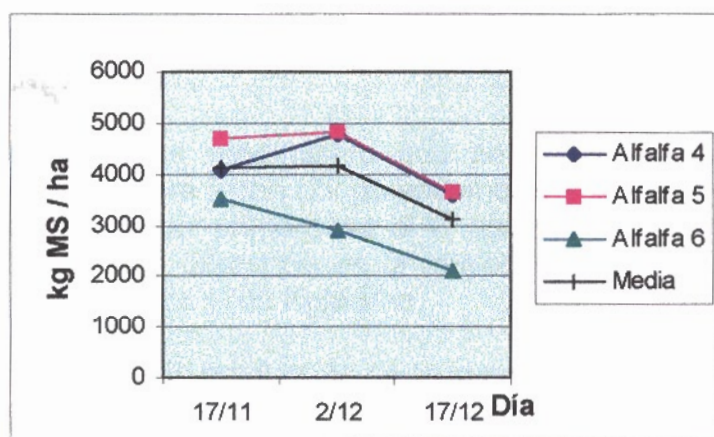
La pérdida de disponibilidad observada en pasturas de tercer año se explica por la caída de hojas de estructuras vegetativas envejecidas que sufre la leguminosa por el mayor período de crecimiento. Sumado a esto suceden pérdidas de estructuras reproductivas a nivel de las gramíneas invernales perennes, componentes importantes de estas pasturas.

4.3.1 Efecto del rebrote sobre el rendimiento y composición de la materia seca:

La figura 17 representa la disponibilidad que presentan los rebrotes de las distintas pasturas estudiadas luego de la secuencia de tres cortes iniciales.

Figura 17:

Disponibilidad (KgMS/ha) de rebrotes de pasturas sometidas a corte al inicio de la primavera.



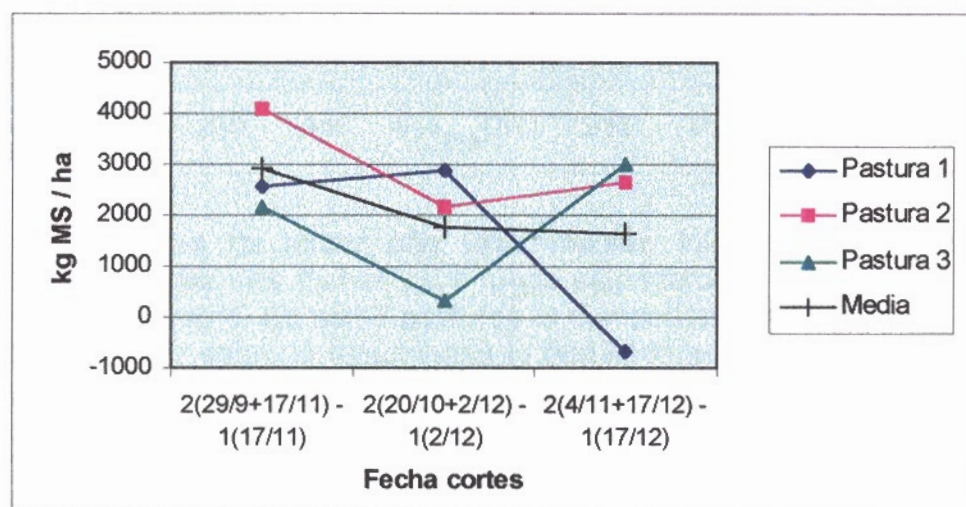
El rendimiento de los rebrotes fue en promedio 4096, 4163 y 3101 KgMS/ha, resultando en una tasa diaria de acumulación de materia seca de 84, 97 y 72 KgMS/ha, para la 4ª, 5ª y 6ª fecha respectivamente. La tasa de

crecimiento promedio superó ampliamente a la equivalente de la pastura original la que varió entre 40 y 47 KgMS/ha/día.

En la figura 18 se presenta para cada pastura la diferencia de rendimiento que se obtiene a partir de los cortes en las tres primeras fechas (1,2 y 3) más los correspondientes rebrotes (fechas 4, 5 y 6 respectivamente) con relación a los cortes de la pastura por primera vez en estas tres últimas fechas. Los histogramas del anexo 2 esquematizan la producción de las pasturas en comparación.

Figura 18:

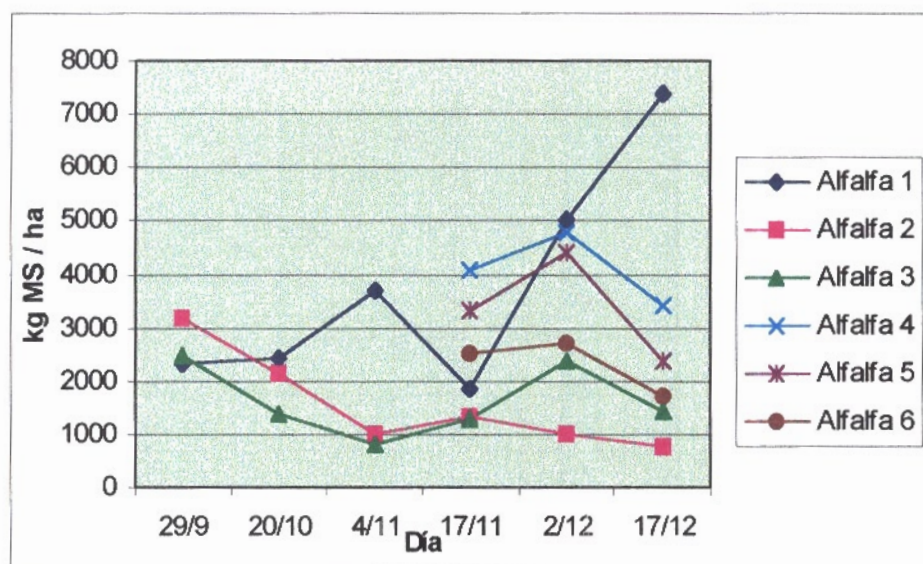
Diferencia de rendimiento de materia seca por hectárea entre un corte tardío y corte temprano más rebrote



El aumento de rendimiento que se obtiene por el hecho del corte temprano en la primera fecha (29 de setiembre) y su rebrote (17 de noviembre) con relación al corte por primera vez el 17 de noviembre es en promedio de casi 3000 KgMS/ha. Esta diferencia es la mayor registrada, siendo para las otras fechas del orden de los 1700 KgMS/ha.

Si analizamos la producción de la fracción leguminosa es posible concluir aspectos relevantes. La figura 19 representa la evolución del rendimiento de leguminosas obtenido para las distintas pasturas a lo largo de la secuencia de cortes. Solamente para la pastura de primer año se registra un aumento de disponibilidad de esa fracción a medida que transcurre la primavera. Esta característica se explica por ser la fracción dominante en dicha pastura y el carácter transitorio de las especies de malezas presentes.

Figura 19:
Rendimiento de leguminosas (KgMS/ha) en las pasturas sometidas a primer corte.



Las pasturas de tercer año experimentan inicialmente un descenso durante las primeras tres fechas para luego estancarse durante los meses de noviembre y diciembre. En estas pasturas la componente gramínea compite de manera importante sobre la leguminosa lo que lleva a un descenso relativo de los niveles de materia seca de esta última fracción.

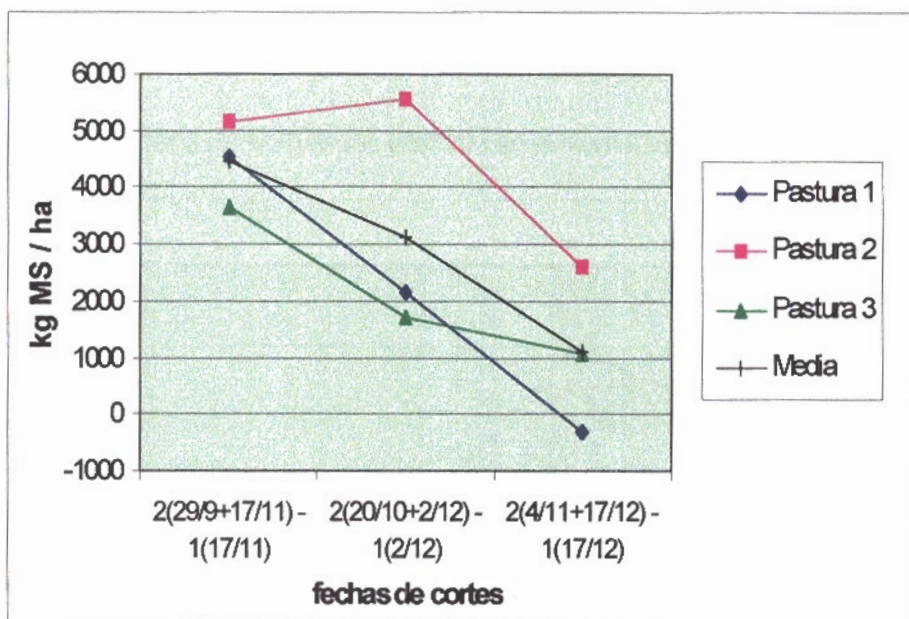
Este último fenómeno descrito se evidencia claramente en el efecto de corte temprano sobre la composición botánica y la producción de leguminosas observada en los rebrotes. En estas pasturas la defoliación permite limitar el efecto competitivo de las gramíneas provocando también un aumento de los niveles de producción de la leguminosa, la que en estas condiciones presenta mejor capacidad de aprovechamiento de la radiación solar para la fotosíntesis y mayor disponibilidad de humedad y nutrientes edáficos.

El anexo 3 presenta los histogramas que esquematizan las diferencias obtenidas en el rendimiento de materia seca de leguminosa, para cada pastura a lo largo de la secuencia de dos cortes, con relación a un único corte de la pastura en las tres últimas fechas

La figura 20 sintetiza las diferencias de rendimiento de leguminosa obtenidas a partir del aprovechamiento de los rebrotes que se obtienen a partir del corte temprano de las pasturas estudiadas.

Figura 20:

Diferencia de rendimiento de materia seca de leguminosa por hectárea entre un corte tardío y corte temprano más rebrote



Las diferencias en producción de materia seca de leguminosa fueron aproximadamente de 4000, 3000 y 1000 Kg/ha para la primera, segunda y tercera fecha de segundo corte. La respuesta es mayor para cortes tempranos en pasturas de mediana edad debido a que en esa situación se aprovechan por más tiempo las condiciones ambientales favorables para el desarrollo vegetativo de la alfalfa, promoviendo su aporte a la pastura.

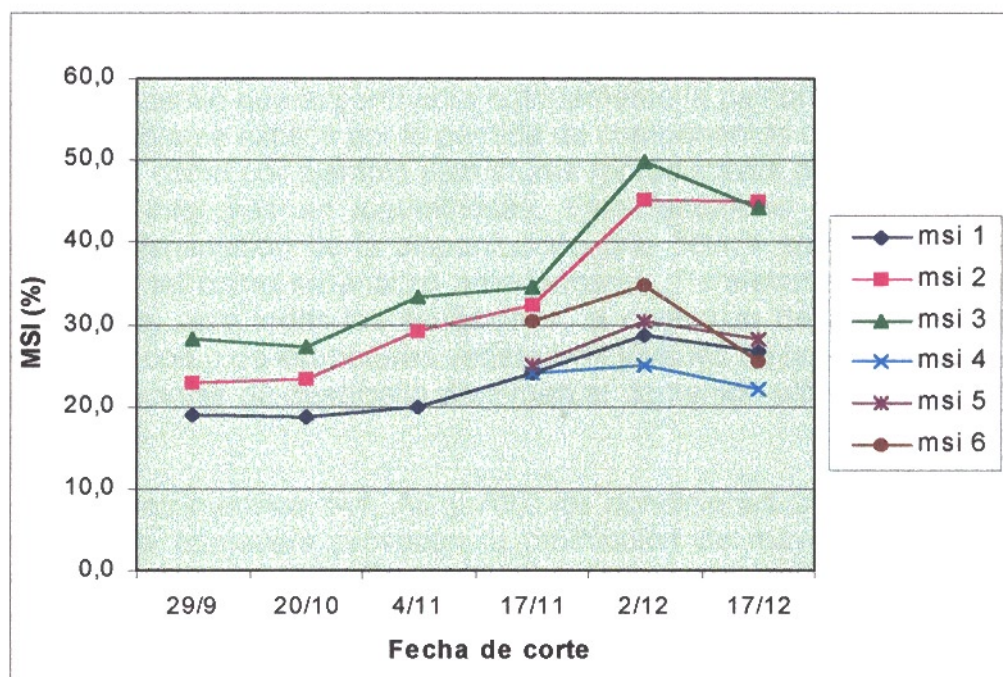
Finalmente la mayor proporción y cantidad de fracción leguminosa que se obtiene al iniciar tempranamente el corte de pasturas permite una mejora sustancial en la calidad de la oferta forrajera.

4.3.2 Materia seca al momento del corte

El análisis de la figura 21 permite visualizar la evolución de la proporción de materia seca al momento de corte para las distintas pasturas en el transcurso del ensayo.

Figura 21:

Contenido de materia seca (% MSI) de las pasturas en el momento del corte.



Se observa claramente los mayores niveles que presenta en todos los momentos la pastura N°3 (alfalfa tercer año, ladera Norte). Inversamente los menores porcentajes corresponden a la pastura de primer año.

Este comportamiento coincide con las observaciones con relación a la composición botánica de las pasturas. Inicialmente la pastura N° 3 presenta mayores porcentajes de gramíneas de mayor contenido de materia seca que las leguminosas, destacándose durante las últimas tres fechas, la elevada proporción de restos secos.

Otro efecto que quizás participe en explicar las diferencias de % materia seca inicial entre las pasturas de tercer año es la orientación espacial del tapiz, a través de su incidencia en la magnitud de la radiación solar recibida en ambas situaciones. Según Carámbula, 1997; este factor es limitante para la

producción forrajera en áreas templadas. Por esta razón el mayor nivel de materia seca que presenta en todo momento la pastura en ladera inclinada hacia el norte (A3), con relación a la pastura en ladera sur (A2), se explicaría por el estado fisiológico más avanzado de sus especies, como consecuencia de su mejor exposición a la radiación solar.

Para las dos primeras fechas los niveles de materia seca de las pasturas oscilan en el orden del 19 al 28 % siendo los valores más bajos del período de estudio. La evolución posterior evidencia un gradual aumento de este parámetro verificable en todas las situaciones hasta el 2 de diciembre.

El descenso que experimenta notoriamente la pastura N° 3 entre el 2 y el 17 de diciembre se explica por la pérdida de componentes de alta proporción de materia seca como por ejemplo estructuras reproductivas de gramíneas y hojas de estratos inferiores en leguminosas. Este fenómeno se confirma con la importante disminución de la disponibilidad que ocurre en ese momento para esta pastura tal como se analizó anteriormente. Paralelamente se observa en este intervalo, para todas las situaciones, el comienzo del aporte de malezas estivales así como de estructuras vegetativas jóvenes de la leguminosa, los que en etapas iniciales de desarrollo deprimen el contenido global de materia seca de la pastura.

Para los rebrotes (A4, A5 y A6), las condiciones climáticas registradas para fines de primavera provocan la producción de mayor número de tallos jóvenes los que por efecto competitivo presentan una menor tasa de aumento en el porcentaje de materia seca.

Es importante resaltar los niveles de materia seca que presentaron las pasturas de tercer año en el mes de diciembre; llegando a valores entre 45 y 50%, mientras que la pastura de primer año nunca superó el 30%.

4.4 TASA DE DESHIDRATACIÓN

El análisis de la evolución del contenido de materia seca del forraje luego del corte permite la interpretación de la dinámica de deshidratación, así como su relación con parámetros de la pastura y el ambiente.

En los anexos 4 y 5 se presenta la información referente a la evolución del contenido de materia seca desde la pastura en el momento del corte y en la gavilla en los diferentes muestreos periódicos realizados. Se observa que en las primeras fechas de corte correspondientes a la primera mitad de la primavera no es posible en la mayoría de las situaciones obtener en una jornada de deshidratación los niveles de materia seca necesarios para la técnica de henilaje (50%).

El cuadro 10 presenta los coeficientes del modelo de regresión para las variables materia seca (%) y tiempo (hora), a lo largo del período de secado para cada pastura en las sucesivas fechas de corte.

La interpretación de las funciones de ajuste de la evolución de la materia seca permite concluir en primera instancia un dominio de las funciones lineales para las dos últimas fecha del ensayo. En contraste, para las fechas iniciales del ensayo el ajuste de funciones cuadráticas evidencia una disminución en la velocidad de pérdida de agua hacia el final del período de deshidratación aún cuando en ese momento los forrajes poseen tenores de humedad elevados.

Esto sugiere adjudicar a las pobres condiciones ambientales para la evaporación como responsable del descenso que experimenta la tasa de deshidratación hacia el final de la tarde, no siendo factible la ocurrencia de la segunda fase de deshidratación lenta explicada por la pérdida de agua del interior celular tal como lo sugiere Jones (1979) citado por Demarquilly (1987) y Sullivan et al. (1973) citados por Mc.Donald (1981). Cuando las condiciones ambientales son favorables para la deshidratación los forrajes se mantienen en la fase de deshidratación rápida durante el período considerado.

Definidas las funciones de ajuste de los valores observados en el ensayo y a los efectos de cuantificar la tasa de deshidratación resultante es necesario hacer referencia a las dos funciones descriptas. Para el caso de funciones cuadráticas se define por un lado la tasa máxima de deshidratación correspondiente a la fase inicial de secado y por otro la tasa promedio para la totalidad del período estudiado. Para funciones lineales la tasa de deshidratación es constante y corresponde al valor del coeficiente b .

Cuadro 10:

Coefficientes de regresión para modelos lineales (a y b) y cuadráticos (a , b y c) de % de materia seca en función de la hora de corte para las seis fechas.

fecha	Alfalfa	a	b	c
29/9	1	-105,66	18,09	-0,562
29/9	2	-58,92	11,64	-0,342
29/9	3	-15,54	4,46	
20/10	1	-6,88	2,55	
20/10	2	-18,57	4,21	
20/10	3	-9,44	3,66	
4/11	1	-66,95	12,52	-0,384
4/11	3	-66,40	13,49	-0,351
4/11	2	-49,27	10,83	-0,299
17/11	1	-66,45	12,01	-0,296
17/11	2	-122,24	21,71	-0,630
17/11	3	-151,81	26,34	-0,769
2/12	1	-111,74	19,42	-0,540
2/12	2	-179,06	32,88	-1,044
2/12	3	-1,52	5,21	
17/12	1	-5,50	3,20	
17/12	2	-55,81	10,08	
17/12	3	-38,49	8,27	
Rebrotes				
17/11	4	-37,88	7,99	-0,177
17/11	5	-22,02	4,74	
17/11	6	-223,82	37,34	-1,193
2/12	4	-48,56	9,56	-0,220
2/12	5	-28,88	5,92	
2/12	6	-38,70	7,34	
17/12	4	-5,73	2,77	
17/12	5	-44,84	7,30	
17/12	6	-29,60	5,59	

El cuadro 11 presenta los valores de tasa de deshidratación correspondiente a cada situación de pasturas y fechas.

La figura 22 esquematiza la evolución de la tasa de deshidratación promedio para las distintas pasturas observadas en las distintas fechas.

Para las tres primeras fechas los valores de tasa de deshidratación promedio oscilan entre 2 y 4,5 % materia seca/hora.

Para la 4ª y 5ª fecha se registra un aumento de dicha tasa pasando a niveles entre 3 y 6 % /hora, magnitud coincidente con la señalada por Nicola (1996) para forraje similar en el mes de diciembre.

Cuadro 11:

Tasa de deshidratación promedio y máxima observadas en el ensayo (%materia seca/hora).

fecha	Alfalfa	Tasa media	Tasa máxima
29/9	1	2,353	6,850
29/9	2	2,048	4,788
29/9	3	4,464	
20/10	1	2,554	
20/10	2	4,209	
20/10	3	3,663	
4/11	1	1,760	4,836
4/11	3	3,672	6,478
4/11	2	2,444	4,839
17/11	1	3,725	6,092
17/11	2	4,077	9,116
17/11	3	4,799	10,955
2/12	1	4,307	8,624
2/12	2	3,645	11,998
2/12	3	5,207	
17/12	1	3,205	
17/12	2	10,081	
17/12	3	8,270	
17/11	4	3,041	4,455
17/11	5	4,738	
17/11	6	3,944	13,487
2/12	4	3,409	5,165
2/12	5	5,922	
2/12	6	7,336	
17/12	4	2,767	
17/12	5	7,297	
17/12	6	5,588	

El análisis de estos valores y la caracterización de la información climática para ese período permite el planteo de las siguientes conclusiones:

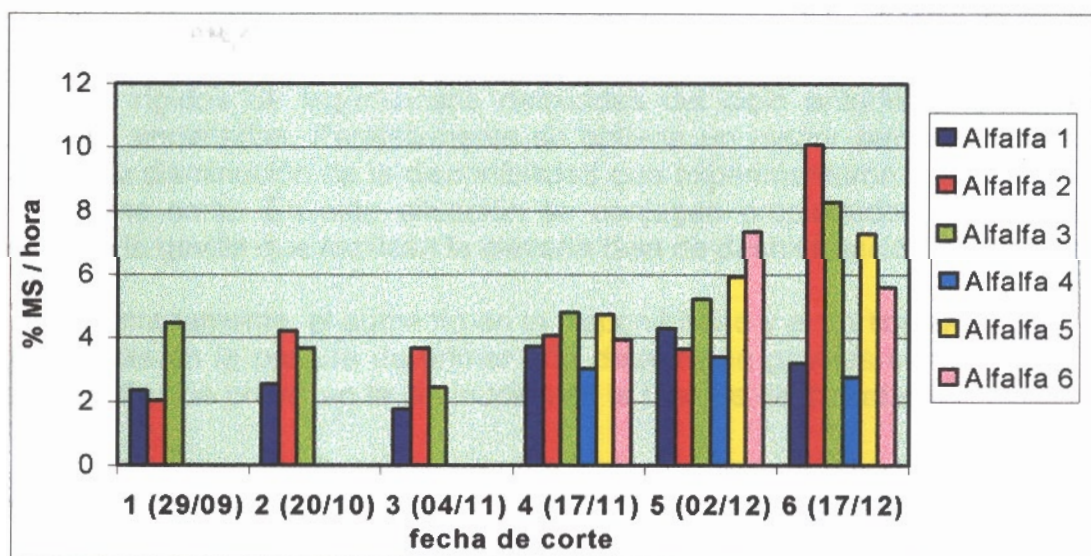
A: Para las primeras fechas de corte (29 de setiembre y 20 de octubre) se registran los menores valores de tasa de deshidratación.

Si bien se lograron temperaturas máximas elevadas y bajos tenores de humedad relativa, estas se registran en horas de la tarde y permanecen por intervalos pequeños.

Tal como lo propone Luder, (1982) citado por Cabon, (1987), la capacidad de evaporación diaria se define por la sumatoria de déficits de presión de vapor de la atmósfera desde la hora 8:00 hasta las 17:00; no siendo importante para estas jornadas en virtud de las pobres condiciones de evaporación que se registraron en las mañanas.

En función de estas condiciones y de los bajos tenores de materia seca inicial explicados por el estado de desarrollo que presentan las pasturas en este momento del año es necesario una segunda jornada de deshidratación para alcanzar niveles de materia seca cercanos al 50 %. Esta observación es coincidente con Luder (1974) citado por Demarquilly (1987), quien plantea que la materia seca al corte es uno de los factores que afecta la duración del período de deshidratación.

Figura 22:
Tasas de deshidratación promedio del forraje de las pasturas sometidas a corte (%materia seca/hora).



B: Los menores valores de tasa de deshidratación para cada jornada de secado correspondieron a la pastura de primer año.

Para niveles de disponibilidad similares como los observados en las 5 primeras fechas de segado es quizás la textura de la gavilla el factor que determina la variación en la tasa de deshidratación observada. La elevada proporción de leguminosas determina la conformación de gavillas más compactas que aquellas resultantes de la mezcla de gramíneas y leguminosas en las proporciones observadas en el ensayo. Tal como lo propone Mc.Donald (1981) y Demarquilly (1987), la velocidad de deshidratación del forraje dependerá de las posibilidades de penetración del aire a la gavilla para renovar la atmósfera periférica a la masa vegetal y reactivar el desequilibrio higroscópico.

C: Para la última fecha de corte se observa una importante variación de las tendencias. El forraje proveniente de la pastura primer año disminuye su tasa de deshidratación a niveles cercanos a 3% materia seca/hora mientras que para aquellos provenientes de las alfalfas de tercer año sucede lo contrario. La tasa de deshidratación registrada para estos forrajes asciende a valores entre 8 y 10% materia seca /hora.

El comportamiento observado responde a la variación de la disponibilidad que se produce entre las dos últimas fechas de corte, discutido oportunamente en párrafos anteriores, sumado a las particularidades de la textura de la gavilla como consecuencia de la asociación de fracciones botánicas presentes en cada caso.

En las pasturas de tercer año se someten a deshidratación rebrotes de alfalfa de bajo contenido de materia seca y alta relación hoja /tallos mezclados con tallos rígidos de leguminosas defoliadas del ciclo anterior y gramíneas invernales encañadas. Paralelamente se obtiene un menor tamaño de gavilla debido a la disminución de la disponibilidad que experimentaron estas pasturas en el último corte. En esta situación se conjugan propiedades del forraje y textura de la gavilla que explican la elevada tasa de deshidratación observada.

Contrariamente, el aumento en la disponibilidad y el particular dominio de leguminosas en la pastura de primer año determinan gavillas compactas y de gran tamaño que provocan la disminución en la tasa de deshidratación.

Los factores involucrados en esta observación son coincidentes con los planteos de Mc.Donald (1981); y Luder (1974), citado por Demarquilly (1987) quienes plantean que la textura, tamaño de la gavilla y la relación hoja / tallo son los determinantes de la tasa de deshidratación.

D: Luego de los análisis anteriores merece destacarse el comportamiento que se observa a nivel de los forrajes provenientes de los rebrotes y particularmente en aquellos pertenecientes a la Alfalfa de primer año. Las menores tasas de deshidratación observadas en estos forrajes responden al importante enriquecimiento en la fracción leguminosa que caracteriza a estas pasturas. Los menores niveles de disponibilidad que alcanzan estas pasturas no amortiguan el efecto de la textura de la gavilla sobre la tasa de deshidratación.

Es posible la síntesis de algunas interacciones entre factores climáticos y de la pastura para la evolución de la tasa de deshidratación de los forrajes estudiados.

Para cortes tempranos resultan limitantes las condiciones atmosféricas por lo que se observan los menores valores de tasa de deshidratación, aún cuando es baja la resistencia a la evaporación del agua a nivel de la pastura. Por esta razón, factores del forraje que favorecen una rápida deshidratación (elevada relación hoja / tallo de forrajes jóvenes, baja disponibilidad, y alto contenido de humedad), característicos del inicio de la primavera, no contribuyen a aumentar la velocidad de pérdida de agua. En esta situación las variables observadas a nivel de la pastura no determinan variación importante en la tasa de deshidratación explicando los valores notoriamente coincidentes en el rango de 2 a 4 % de materia seca/hora para las tres primeras fechas.

En el caso de cortes tardíos las condiciones meteorológicas favorables para la evaporación que se resumen en una mayor demanda atmosférica y temperaturas superiores durante gran parte del período de secado, determinan los mayores valores de tasa de deshidratación registrados hacia fines de primavera. Para estas condiciones, las características del forraje que actúan sobre las posibilidades de renovación de aire dentro de la gavilla, restringen o favorecen la pérdida de agua explicando la variación observada en los valores de tasa de deshidratación para los cortes de fines de noviembre y diciembre.

4.5 ANÁLISIS DE MODELOS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE

En el anexo 6 se presenta la información referente a modelos de regresión múltiple para las variables de interés:

Tasa de deshidratación media diaria (T Media),

Tasa de deshidratación máxima (T Máx)

Incremento de MS (DMS)

Porcentaje de incremento de la MS (PDMS) y

Materia seca máxima luego del período de secado (MSMáx),

en función de variables climáticas y de la pastura registrados para el ensayo.

Los coeficientes de determinación (R^2) resultaron en general bajos, quizás por la multiplicidad de variables que afectan los parámetros estudiados y que no fueron controlados para los análisis efectuados. Los parámetros climáticos no fueron tomados en el mismo lugar del ensayo por lo que resulta una carencia para su incorporación en modelos predictivos, siendo especialmente poco representativos los parámetros climáticos de frecuencia horaria para el período de secado (XT, DT y XHR). Los valores diarios para temperatura media (TM) y humedad relativa media del aire (HRM), quizás signifiquen una mayor representatividad a los efectos de caracterizar climáticamente las jornadas de secado.

Resulta destacable la variable disponibilidad de materia seca (DIS), que se correlaciona negativamente con la Tasa media de deshidratación y con la MS Max. (modelos 11 y 14). Esto es coincidente con observaciones realizadas para el efecto del tamaño de la gavilla sobre el fenómeno de renovación del aire de su interior, lo que incide sobre la velocidad de evaporación.

La materia seca inicial (MSI), correlacionada positivamente con los mismos parámetros, quizás actúe sobre la textura de la gavilla. A mayor MSI el forraje es más rígido, por lo que al acumularse luego de segado, resultará mayor espacio para la circulación de aire por su interior, siendo favorecida la circulación de aire para la eliminación de humedad.

Las variables climáticas TM y HRM resultaron positiva y negativamente correlacionadas para la mayoría de los modelos, lo que está de acuerdo con la participación de estos factores sobre la energía disponible y el gradiente de humedad, respectivamente, necesarios para la evaporación.

A los efectos de confeccionar modelos de deshidratación de forrajes con mayor capacidad predictiva, resulta conveniente un mayor control de los parámetros climáticos en el lugar de evaluación, así como la incorporación de otras variables que seguramente contribuyan a explicar la intensidad de pérdida de humedad.

5. CONCLUSIONES

Se observa un aumento de la tasa de deshidratación de forrajes a medida que transcurre la primavera. Para las primeras tres jornadas de corte (inicio de primavera) la tasa de incremento del tenor de materia seca se mantuvo entre 2 y 4 %MS/hora. Hacia el final de la primavera este parámetro alcanzó al 8 %MS/hora, siendo el valor máximo observado superior al 10%.

Las mayores tasas de pérdida de humedad del forraje coinciden con jornadas en las que se registraron condiciones atmosféricas favorables para la evaporación (baja humedad relativa y alta temperatura del aire) durante gran parte del periodo de deshidratación. En estas condiciones las características del forraje restringen o favorecen el intercambio de humedad hacia la atmósfera por lo que se observa una importante variación de los valores de tasa de deshidratación.

Las condiciones atmosféricas poco favorables para la evaporación limitan la velocidad de pérdida de agua en las tres primeras fechas de corte, a pesar de que en este momento se manifiestan condiciones adecuadas para la deshidratación pero durante breves intervalos en horas de la tarde, resultando en bajas tasas de incremento de la materia seca para el promedio de la jornada.

Los parámetros del forraje que determinan las posibilidades de renovación del aire que rodea al forraje en el interior de la gavilla parecen explicar diferencias observadas en la tasa de deshidratación. El tamaño de la gavilla, dependiente de la disponibilidad de materia seca, así como su textura definida por la combinación de fracciones botánicas en la pastura, afectan la dinámica del aire próximo al forraje, lo que incide en el equilibrio higroscópico entre ambas fases.

Gavillas compactas resultan de pasturas con elevada proporción de leguminosas, aumentando el espacio entre los materiales vegetales a medida que aumenta la proporción y madurez de la gramínea.

Gavillas abiertas y pequeñas facilitan la circulación de aire hacia el interior de la misma manteniendo el gradiente de humedad entre el forraje y su atmósfera contigua necesario para la evaporación. En el caso contrario se mantendrán tenores de humedad elevados en el aire próximo al forraje, lo que contribuye a enlentecer la deshidratación.

El corte de pasturas de Alfalfa en etapas tempranas de la primavera resulta una medida de manejo que procura optimizar el aprovechamiento de condiciones favorables para el desarrollo de la leguminosa, las que por efecto de la defoliación recuperan rápidamente superficie foliar de muy eficiente capacidad fotosintética. Se produce un incremento relativo de esa fracción en el segundo corte realizado en las últimas tres fechas, lo que se acentúa en pasturas de mediana edad debido a la presencia de gramíneas perennes que compiten en el tapiz.

Esta práctica se traduce además en un incremento en la producción de materia seca, habiéndose registrado para la primera fecha un aumento promedio de 3000 kgMS/ha por el efecto de un corte temprano y el aprovechamiento de su rebrote a los 49 días, con relación a un primer corte en ese momento. En términos de aumento en la producción de materia seca de leguminosa el efecto del corte temprano es más pronunciado. Para la primera fecha de evaluación de rebrotes, el incremento promedio en la producción de materia seca de leguminosa superó los 4000 kg/ha con relación a un único corte.

Para las primeras fechas de corte correspondientes al inicio de la primavera se requirieron dos jornadas de deshidratación para obtener contenidos de materia seca necesarios para la técnica de henilaje (50%), lo que significa un mayor riesgo de exposición del forraje a condiciones atmosféricas adversas. A partir de mediados de noviembre es posible alcanzar esos niveles en una jornada.

6. RESUMEN

Con el objetivo de estudiar la influencia de parámetros climáticos y de la vegetación sobre la tasa de deshidratación de forrajes se registró la evolución del contenido de materia seca en gavillas construidas a partir del corte de pasturas de alfalfa.

Se utilizó una pastura de primer año y dos de tercer año, estas últimas en diferente orientación respecto a la insolación (ladera norte y sur). Se realizaron cortes en seis fechas a lo largo de la primavera de 1997. En las últimas tres fechas se incorporaron los rebrotes de las pasturas cortadas en las tres fechas iniciales. Estas tenían en promedio 45 días de crecimiento.

Se midió la disponibilidad y aportes porcentuales de cuatro fracciones botánicas en las pasturas. Se obtuvo información de la temperatura y humedad relativa del aire durante el período de deshidratación (10:00 a 18:00 horas), así como valores de velocidad del viento y evaporación de tanque "A" de la jornada.

Se observa un aumento en los valores de tasa de deshidratación a lo largo de la estación. En las tres primeras fechas (inicio de primavera) el porcentaje de incremento de la materia seca del forraje osciló entre 2 y 4 %ms/hora existiendo escasa variación entre pasturas. Para las últimas jornadas (final de primavera) este parámetro asciende a valores próximos a 8 %ms/hora registrándose mayor variación entre forrajes provenientes de diferentes pasturas.

Baja humedad relativa y alta temperatura del aire posibilitan la deshidratación del forraje, siendo posible la pérdida de importantes tenores de humedad en una jornada, en la medida que se establezcan condiciones aptas para el secado durante la totalidad del período de deshidratación. El tamaño y textura de la gavilla, definidos por la disponibilidad de materia seca y la proporción de leguminosas y gramíneas, determinan las posibilidades de renovación del aire interior en la gavilla, factor que explica diferencias importantes en la tasa de deshidratación de los forrajes estudiados.

Las condiciones de la atmósfera parecen ser limitantes para la deshidratación en la primavera temprana, mientras que hacia el final de la estación las características de la pastura determinan la existencia de diferencias importantes en la velocidad de deshidratación de forrajes.

Importantes incrementos en la producción de materia seca resultan del corte temprano y el aprovechamiento del rebrote, destacándose además el efecto de los distintos momentos de corte sobre la composición botánica de las pasturas.

7. SUMMARY

With the aim of studying the influence of climatic parameters and vegetation over forage dehydration rates, we registered the evolution of dry matter content in sheaves of cut harvested alfalfa.

One first year pasture and two third year pastures were used; the latter with different orientations in respect to the sun (Northern and Southern slope).

Cuts were made in six dates throughout the spring of 1997. In the last three dates, the regrowth cut of the initial three dates was incorporated. These had an average of 45-day growth. The availability and percentage contribution of four botanic fractions in the pastures were measured. Information was registered about temperature and relative air humidity during the dehydration period (10:00 AM to 6:00 PM), as well as wind speed and tank "A" evaporation values of the day.

An increase in dehydration rate values was observed throughout the season. In the first three dates (the beginning of spring), the percentage of forage dry matter increase varied between 2 and 4 % dm/hour, with little variation among pastures. At the end of spring this parameter rose to values close to 8 % dm/hour, the main variation being registered among forages from different pastures.

Low relative humidity and high air temperatures allowed forage dehydration, with an important humidity loss taking place during the day. Appropriate drying conditions were established during the whole dehydration period.

The size and texture of sheaves, defined by dry matter availability, and the amount of legume and grass determined sheaf inner air renewal conditions, that explain the important differences in forage dehydration rates observed.

The atmospheric conditions seem to limit dehydration in earlier spring, while at the end of this season forage characteristics determined important differences in the speed of forage dehydration.

Important increases in the production of dry matter, as a result of early harvest and regrowth were observed, as well as the effect of different cutting times on the botanic composition of the forages.

8 BIBLIOGRAFÍA

1. CABON, G.; 1987. Accélérer la dessiccation de fourrage. Quinze ans d'évolution des matériels et des méthodes. In: DEMARQUILLY, C.; 1987. Les fourrages secs. Récolte, traitement, utilisation. París, INRA. pp 47 - 62.
2. CALIFRA, A; DURAN, A; RESCHUTZEGGER, M; RUIZ, A; SILVA, A; 1995. Carta de suelos a escala 1:10.000 (preliminar) del Centro Regional Sur. Montevideo, Facultad de Agronomía (Informe Interno).
3. CARÁMBULA, M; 1997. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 524 p.
4. CASTLE, M.E.; WATKINS, P.; 1988. Producción lechera moderna. Zaragoza, Acribia. 311 p.
5. DEMARQUILLY, C.; 1987. La fenaïson: Evolution de la plante au champ entre la fauche et la récolte. Perte d'eau, métabolisme, modifications de la composition morphologique et chimique. In: DEMARQUILLY, C.; 1987. Les fourrages secs. Récolte, traitement, utilisation. París, INRA. pp 23 – 46.
6. DULPHY, J.P. y DEMARQUILLY, C.; 1981. Problèmes particuliers aux ensilages. In: Prévïson de la valeur nutritive des aliments des ruminants. París, France. pp 81 - 104
7. DURAN, A; 1976. Carta de reconocimiento de suelos a escala 1:1.000.000. Montevideo, M.G.A.P.
8. EKERN, A.; VIK-MO, L.; 1983. Forrajes conservados como alimento para vacas lecheras. In: BROSTER, W.H. y SWAN, H.; 1983. Estrategia de alimentación para vacas lecheras de alta producción. Oslo, AGT. pp 235 - 268.
9. FORMOSO, F; 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. In: Producción y manejo de pasturas. INIA, Uruguay. Serie Técnica N° 80, pp 1 – 20.
10. GORDON, C.H.; DERBYSHIRE, J.C.; WISEMAN, H.G.; KANE, E.A. y MELIN, C.G.; 1960. Preservation and feedig value of alfalfa stored as Hay, Haylage and Direct – cut Silage. Journal of Dairy Science, 44: 1299 – 1311.

11. HANSEN, J.L.; VIANDS, D.R.; STEFFENS, J.C.; SNIFFEN, C.J.; 1992. Heritability and Improvement of protein and nitrogen concentrations in wilted Alfalfa forage. *Crop Science*, 32: 879 – 883.
12. HANSON, C.H.; 1972. Ciencia y tecnología de la alfalfa. Montevideo, Hemisferio Sur.
13. JARRIGE, R.; 1987. Place des fourrages secs dans l'alimentation des herbivores domestiques. In: DEMARQUILLY, C.; 1987. Les fourrages secs. Récolte, traitement, utilisation. París, INRA. pp 13 - 20.
14. MAC. DONALD; 1981. Influence of Water on Silage. In: *The Biochemistry of Silage*. New York, Wiley. pp 115 – 127.
15. MELLO, R.; GARIN, D.; PISCIOTTANO, R. y VASELLI, M.; 1996. Estudio de las pérdidas de calidad de ensilados de pasturas. Primer avance. In: Congreso Uruguayo de Producción Animal. (1º, 1996, Montevideo) Actas. pp 264 – 266.
16. METHOL, M.; 1997. Heno: Valor nutritivo y factores que afectan su calidad. In: RESTAINO, E.; INDARTE, E., Pasturas y producción animal en áreas de ganadería intensiva. INIA. Uruguay . Serie Técnica Nº 15. pp 93 – 101.
17. MUCK, R.E.; 1990. Dry matter level on alfalfa silage quality. II. Fermentation products and starch hidrolisis. *Transactions of the ASAE*. 33 (2): 373 – 381.
18. MURDOCH, J.C.; 1982. The conservation of grass. In: *Grass. Its production and utilization*. Ed. W Holmes , London, Blackwell Scientific. pp 174 - 215.
19. NICOLA, L.; 1996. Tamaño de picado y premarchitado en ensilado de alfalfa,. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía, 86 p.
20. ORCASBERRO, R.; MARICHAL, M.; ARIAS, G.; COSTABEL, M. y PIAGGIO, L.; 1988. Alimentos disponibles en el país para animales domésticos. Relevamiento preliminar. Montevideo, Facultad de Agronomía, Catedra de Nutrición animal. 28p.
21. PATIL, R.T.; SOKHANSANJ, S.; ARINZE, E.A.; SCHOENAU, G.J.; 1993. Methods of expediting drying rates of chopped alfalfa. *Transactions of the ASAE*. 36 (6): 1799 – 1803.

22. PEÑAGARICANO, J.A.; ARIAS, W.; LLANEZA, N.J.; 1968. Ensilaje: Manejo y utilización de las reservas forrajeras. Montevideo, Hemisferio Sur, 334 p.
23. FIGURINA, G.; METHOL, M.; 1991. Tabla de contenido nutricional de pasturas y forrajes del Uruguay. In: Guía para la alimentación de rumiantes. INIA. Uruguay. Serie Técnica Nº 5, pp 7 – 31.
24. FIGURINA, G.; 1992. Características de ensilajes en establecimientos lecheros. INIA, Uruguay. Serie Técnica Nº 29. 27p.
25. FIGURINA, G.; 1997. Factores que afectan el valor nutritivo y la calidad de fermentación de ensilajes. In: RESTAINO, E.; INDARTE, E, 1997. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería intensiva. INIA, Uruguay. Serie Técnica Nº 15. pp 77 – 92.
26. RAYMOND, F.; SHEPPERSON, G. y WALTHAM, R.; 1977. Forraje. Conservación y alimentación. Barcelona, Gea, 276 p.
27. RISSO, D.F.; AHUNCHAIN, M.; CIBILS, R.; ZARZA, A.; 1997. Suplementación en invernadas del litoral. In: RESTAINO, E.; INDARTE, E, 1997. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería intensiva. INIA. Serie Técnica Nº 15. pp 51 – 65
28. THOMAS, P.C. y MORRISON, I.M.; 1985. Aspectos técnicos del proceso de ensilaje. In: ROOK, J.A.F. y THOMAS, P.C.; Ensilaje para producción de leche. Montevideo, Hemisferio Sur, pp 14 – 39.
29. TOSI, H.; SECCO DE OLIVEIRA, M.D.; BONASSI, I.A.; MORAES SAMPAIO, A.A.; 1994. Avaliação da ensilagem da Alfalfa sob diferentes tratamentos. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 23 (2): 305 – 311.
30. WOOLFORD, M.K.; 1984. Factors affecting Silage in and out of the silo. In: The Silage Fermentation. New York, Dekker. Microbiology series, Vol. 14. pp 139 – 161.

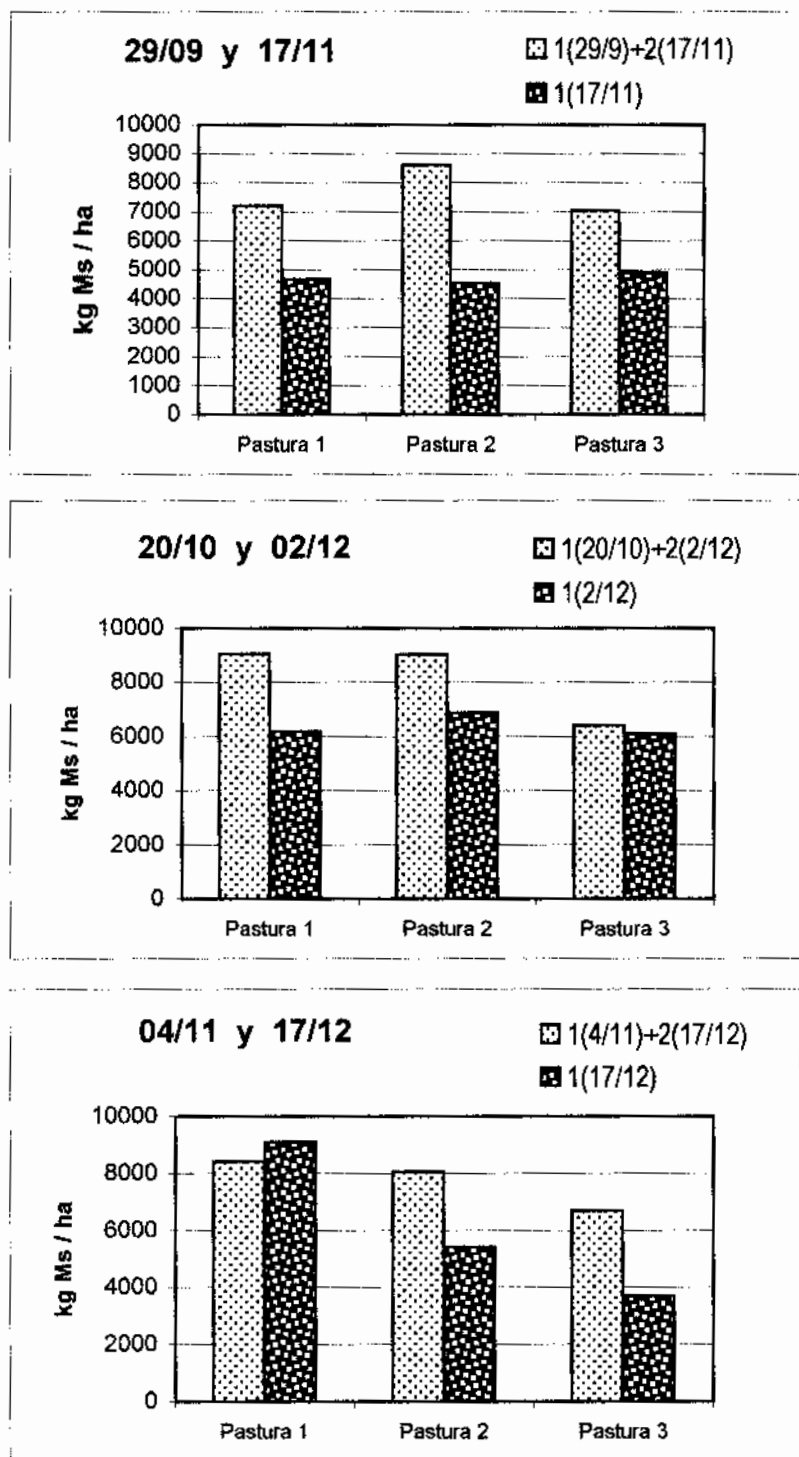
ANEXOS

Anexo 1: Planilla resumen de la información utilizada para el trabajo

fech	past	B0	B1	B2	hora	Tasa media	Tasa máxima	TMS max	MS max	MSI est	LEG	GRAM	NLG	RS	DISP	H2O	MSI	TANQ	VVM	HRM	TM
1	1	-105,66	18,09	-0,562	18	2,353	6,850	16,1	39,9	19,1	74,3	1,8	21,2	2,8	3120	17,7	19,0	6,7	1,4	70	15,8
1	2	-58,92	11,64	-0,342	18	2,048	4,788	17,0	39,9	23,2	80,9	16,0	0,1	3,0	3940	17,1	22,8	6,7	1,4	70	15,8
1	3	-15,54	4,46		18	4,464	4,464		64,8	29,1	69,5	22,6	2,8	5,1	3532	14,8	28,1	6,7	1,4	70	15,8
2	1	-6,88	2,55		18	2,554	2,554		39,1	18,7	56,5	0,0	40,4	3,1	4271	22,2	18,6	4,2	2,2	79	17,9
2	2	-18,57	4,21		18	4,209	4,209		57,2	23,5	50,3	45,0	1,1	3,6	4197	20,2	23,4	4,2	2,2	79	17,9
2	3	-9,44	3,66		18	3,663	3,663		56,5	27,2	38,6	57,7	0,4	3,3	3531	18,1	27,2	4,2	2,2	79	17,9
3	1	-66,95	12,52	-0,384	18	1,760	4,836	16,3	35,1	19,9	76,4	0,9	11,8	10,9	4833	18,4	19,8	4,3	3,0	78	17,6
3	3	-66,40	13,49	-0,351	18	3,672	6,478	19,2	63,4	33,5	22,1	71,1	0,0	6,8	4424	14,2	33,3	4,3	3,0	78	17,6
3	2	-49,27	10,83	-0,299	18	2,444	4,839	18,1	48,6	29,1	17,6	73,3	2,1	7,0	4598	19,5	29,1	4,3	3,0	78	17,6
4	1	-66,45	12,01	-0,296	18	3,725	6,092	20,3	55,4	24,0	39,6	47,0	6,6	6,8	4665	14,6	24,1	4,1	2,2	71	13,4
4	2	-122,24	21,71	-0,630	18	4,077	9,116	17,2	64,9	31,9	29,5	64,9	0,0	5,6	4547	14,8	32,2	4,1	2,2	71	13,4
4	3	-151,81	26,34	-0,769	18	4,799	10,955	17,1	73,7	34,7	26,5	64,3	0,0	9,1	4881	12,1	34,6	4,1	2,2	71	13,4
5	1	-111,74	19,42	-0,540	18	4,307	8,624	18,0	62,9	28,5	81,3	10,5	5,1	3,1	6185	20,6	28,6	8,0	1,3	70	18,3
5	2	-179,06	32,88	-1,044	16	3,645	11,998	15,7	79,8	45,3	14,3	75,0	0,0	10,7	6875	18,9	45,2	8,0	1,3	70	18,3
5	3	-1,52	5,21		16	5,207	5,207		92,2	50,6	38,9	32,6	0,0	28,6	6095	21,0	49,7	8,0	1,3	70	18,3
6	1	-5,50	3,20		16	3,205	3,205		52,2	26,5	81,3	10,5	5,1	3,1	9098		26,6	7,0	2,0	70	15,6
6	2	-55,81	10,08		12	10,081	10,081			45,0	14,3	75,0	0,0	10,7	5406		45,0	7,0	2,0	70	15,6
6	3	-38,49	8,27		12	8,270	8,270			44,2	38,9	32,6	0,0	28,6	3706		44,2	7,0	2,0	70	15,6
4	4	-37,88	7,99	-0,177	18	3,041	4,455	22,6	52,4	24,4	99,9	0,0	0,0	0,1	4087	14,6	24,1	4,1	2,2	71	13,4
4	5	-22,02	4,74		18	4,738	4,738		63,3	25,4	70,4	26,9	0,0	2,6	4683	14,8	25,1	4,1	2,2	71	13,4
4	6	-223,82	37,34	-1,193	18	3,944	13,487	15,7	68,5	30,3	70,8	27,3	0,0	1,8	3517	12,1	30,4	4,1	2,2	71	13,4
5	4	-48,56	9,56	-0,220	18	3,409	5,165	21,8	55,4	25,1	100,0	0,0	0,0	0,0	4785	20,6	25,1	8,0	1,3	70	18,3
5	5	-28,88	5,92		16	5,922	5,922		77,7	30,3	91,4	8,6	0,0	0,0	4830	18,9	30,3	8,0	1,3	70	18,3
5	6	-38,70	7,34		16	7,336	7,336		93,3	34,7	94,2	2,2	0,0	3,6	2875	21,0	34,7	8,0	1,3	70	18,3
6	4	-5,73	2,77		16	2,767	2,767		44,1	21,9	94,5	0,0	0,0	5,5	3584		22,0	7,0	2,0	70	15,6
6	5	-44,84	7,30		16	7,297	7,297		86,5	28,1	65,6	23,8	0,0	10,6	3626		28,1	7,0	2,0	70	15,6
6	6	-29,60	5,59		16	5,588	5,588		71,0	26,3	81,4	10,0	0,0	8,6	2094		25,4	7,0	2,0	70	15,6

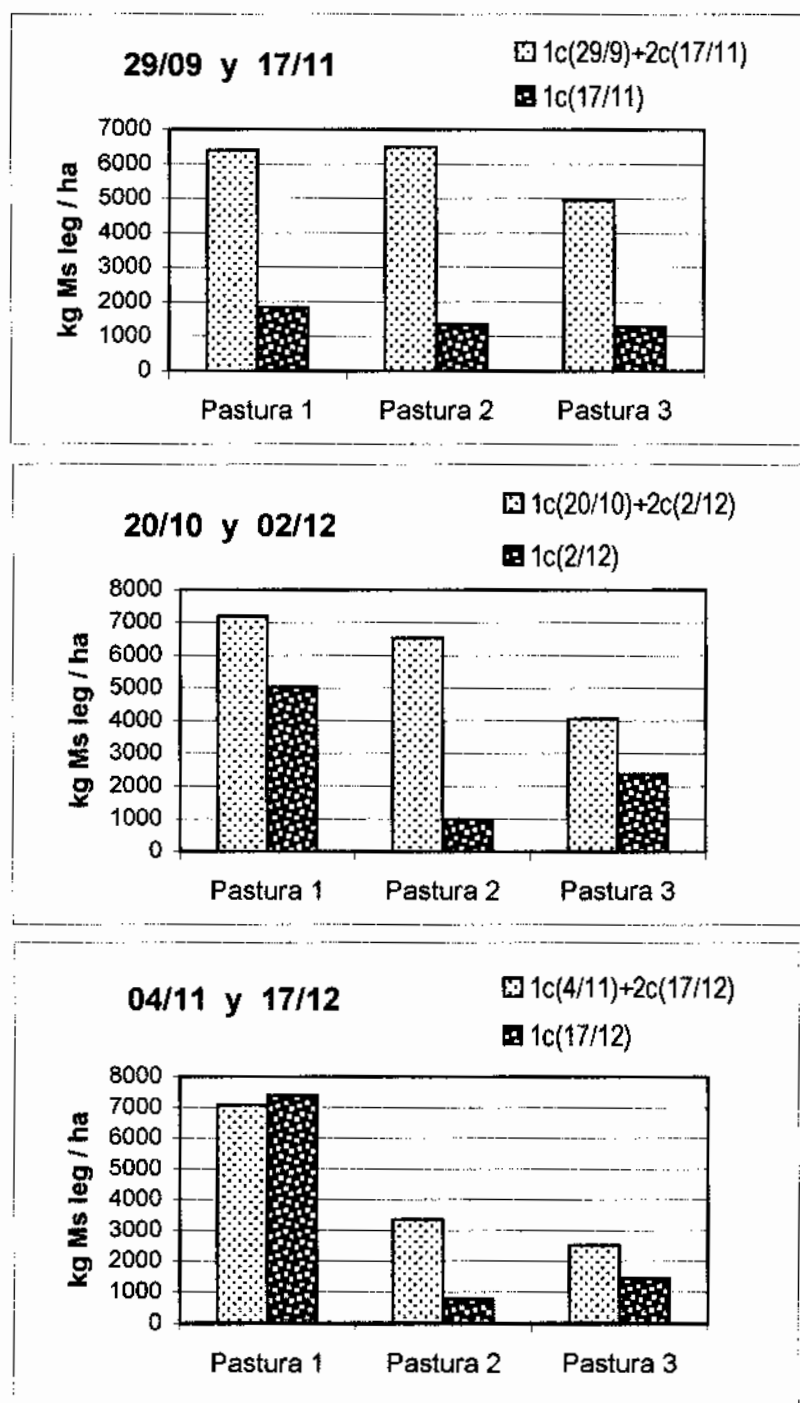
Anexo 2:

Esquema de las diferencias de rendimiento de materia seca por hectárea entre uno y dos cortes en las pasturas estudiadas, según fechas. (1c= primer corte , 2c= segundo corte)



Anexo 3:

Esquema de las diferencias de rendimiento de materia seca de leguminosa por hectárea entre uno y dos cortes en las pasturas estudiadas, según fechas (1c= primer corte , 2c= segundo corte).

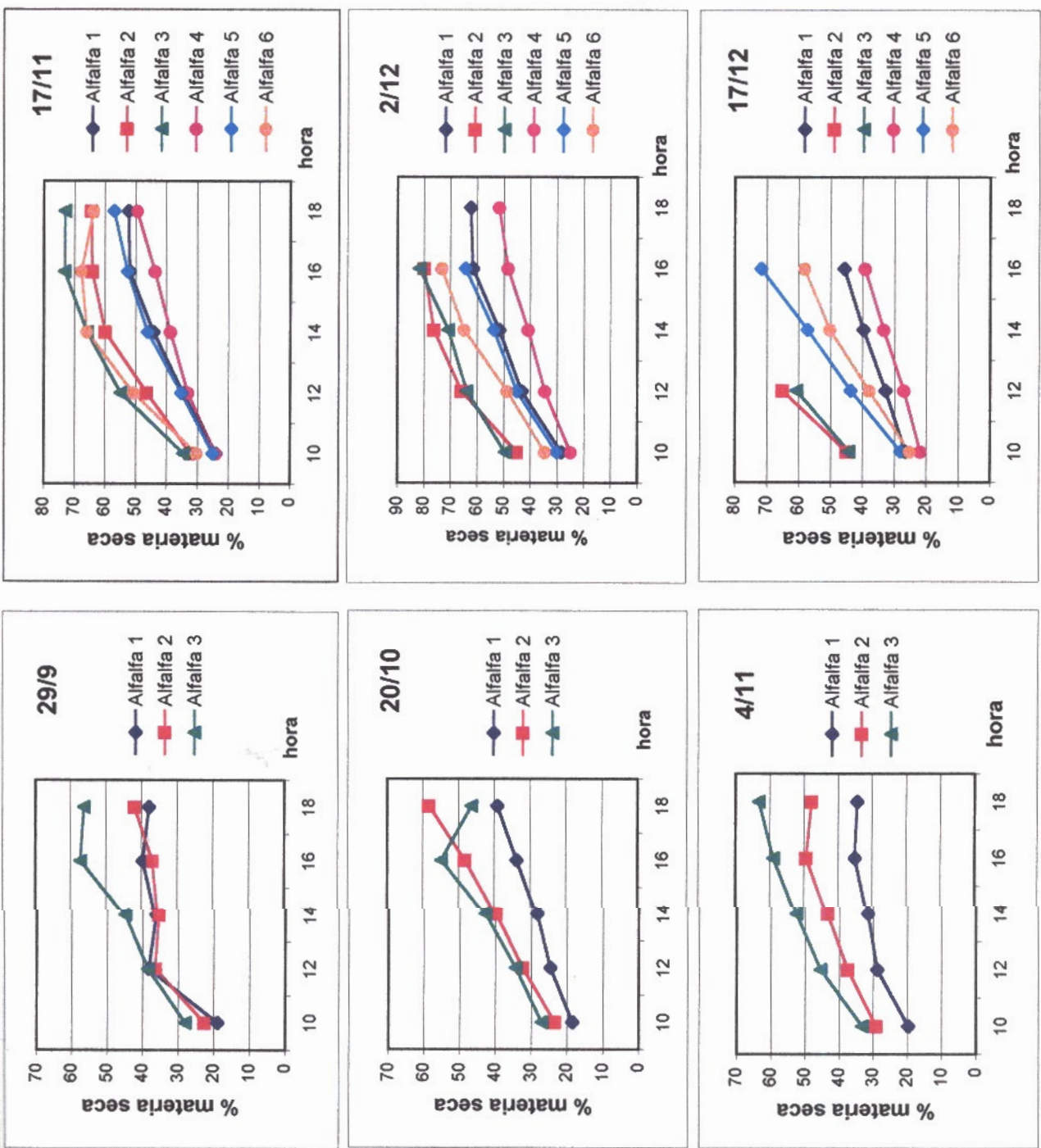


Anexo 4:

Materia seca (%) de las muestras extraídas de la pastura y gavilla para cada fecha y hora

fecha	hora						
		Alfalfa 1	Alfalfa 2	Alfalfa 3			
29/9	10	19,0	22,8	28,1			
	12	38,3	36,5	38,6			
	14	36,3	35,5	44,9			
	16	39,7	37,0	57,2			
	18	38,0	41,9	56,2			
		Alfalfa 1	Alfalfa 2	Alfalfa 3			
20/10	10	18,6	23,4	27,2			
	12	24,7	32,4	34,4			
	14	28,4	40,0	42,9			
	16	33,8	48,3	54,9			
	18	39,2	58,3	46,4			
		Alfalfa 1	Alfalfa 2	Alfalfa 3			
4/11	10	19,8	29,1	33,3			
	12	28,9	37,5	45,5			
	14	31,6	43,4	52,5			
	16	35,0	49,3	58,9			
	18	34,4	47,8	63,2			
		Alfalfa 1	Alfalfa 2	Alfalfa 3	Alfalfa 4	Alfalfa 5	Alfalfa 6
17/11	10	24,1	32,2	34,6	24,1	25,1	30,4
	12	34,8	46,4	54,8	33,1	35,3	50,8
	14	44,3	59,9	65,8	38,7	46,0	65,8
	16	52,0	64,1	73,2	43,7	52,6	67,7
	18	52,3	64,3	73,0	49,5	57,0	63,6
		Alfalfa 1	Alfalfa 2	Alfalfa 3	Alfalfa 4	Alfalfa 5	Alfalfa 6
2/12	10	28,6	45,2	49,7	25,1	30,3	34,7
	12	43,3	66,0	63,9	34,6	45,1	48,8
	14	51,7	76,4	70,8	40,9	53,8	64,9
	16	61,6	79,9	81,8	48,5	64,4	73,3
	18	62,5			51,7		
		Alfalfa 1	Alfalfa 2	Alfalfa 3	Alfalfa 4	Alfalfa 5	Alfalfa 6
17/12	10	26,6	45,0	44,2	22,0	28,1	25,4
	12	32,9	65,2	60,7	27,0	43,7	37,9
	14	39,7			33,4	57,2	50,2
	16	45,7			39,2	71,8	58,1

Anexo 5 :
Evolución de la materia seca (%) de pasturas utilizadas en el ensayo en las jornadas de deshidratación.



Anexo 6

Coefficientes de los modelos de regresión múltiple seleccionados.

	Modelo	R2	B0	XT	DT	XHR	TM	HRM	VVM	TANQ	DIS	MSI	LEG
DMS	1	0,285	26,96		1,84			-0,35			0,0012		
	2	0,39	-0,23	-0,31	1,76							0,39	0,04
	3	0,445	63,5	-3,44	2,36	-0,72	5,29		-4,15	-3,3			
	4	0,389	39,29	-2,57	2,14	-0,45	2,81		0,2	-0,4			
PDMS	5	0,405	10,76		0,086		0,3	0,173	-0,15	-0,46			
	6	0,377	0,62	-0,038	0,064		0,034		-0,08				
	7	0,4	-3,09	-0,012	0,079	-0,02		0,087	-0,12	0,112			
	8	0,4	1,59	-0,078	0,08	-0,01	0,1		-0,14	-0,08			
	9	0,36	1,11	-0,06	0,076	-0,01	0,064		-0,03	-0,02			
	10	0,339	1,12	-0,029	0,062		0,037	-0,01					
TasaMedia	11	0,49	1,3								-0,00046	0,18	
TasaMAX	12	0,5	6,77				-0,498					0,3	
TasaMAX	13	0,456	31,85					-0,37		-0,74		0,2	
MSMAX	14	0,75	0,89								-0,0032	2,27	0,169