



**Universidad de la República  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**EFFECTO DE DISTINTOS NIVELES  
DE RIEGO EN LA PRODUCCION  
DE ALFALFA BAJO DOS CONDICIONES  
DE MANEJO**

**por**

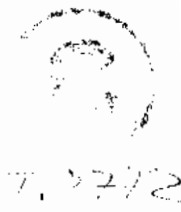
**Mauricio MARSICO TOGNOLA**

**T E S I S**

**1998**

**MONTEVIDEO**

**URUGUAY**



T. 27/2

MINISTERIO DE EDUCACION Y CULTURA  
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

EFEECTO DE DISTINTOS NIVELES DE RIEGO  
EN LA PRODUCCION DE ALFALFA BAJO DOS  
CONDICIONES DE MANEJO

Por

Mauricio MARSICO TOGNOLA

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

Montevideo  
URUGUAY  
1998

Tesis aprobada por:

Director:

CLAUDIO GARCÍA

Nombre completo y firma

\_\_\_\_\_  
Nombre completo y firma

\_\_\_\_\_  
Nombre completo y firma

Fecha:

\_\_\_\_\_

Autor:

Mauricio D. Mársico Tognola

Nombre completo y firma

Tesis aprobada por:

Director:

CLAUDIO GARCÍA

Nombre completo y firma

\_\_\_\_\_  
Nombre completo y firma

\_\_\_\_\_  
Nombre completo y firma

Fecha:

Autor:

Mauricio D. Mársico Tognola

Nombre completo y firma

## AGRADECIMIENTOS.

A los directores del presente trabajo. Ings. Agr. Claudio García, Edgardo Cardozo, Enrique Moliterno, por su colaboración y apoyo.

A Señor Cesar Burgos , que gracias a su invaluable ayuda hizo posible la realización del mismo.

Al personal técnico y de campo de la Estación Experimental INIA Las Brujas, donde se realizó el ensayo.

A todos aquellos que de una forma y otra colaboraron con el mismo.

## TABLA DE CONTENIDO

	<i>PAGINA</i>
PAGINA DE APROBACION.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	IV
1.INTRODUCCION .....	I
2.REVISION BIBLIOGRAFICA .....	2
2.1.ALFALFA.....	2
2.1.1.Crecimiento inicial .....	2
2.1.2.Crecimiento vegetativo.....	2
2.1.3.Crecimiento reproductivo .....	3
2.1.4.Producción de materia seca.....	4
2.2.RIEGO.....	5
2.2.1 Transpiración.....	5
2.2.2.Evapotranspiración .....	6
2.2.3.Criterio de riego .....	8
2.2.4.Suministro de agua.....	10
2.2.5.Estrés hídrico.....	13
2.3.FERTILIZACION.....	18
2.3.1.Tipo de suelo .....	18
2.4.ANALISIS DE SUELO.....	19
2.4.1.Nitrógeno .....	19
2.4.2.Fósforo y Potasio .....	20
2.4.3.Fósforo y Azufre.....	21
2.5.NUTRIENTE ABSORVIDO POR EL CULTIVO.....	22
2.6.MANEJO.....	25
2.7.EFECTOS DEL PASTOREO.....	26
2.7.1.Pisoteo .....	26
2.7.1.1.Efectos directos.....	28
2.7.1.2.Efectos indirectos.....	28
2.7.2.Excrecion.....	29
2.8.SUELO.....	30
2.8.1.Velocidad de infiltración .....	30
2.8.2.Medida de la velocidad de infiltración.....	31
2.8.2.1.Método del cilindro infiltrómetro.....	31
2.8.3.Necesidades de agua de los cultivos .....	32
2.8.3.1.Tanque A.....	32
2.8.4.Time Domain Reflectometry.....	33
3.MATERIALES Y METODOS.....	35
3.1.SUELO.....	35
3.1.1.Caracterización hídrica del suelo.....	35

3.2.PASTURA .....	37
3.3.DISEÑO EXPERIMENTAL.....	37
3.4.ANALISIS ESTADISTICO.....	38
3.5.TRATAMIENTO.....	39
3.6.METODO DE RIEGO.....	39
3.7. MANEJO.....	40
4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1.ESTADO DE LA PASTURA.....	41
4.2.EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO.....	44
4.3.RIEGO.....	46
4.4.PRODUCCION DE ALFALFA.....	50
4.4.1.Producción total por corte.....	50
4.4.2.Primer corte. 9/12/97.....	51
4.4.3.Segundo corte.15/1/98.....	52
4.4.4.Tercer corte.12/2/98.....	54
4.4.5.Cuarto corte.16/3/98.....	57
4.5.RESPUESTA EN RENDIMIENTO SEGÚN LAMINA APLICADA.....	61
4.6.PRODUCCION POR CORTE SEGÚN MANEJO.....	62
4.6.1.Primer corte.9/12/97.....	63
4.6.2.Segundo corte.15/1/98.....	63
4.6.3.Tercer corte.12/2/98.....	64
4.6.4.Cuarto corte.16/3/98.....	65
5.CONCLUSIONES.....	67
6.SUMMARY.....	68
7.BIBLIOGRAFIA.....	69
8.ANEXOI.....	80
9.ANEXOII.....	87

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.

Cuadro N°.	<i>Página.</i>
1. Eficiencia de uso del agua en diferentes localidades.....	7
2. Cantidad mensual de agua requerida para el cultivo de alfalfa basado en un largo período de condiciones climáticas.....	15
3. Cantidad de nutriente removido por tonelada de alfalfa.....	18
4. Análisis de suelo realizado en el experimento.....	21
5. Kg de fósforo recomendado por há, según análisis de suelo.....	22
6. Kg de nutriente absorbido pro tonelada de alfalfa.....	23
7. Respuesta esperada en alfalfa según análisis de tejidos(1).....	23
8. Rendimiento anual y respuesta a la absorción de P y K agregado por la fertilización a una alfalfa regada.....	24
9. Respuesta esperada en alfalfa según e análisis de tejidos(2).....	25
10. Estimación de la magnitud del pisoteo en pasturas.....	27
11. Rendimientos de materia seca relativos a una situación sin pisoteo 100%.....	28
12. Efectos del pisoteo durante el invierno sobre las características del suelo.....	29
13. Nutrientes depositados en áreas de excreción.....	29
14. Análisis de suelo.....	35
15. Textura.....	35
16. Humedad volumétrica en MM cada 10 cm de suelo obtenida a partir de los datos aportados mediante las mediciones de las ollas de Richard.....	36
17. Datos de humedad en MM cada 10cm de suelo obtenidos a partir de cálculos teóricos.....	36
18. Dosis de herbicidas aplicadas.....	37



Cuadro N°.	<i>Página.</i>
19. Distribución de los tratamientos en el campo.....	38
20. Diseño de los canales de riego.....	39
21. Análisis foliar.....	41
22. Numero de días por corte y desde la siembra.....	44
23. Porcentaje de humedad obtenidos a partir del TDR.....	46
24. Infiltración instantánea y acumulada.....	46
25. Lámina aplicada promedio por parcela y eficiencia de aplicación de agua .....	49
26. Distribución de la humedad para 45 cm de profundidad.....	50
27. Producción de MS por Há según tratamiento para el corte del 9/12/97.....	52
28. Producción de MS por Há según tratamiento para el corte del 15/1/98.....	54
29. Producción de MS por Há según tratamiento para el corte del 11/2/98.....	54
30. Producción de MS por Há según tratamiento para el corte del 16/3/98.....	57
31. Producción de materia seca por Há según tratamiento de riego.....	57
32. Respuesta en rendimiento según lámina aplicada.....	61
33. Tasa de crecimiento diaria según tratamiento aplicado.....	62
34. Carga instantánea (animales/há), para los tratamientos pastoreados.....	63
35. Producción promedio de materia seca en corte y pastoreo para el corte del 11/2/98.....	64
36. Producción de promedio de materia seca en corte y pastoreo para el corte del 16/3/98.....	65

Figura N°.	<i>Página.</i>
1. Resumen de los factores involucrados en el pisoteo y como interactúan las distintas combinaciones de los componentes de estos factores.....	27
2. Producción de alfalfa y malezas para el corte realizado el 9/12/97.....	42
3. Producción de materia seca de alfalfa y malezas en kg/há según los diferentes cortes realizados .....	42
4. Distribución de la producción de materia seca a lo largo del ciclo de producción evaluado.....	43
5. Porcentaje de humedad en el suelo durante el experimento.....	44
6. Infiltración instantánea.....	47
7. Infiltración acumulada.....	48
8. Distribución de la producción de materia seca de alfalfa por corte expresada en Kg/há.....	51
9. Producción de promedio de materia seca por bloque para el corte del 9 de diciembre.....	53
10. Producción de materia seca por tratamiento para el corte del 15 de enero.....	55
11. Distribución de materia seca promedio por bloque para el corte del 11 de febrero.....	56
12. Producción de materia seca por tratamiento para el corte del 16 de marzo.....	59
13. Distribución de ms promedio por bloque para el corte del 16 de marzo.....	60
14. Respuesta en materia seca (kg/há) según lámina de agua aplicada.....	61

## I.INTRODUCCION

La alfalfa es una leguminosa perenne, de ciclo estival con un alto potencial de producción de forraje, siendo a su vez ampliamente desarrollado bajo riego a nivel mundial

El alto rendimiento, calidad potencial y versatilidad en utilización, mejora de suelos y fijación simbiótica son algunos de los factores a su favor para que se utilice en los sistemas intensivos de producción.

El alto rendimiento potencial últimamente se ha visto afectado debido a la falta de agua en el período estival por lo que varios programas de alimentación lechera, carne y otras clases de ganado han sido estudiadas en los Estados Unidos(Guitjens,1990) Nuevo Gales del ( Lodge, 1986), Queensland ( Lowe et al. , 1985), en Australia.

La alfalfa es un cultivo relativamente tolerante a la sequía. fundamentalmente por su extendido sistema radicular que puede explorar un gran volumen de suelo. Sin embargo, hay resultados de investigaciones realizadas en Yuma y Maricopa ( Ottman,1996), Norte de Sudán ( Saced y Elnadi 1997) que muestran la disminución de rendimiento cuando el cultivo de alfalfa es sometido a stress hídrico ( Cohen et al. 1972). Por lo tanto se podría pensar que bajo condiciones de deficiencias de agua, el cultivo no sería capaz de desarrollar todo su potencial de producción. En las condiciones de nuestro país se presenta un período de déficit de agua entre los meses de noviembre a febrero inclusive, que oscilan entre 25 y 100 mm. (Hofstadter et al. , 1980)

Principalmente en cultivos intensivos de alfalfa y en sistemas de producción lechera altamente tecnificados, el riego podría ser una herramienta a utilizar con el fin de solucionar el problema de las deficiencias de agua y lograr altos niveles de producción de forraje, en períodos donde éste es escaso. Debido a esto el siguiente trabajo intenta cuantificar los efectos del riego sobre la producción de materia seca de alfalfa en aquellos momentos en los que se produce el estrés hídrico, aplicando a diferentes tratamientos (corte o pastoreo con ovino) distintos umbrales de riego mediante el método de riego por superficie.

## 2. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1. ALFALFA

Se pueden distinguir claramente 3 etapas de crecimiento en el cultivo de alfalfa.

- 1) inicial
- 2) vegetativo
- 3) reproductivo

#### 2.1.1 Crecimiento inicial.

Período inmediatamente post-siembra

En esta etapa el número de brotes por plantas aumenta con la edad y el máximo número se da aproximadamente en los 14 días luego de comenzado el rebrote y terminado la maduración del de la planta (Leach, 1969).

El rendimiento del crecimiento inicial depende primariamente del número de brotes y el tiempo en que demora cada uno de ellos en reanudar el crecimiento. La reducción del agua en el suelo reduce sustancialmente el número de brotes para el rebrote luego de la desfoliación (Cohen et al, 1972; Perry y Larson 1974).

Brown y Tanner (1983) reportaron que durante los primeros 14 días del rebrote después del corte el estrés de agua causaba una disminución significativa en el número de brotes, pero no tuvo efecto cuando el déficit se desarrolló en la segunda parte del periodo de crecimiento. Sin embargo datos publicados por Hodgkinson. (1973), Rains et al. (1981), Versteeg ( 1985) reportan poco crecimiento durante los primeros siete días después de cosechado.

Análisis de corona y raíz muestran una lenta recuperación del corte debido principalmente a una disminución del contenido de reservas.(Feltner y Massengale ,1965; Tabori et al , 1984; Versteeg , 1985).

#### 2.1.2. Crecimiento vegetativo.

La máxima tasa líneal de crecimiento vegetativo varia entre 13 (primavera) y 19 g/m<sup>2</sup>/día (verano) manteniéndose aproximadamente 10 - 20 días hasta que comienza la floración provocando un descenso de este crecimiento. (Dovrat, 1997)

Se asocian también temperaturas altas con el desarrollo fenológico más rápido, acortando el periodo de máximo crecimiento e intervalos de cosecha.

Investigaciones sobre tolerancia al calor realizado por Mc Kenzie et al. (1988) atribuyen este fenómeno a:

- 1) aumento de la respiración con las temperaturas altas que reducen el vigor ( Mc Williams, 1980 )
- 2) disminución de la fijación de nitrógeno ( Rogares, 1969 )
- 3) disminución de reservas en raíces y corona que retrasan el numero inicial de brotes y rebrote luego de la desfoliación ( Robinson y Massengale. 1968 )

El nivel de carbohidratos disminuye durante el rebrote vegetativo temprano y corte, aumentando cuando el área de la hoja es suficiente para fotosintetizar permitiendo acumular carbohidratos y crecer la planta.

El corte frecuente puede dar por resultado bajas reservas de carbohidratos, disminución de densidad poblacional y pérdida de rendimiento. Por consiguiente el nivel de carbohidratos no estructurales en corona y raíz puede ser usado como un indicador de la frecuencia a la que deben hacerse los cortes según el estado de la planta (Sheaffer et al, 1988).

El crecimiento de la alfalfa en un lugar oscuro representa un acercamiento para estimar las necesidades de carbohidratos a partir de sus reservas, sin embargo Mc Kenzie et al. (1988), reportó que no se observaba una correlación directa entre tasa de carbohidratos no estructurales (TNC) con el crecimiento en la oscuridad, aunque ambas medidas respondieron al estrés proporcionado por el corte.

### 2.1.3 Crecimiento reproductivo

La floración en alfalfa es conocida por reducir la dominancia apical y el rebrote a partir de la corona. Esta fase está frecuentemente asociada con el desarrollo de nuevos brotes de corona; paralelamente a la floración hay una reducción en la capacidad de fotosíntesis de las hojas basales reflejado así por el aumento de senescencia en estas y abscisión (Dovrat, 1997).

#### 2.1.4 Producción de materia seca.

Las tasas de crecimiento estacionales varían considerablemente de región en región. Estas diferencias son principalmente debidas a

- 1) longitud de estación de crecimiento
- 2) momento de corte
- 3) densidad de plantas

Muchos experimentos (Evans y Peadar, 1984; Baldocchi et al., 1981; Denison y Loomis, 1989) han mostrado que el número de cosechas y longitud de intervalo entre estas afecta el total de rendimiento estacional, calidad del material, y disminución de la persistencia.

La fuente principal para el rebrote se obtiene principalmente de las reservas de carbohidratos no estructurales en raíz y corona en el ciclo de crecimiento anterior (Hodkinson, 1969; Smith y Silva 1969; Denison y Loomis 1987).

Al no tener reservas le tomaría a la planta unas 3 semanas para volver a almacenarlas, dependiendo del cultivar, estación de crecimiento y tasa de fotosíntesis; por lo tanto sería necesario la cobertura total del suelo para aumentar estas tasas hasta el próximo corte.

Las cosechas frecuentes pueden provocar una disminución en la acumulación de reservas y atraso del rebrote cuando la alfalfa se encuentra inmadura (crecimiento vegetativo -- comienzo de floración) según Tabori et al. (1984).

Sin embargo Versteeg (1985), en el sur de Perú encontró que los tratamientos con diferentes cortes en el campo tenían pobres efectos sobre el nivel de reservas en raíz, aunque las reservas de raíz están implicadas. Concluyó que las reservas (carbohidratos monoestructurales) no eran un parámetro adecuado para evaluar el potencial del rebrote luego del corte.

Un estudio sobre riego en alfalfa realizado en Georgia Estados Unidos por Brown y Hoveland (1990) encontraron que el contenido de carbohidratos monoestructurales en raíz tendía a bajar más en verano que en invierno y más aún en el final del otoño. Sin embargo encontraron que esa disminución no estaba asociada al cultivar o al manejo de cosecha.

Experimentos realizados en California central y sur (Marble, 1974, 1980, 1989; Hagenann y Marmol, 1989) demostraron que el corte de alfalfa en estado vegetativo y comienzo de floración reduce el rendimiento comparado con el corte entre el 25 - 75 % de floración. El contenido de malezas aumenta drásticamente al final del verano y

comienzo de primavera cuando el corte era realizado a 10% de floración a intervalos menores a 25 días.

Resultados similares fueron obtenidos en el Sur de Australia (Marble 1980; Hageman y Marbe, 1983; Starke y Manson, 1987) aunque las condiciones de estos experimentos y cultivares eran diferentes, la persistencia y potencial de rebrote aumentó cuando se realizó la cosecha en un 25 - 75 % de floración comparado con la aparición de flores.

## 2.2. RIEGO.

### 2.2.1. Transpiración.

La alfalfa alcanza el máximo de transpiración cuando su follaje ha cubierto el suelo completamente. Algunas evidencias fueron encontradas de que la planta ejerce control estomático hasta que se ha agotado la mitad de la humedad disponible en el suelo (Heichel, 1983; Ludlow, 1980). Esta insuficiente regulación estomática con el aumento del déficit de agua en el suelo, frecuentemente es considerada la mayor causa del relativo alto consumo de agua de la alfalfa comparado con otros cultivos.

La transpiración cuticular puede ser sugerida como una fuente adicional de pérdida de agua en las hojas ya que la cutícula sobre la epidermis de las hojas son muy finas o virtualmente ausentes (Versteeg, 1985).

El corte de las plantas especialmente ante aumentos del déficit de agua reduce el agua transpirada y también puede considerarse que evita la deshidratación Whitefield et al. (1986).

Además de la alta conductancia estomática, otros factores como pequeñas hojas con limitada conductancia y tallo alto, con alta densidad de raíces contribuyen a una alta tasa transpiratoria Sheaffer et al. (1988).

### 2.2.2. Evapotranspiración (ET).

Después de un corte o pastoreo la transpiración es despreciable por la disminución en el número de hojas en el rastrojo. Al mismo tiempo la evaporación de la superficie del suelo puede llegar a ser máxima dependiendo de la época del año en que se coseche el forraje (Dovrat, 1997).

La evapotranspiración es función del tiempo, año, localización geográfica y etapa de crecimiento. La máxima evapotranspiración de la alfalfa bien regada se consigue en el máximo índice de área foliar (IAF = 3) Stegman et al. (1980). En estas etapas de desarrollo la tasa de transpiración es similar a la evapotranspiración.

La evapotranspiración de una densidad dada de alfalfa puede variar considerablemente durante las estaciones, entre ciclos de desarrollo y entre años debido a la variación de la demanda evaporativa y el índice de área foliar.

Resultados experimentales han mostrado la relación que existe entre el total de rendimiento de materia seca y evapotranspiración anual (Bauder et al., 1978; Guitjens, 1982; Metochis, 1980; Retta y Hanks, 1980). Sin embargo esta relación difiere de cosecha en cosecha (Metochis y Orphanos, 1981) indicando que la eficiencia del uso del agua varía durante la estación de crecimiento, particularmente cuando esta se ve afectada por las altas temperaturas (Sammis, 1981).

En situaciones donde se producen periodos de falta de lluvia (la que provocan stress hídrico) es importante cuantificar la pérdida de rendimiento para determinar la respuesta del cultivo a la aplicación del riego.

La  $E_{to}$  se define como la tasa de evapotranspiración de un cultivo extenso y uniforme de gramíneas, de 8 a 15 cm de altura, en crecimiento activo, que sombrea totalmente el suelo y no está escaso de agua. Esta  $E_{to}$  se calcula a partir de la evaporación real ocurrida en el tanque A, corregido por su coeficiente de tanque ( $k_a$ ). El cociente entre la evaporación del cultivo de referencia y el cultivo que se quiere estudiar define el coeficiente del cultivo; por lo tanto una vez obtenida la evapotranspiración del cultivo de referencia se multiplica por el coeficiente de cultivo respectivo obteniéndose la evapotranspiración de éste último.

El coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) de alfalfa no es constante ya que las cosechas periódicas resultan en extensos periodos de baja cobertura. El  $K_c$  varía desde un valor de 0.4 - 0.5 inmediatamente después del corte a un pico de 1.15 - 1.25 con cobertura total de acuerdo a los factores climáticos tales como viento y humedad entre años (Doorembos y Pruitt, 1977). Esta variación en el  $K_c$  es debida a la alteración del consumo de agua en la etapa de desarrollo de cada ciclo de producción. En muchos



experimentos usando lisímetros en línea se vio que la producción era una función lineal a la ET. La pendiente de la función de regresión define la eficiencia en el uso del agua.

Altos valores de eficiencia en el uso del agua son observados en primavera - otoño comparado con el verano donde la ET es alta y el crecimiento pobre. El promedio del uso eficiente de agua de riego en alfalfa en diferentes ambientes es observado en el cuadro N°1 ( Drovat, 1997).

Cuadro N°1. Eficiencia de uso del agua en diferentes localidades.

Lugar	Eficiencia de uso (Kg MS.m-3)	Referencia
Reno, Nevada	1.5	Guitjens, 1990
Norte de Dakota	1.6	Bauder et al., 1978
Lubbock, Texas	1.7	Bolger y Matches .1990
Cyprus	1.4-1.8	Metochis et al., 1981
Logan, Utah	1.4-2.2	Retta y Hanks ,1980
Parlier, California	2.3	Grimes et al., 1992
Davis, California	1.9#	Denison et al., 1989
Imperial Valley, Cal	2.0#	Idem
San Camilo, Perú	1.5	Zipori y Valdivia ,1982

# Simulado

La pendiente varia con los factores que afectan la evapotranspiración y el manejo del cultivo (cultivar, densidad, fecha de desarrollo, nivel de enfermedades, suministro de nutrientes).

Datos de una investigación realizada por Wright et al., (1986) sugiere que la alfalfa es capaz de ajustarse de manera osmótica y estomática para contribuir a mantener una tensión de agua al nivel de la planta a pesar de que el déficit de agua continúe aumentando en el suelo. Esto hace sin ninguna duda que la pérdida de agua por evapotranspiración sea usada muy ineficientemente bajo condiciones de fotosíntesis continuada provocando una baja tasa de acumulación de materia seca en el área foliar.

En contraste con el rápido cierre de estomas los aumentos en el déficit de agua lleva a que al ocurrir esto se produzca una anulación de la deshidratación que es esencial para la sobrevivencia de la especie cuando tiene baja tolerancia al estrés (Ludlow 1986)

### 2.2.3. Criterio de riego

La humedad aprovechable del suelo depende de la propiedades físicas del suelo y la profundidad del perfil. En suelos arcillosos la velocidad de infiltración es lenta por lo que son más propensos al exceso de agua (Bornstein et al., 1984).

En suelos superficiales hay menos volumen de raíces desarrolladas, pero la planta siempre se acostumbra al estrés de humedad dado que requiere una mayor frecuencia de riego.

Estudios realizados sobre el movimiento del agua en el sistema suelo planta sugieren que el suelo representa la mayor resistencia al flujo de agua (Philip, 1957). Sin embargo varios experimentos han concluido en que la mayor resistencia es en la planta y que la resistencia del suelo es solamente importante cuando este ha llegado cerca del punto de marchitez permanente (Denmead et al., 1976; Blizzar et al., 1980)

Por su parte Kohl et al (1976 ) concluyeron que la absorción de agua por las raíces, era función de:

- a) la diferencia entre el potencial de agua en la planta ( $\Psi_p$ ) y el potencial de agua en el suelo ( $\Psi_s$ ) para un determinado horizonte;
- b) la densidad radicular en ese horizonte;
- c) la resistencia al flujo de agua, que es mayor entre la periferia de la raíz y el xilema.

Dichos autores estudiaron la absorción de agua por la alfalfa en un suelo franco limoso con un horizonte cálcico pesado, que se extiende entre los 40 y 80 cm de profundidad, pasando gradualmente a un subsuelo no cementado.

Los resultados obtenidos, respecto a la evolución del agua y el potencial de agua en el suelo, indicaron que existió absorción de agua desde todas las profundidades.

Estos datos enfatizan el hecho de que aunque es mayor la absorción de agua desde los horizontes con mayor potencial de suelo, simultáneamente existe absorción desde horizontes con menor potencial de suelo.

Con estos datos concluyeron que el potencial de agua en la planta es el factor determinante de la absorción de agua y que el cultivo es capaz de absorber agua retenida a valores mayores a - 15 bars.

Guitjens et al (1982) desarrolló un modelo que estima la relativa absorción del agua de la tierra con un modelo de extracción en la profundidad de 40, 30, 20 y 10% del agua disponible para cuatro aumentos iguales en la profundidad de raíz, encontrando que estos representan el 70% de la extracción de la mitad superior de la zona radicular.

Bezau et al (1964) en experiencias de campo realizadas en parcelas experimentales utilizadas por Hobbs(1963) determinaron la producción de materia seca de la alfalfa, influenciado por tres tratamientos de riego determinados por tres umbrales.

- 1) Riego hasta capacidad de campo cuando en el suelo llega a 25% de agua disponible
- 2) Riego hasta capacidad de campo cuando en el suelo llega a 50% de agua disponible
- 3) Riego hasta capacidad de campo cuando en el suelo llega a 75% de agua disponible

Los rendimientos de materia seca del tratamiento con un umbral del 50% fueron mayores a los alcanzados por el tratamiento del 25% en los tres años que duró el ensayo. Mientras que sólo en dos de los tres lo fue respecto al tratamiento del 75%.

El porcentaje de agua disponible del suelo a que se puede llegar sin afectar el rendimiento de la alfalfa es del 50% (Hanson, 1991).

El número de días entre riegos depende por lo tanto de la disminución de la humedad del suelo y difiere con el tipo de suelo y momento del año. Si las 2/3 partes de la masa radicular están concentradas en los primeros 45 cm de suelo, el riego debe suministrar agua en un monto adecuado a la profundidad del suelo(Dovrat,1997).

La recuperación después del corte es fuertemente dependiente de la disponibilidad de agua en el suelo; cuando el riego fuè diferido 10 días luego de este (encontrándose el suelo con baja humedad) el rendimiento obtenido en el rebrote se redujo a la mitad comparado con el riego aplicado inmediatamente después del mismo.(Dovrat,1997)

Suspender el riego después del corte de alfalfa por un tiempo de 13 días reduce 2/3 partes de la tasa de crecimiento diaria no llegando a las fases de rebrote conseguidas por las plantas bien regadas (Cohen et al, 1972).

#### 2.2.4. Suministro de agua

Es posible la planificación de los momentos de aplicación de agua en alfalfa debido a la resistencia a la sequía de esta, principalmente por el ajuste osmótico de las plantas que contribuyen con la asimilación continua y a la translocación preferencial de asimilatos a la corona y raíz a pesar de que aumente el déficit de humedad del suelo (Wright et al, 1986).

Experimentos llevados a cabo en California (Frate et al., 1991) y en Nevada ( Guitjens, 1990) mostraron que en 2 o 3 años consecutivos sin riego durante uno o dos ciclos de crecimiento no disminuyeron el rendimiento al año siguiente cuando se volvió a regar.

Kipnis et al.(1986) durante 2 veranos consecutivos sometieron a déficit de agua a parcelas de alfalfa con una duración de 2 a 8 meses y se observó el efecto de dicho estrés sobre el invierno y primavera siguiente.

Los 7 tratamientos consistían en: tratamiento 1) solo agua de lluvia, 2) se regaba a capacidad de campo solo al principio (tratamientos de larga duración del estrés); 3) sin riego entre Abril a Setiembre 4) sin riego entre Junio a Setiembre (tratamientos de media duración del estrés); 5) sin riego entre julio a Setiembre 6) sin riego entre Junio a Octubre (tratamientos de corta duración del estrés) y por último tratamiento 7) regado luego de cada corte entre Mayo a Noviembre (tratamiento control).

Estos autores concluyeron que la capacidad de absorción de agua y la tasa de recuperación del crecimiento normal de la alfalfa en la primavera siguiente fue independiente de la duración del estrés en los distintos tratamientos evaluados

En el tratamiento 1 - 2 el rendimiento en materia seca fue un 5% y 19% respectivamente de la producción del control en la primera y segunda estación de crecimiento, mostrando los otros tratamientos valores superiores 30%-60%.

Se observó que tanto en la primera como segunda estación de crecimiento el tratamiento 7 tenía con una diferencia significativa al 5 % de probabilidad una producción mayor de materia seca (permitiendo 8 cortes) en comparación con el resto. A su vez este demostraba ser el de mayor eficiencia en el uso del agua.

Se calculó un  $R^2$  de 0.95 ( $Y = -1.93 + 0.013 ET$ ) y 0.97 ( $Y = -0.33 + 0.017 ET$ ) en la primera y segunda estación de crecimiento respectivamente entre producción de materia seca (TT/há) y la evapotranspiración (mm).

Esto concuerda en términos generales con resultados obtenidos por Sammis (1981) en diferentes localidades de Estados Unidos. Durante dos años en Nuevo Mexico se encontró que para producir una tonelada por hectárea de alfalfa consumieron 83mm de agua; esto es comparable con los datos obtenidos por este estudio donde 92 y 61mm fueron requeridos para producir una tonelada de materia seca de alfalfa en la primera y segunda estación de crecimiento, respectivamente.

Se observó que la extracción de agua variaba curvilíneamente con la profundidad del suelo independientemente del nivel de humedad. En el tratamiento 7 (tratamiento control), aproximadamente el 38 % del agua utilizada por el cultivo venía de los primeros 30 cm y esta disminuida un 8% cada 30 cm de profundidad. Los tratamientos 3, 4, 5 y 6 no fueron significativamente diferentes de este.

Bauder (1978), estudió la respuesta de la alfalfa a diferentes niveles de agua, durante tres años sobre un suelo Brunosol Eutrítico Típico, profundo y moderadamente bien drenado. Los tratamientos fueron dos frecuencias de riego determinadas por un umbral de 30% y 60% del agua disponible en 80 cm de profundidad y un testigo en condiciones de secano. Los rendimientos anuales promedio fueron 12.018 kg MS/ha para el secano, 14.161 kg MS/ha para el nivel con un umbral del 30% y 12.678 Kg MS/ha para el de 60% de umbral.

En este estudio no existieron ventajas importantes en la utilización del riego en cuanto al volumen anual de producción. Surgieron ventajas en períodos de deficiencias de agua, obteniéndose cortes de buena producción que en condiciones de secano no se lograrían. Sin embargo, en períodos con lluvias adecuadas posteriores a períodos secos, los rendimientos de los tratamientos bajo riego son sensiblemente inferiores a los alcanzados por el secano.

El autor consideró que la escasa respuesta al riego puede explicarse por los siguientes motivos:

- a) Extenso y profundo sistema radicular que le permite explorar un importante volumen de suelo.
- b) Umbrales bajos de agua en el suelo no afectarían el crecimiento de la especie.

- e) Las características de las lluvias que determina la ocurrencia de excesos de agua que traen aparejado pérdidas del número de plantas.

Se debe considerar que el método de riego utilizado fue por superficie, con aplicaciones de agua del orden de los 100 mm en cada riego.

En estas condiciones es más probable que tengan una mayor incidencia los problemas ocasionados por excesos de agua. La influencia del riego en la longevidad del número de plantas, depende de la especie, el ambiente y las prácticas de manejo. Según Keller et al., (1967) cortes bajos y frecuentes, eliminarán casi totalmente los stand de especies de alta producción como alfalfa, independientemente del riego.

Kipnis et al., 1989 encontró que por cada 1% de ahorro de agua se tenía una pérdida de 0.8% de rendimiento, obteniendo estos datos durante el verano de dos años consecutivos en Israel en varios tratamientos en secano con una duración de 3 a 6 meses comparado con los tratamientos regados.

En un experimento llevado a cabo durante 3 años sobre cuatro cultivares de alfalfa en los cuales se realizaron 12 cosechas se determinó que el rendimiento dentro de cada cosecha fue positiva y linealmente correlacionado con la evapotranspiración.

Esto coincide en términos generales con varios autores Hanks et al., 1977; Bauder et al., 1978; Retta y Hanks, 1980; Sammis, 1981; T kipinis et al., 1986; sin embargo Hanks et al., 1977 obtuvieron funciones diferentes en 4 sitios distintos con diferentes situaciones y concluyeron que no se pueden transferir estas funciones libremente de un sitio a otro, datos que coincide con los obtenidos posteriormente por Vaux y Pruitt en 1983 agregando estos que la relación varía entre sitios y cosechas específicas.

Por su parte Smeal et al., 1989 en Nuevo México encontró que el rendimiento por corte de alfalfa regada estaba en función de la transpiración, acumulación de grados días, promedio de radiación solar diaria, año y número de cosechas por año. Con estas variables realizó una ecuación de regresión múltiple que explicó el 82% de la variabilidad del rendimiento. El total de rendimiento estacional fue función de la transpiración y año explicando ésta el 90% de la variación del rendimiento.

En el mismo trabajo realizado por Undensander en 1987, se obtuvieron rendimientos con riego que variaban entre 5000 a 3900 Kg /há de materia seca, obteniéndose una mayor eficiencia en el uso de agua en aquellos cultivares en los que se alcanzaban los mayores rendimientos.

Saeed, (1997) realizó un experimento en la región semiárida del norte de Sudán para investigar los efectos de las variaciones del riego sobre el crecimiento, eficiencia en el uso del agua y rendimiento en alfalfa.

Se aplicaron 3 tratamientos 1) 65mm de agua cada 7 días, 2) 80 mm cada 10 días y 3) 104mm cada 13 días. El riego alto y poco frecuente redujo la densidad y altura de tallos, IAF y total de biomasa producida

Los máximos rendimientos para los seis cortes fueron de 15.3, 12.9, y 11.2 t/há de materia seca con una eficiencia en el uso del agua de 0.12, 0.10, 0.08 t/há.cm-l. para frecuente, medianamente frecuente y poco frecuente respectivamente.

La relación entre producción de materia seca, altura de los tallos y IAF fue positiva. La relación entre materia seca y uso del agua total fue lineal  $R^2 = 0.99$ , independiente del tratamiento de riego.

Se concluyó que para esta zona la alfalfa se debe regar frecuentemente para obtener altos rendimientos ya que las condiciones de evapotranspiración son elevadas.

#### 2.2.5. Estrés de agua.

Las plantas de alfalfa se encuentran bajo stress hídrico cuando la humedad disponible en el suelo no puede satisfacer la demanda evaporativa de la atmósfera, esto resulta en un déficit de Et y una reducción de la producción de materia seca (Dovrat, 1997 ).

Cuando se produce el estrés de agua en la segunda mitad del ciclo de crecimiento reduce las medidas de las hojas y la longitud de los entrenudos, pero no reduce el número de hojas o densidad de tallos (Bauder et al., 1978 ; Sharratt et al., 1983).

El porcentaje de peso seco total en el forraje disminuye linealmente con la altura de la planta, sin embargo la densidad de plantas decrece significativamente cuando el estrés ocurre durante los primeros 14 días de crecimiento (Brown et al., 1983).

Este hallazgo muestra que es necesario una atención diferente en las distintas etapas de crecimiento según el momento en el cual ocurre el déficit de agua. Esta información es esencial para obtener el óptimo rendimiento sobre todo en aquellas situaciones en el cual el suministro de agua sea limitado (Guitjens, 1990)

Ottman et al. (1996) realizaron un estudio durante 4 años en dos localidades donde se sembró alfalfa en dos suelos diferentes Yuma (arenoso) y Maricopa (arcillo-

arenoso) donde no se les regó en verano (julio - octubre) e invierno (noviembre - febrero) para observar los efectos de la falta de agua en la densidad y rendimiento de la alfalfa.

En Yuma como era de esperar el rendimiento disminuyó cuando no se regó en el verano, pero a su vez este decreció aún más en el año siguiente, ya que la densidad varió de 43 pl/m<sup>2</sup> en el control a 44 pl/m<sup>2</sup> en el invierno y a 16 pl/m<sup>2</sup> en el verano posiblemente debido a una disminución de los carbohidratos de raíz provocado por las altas temperaturas de verano (Robinson et al., 1968).

En cambio en Maricopa, la detención del riego en el verano no tuvo un marcado efecto en la densidad o rendimiento, esto puede ser debido a que en este sitio se recibe más agua de lluvia en el verano y a su vez el suelo tiene más capacidad para almacenar agua y retenerla.

Si bien el rendimiento se recuperó después de reanudar el riego en el año siguiente esto no ocurrió en el año posterior posiblemente debido a un efecto acumulativo de falta de humedad en el subsuelo donde no tuvo riego en el verano. diferentes prácticas culturales, ciclos de corte, condiciones medio ambientales o lluvias de verano. En cuanto a la densidad, ésta no se vió afectada por la falta de agua.

Denison et al, 1989 realizaron un modelo de simulación de riego en alfalfa para estimar las necesidades de respiración de mantenimiento, en el cual encontraron que ésta se mantenía latente en condiciones de estrés por lo que concluían que las plantas morían debido a la falta de hidratos de carbono.

Sin embargo estas consecuencias no se observaron en el campo por lo que llegaron a la conclusión de que la energía necesaria para mantener una planta de alfalfa en estado latente debido al estrés debería ser pequeña.

Dirksen et al (1985) encontró que la alfalfa tomaba agua a una alta tasa al regarla después de un período de mas de 50 días sin agua. Si bien la producción no fue afectada, la eficiencia en el uso de agua(WUE) fue baja, atribuyendo el autor a la baja cobertura del suelo aun cuando las raíces no resultaron dañadas por el estrés en el primer año.

En promedio una alfalfa bien regada consumirá 102 a 127 mm de agua por tonelada de materia seca. Trabajos realizados en Montana Declares University (Documento de internet) estiman el riego necesario basado en un largo período de condiciones climáticas



Cuadro N°2. Cantidad mensual de agua requerida para el cultivo de alfalfa basado en un largo periodo de condiciones climáticas.

MES	PROMEDIO DE MILIMETROS DE AGUA
ABRIL	43 - 46
MAYO	109 - 137
JUNIO	147 - 165
JULIO	175 - 196
AGOSTO	155 - 185
SEPTIEMBRE	81 - 107
OCTUBRE	13 - 53

Además del agua hay otros factores relacionados que afectan el resultado global.

- 1) Temperatura del agua de riego y lluvia.
- 2) Salinidad del agua.
- 3) Edad del cultivo.
- 4) Cantidad de agua aplicada.
- 5) Temperatura del aire.
- 6) Longitud de tiempo en la que se mantiene inundada, cuando se riega por inundación.

La duración de la inundación y temperatura del baño afecta el crecimiento y supervivencia de esta. La prolongada inundación puede acortar la longevidad de la alfalfa.

Varios estudios compararon el crecimiento de raíces y forraje de alfalfa inundada por varios periodos de tiempo y temperaturas diferentes. En el estudio el agua quedó en la planta por: 0, 4, 8, 12, 16 y 20 días a temperaturas de 16, 21 y 27 grados centígrados. En un segundo estudio se inundó por 3, 6, 9, o 12 días a una temperatura de 32 grados centígrados. Se midieron la raíz y el crecimiento del ápice inmediatamente después del desagüe y 3 semanas después se constataron los siguientes hechos:

- 1) El crecimiento de raíz se detuvo durante el riego.
- 2) Tres semanas después del desagüe el crecimiento del ápice era 50% menor con 8 días de inundado y 16° C.
- 3) El crecimiento del ápice fue 50% menor con 4 días de inundada y 21°C.
- 4) El crecimiento del ápice fue 50% menor con tres días de inundado y 27°C.
- 5) El crecimiento del ápice fue 50% menor con 2 días de inundado y 32°C.
- 6) Las plantas disminuyeron su crecimiento hasta morir luego de 14 días de inundación a 16° . 10 días a 21° , 8 días a 27° y seis días a 32°.

Estos bajos rendimientos son el resultado de la interferencia directa con el funcionamiento fisiológico normal de la planta. Por lo tanto el riego en inundación debe evitar ser prolongado cuando las temperaturas son altas. Una posible solución a esto sería regar con agua más fría para mantener más disuelto el oxígeno y temperaturas del aire más bajas disminuyendo la demanda elevada de oxígeno.

Los síntomas más comunes encontrados en este estudio fueron el amarillamiento generalizado y subsecuente muerte. Con altas temperatura la planta entera se ponía amarilla en un solo día. La inundación también causó la pudrición y muerte de raíz.

Si se realiza la inundación y ésta es prolongada se observa los siguientes síntomas: disminución del vigor, pérdida de plantas, las que son remplazadas por otras especies sobre todo en aquellas zonas en la cual el agua permanece mucho tiempo, color amarillo, pudrición de raíz, raíces cortas, reducción progresiva de la producción de alfalfa. Se debe asegurar por lo tanto que la distribución del agua sea uniforme y se aplique solo la que se necesita hasta llenar el perfil. Pocos suelos pueden sostener más de 152 a 203 mm de agua.

La remoción del forraje representa un significativo estrés en las plantas y esto es mayor si se las somete a inundación luego del corte, ambos en conjunto pueden llegar a provocar daños en el cultivo de alfalfa. Es por esto que A. Barta et al (1988) estudiaron la respuestas a estas prácticas de manejo sumándole a esto la observación de la composición química y mineral de raíz. Es así, que un suelo de arcilla fina se saturó por más de 14 días usando plantas jóvenes de alfalfa Verna y Anwer en etapa de floración y crecimiento vegetativo.

Se realizaron dos experimentos, el segundo luego de terminado el primero. En el primero no se observaron síntomas de marchitez o amarillamiento para ambos cultivares, mientras que en el segundo sí, atribuyendo los autores a que en este experimento la ocurrencia de 2 a 3 días nublados podrían haber disminuido la fotosíntesis provocando estos síntomas. Sin embargo estos daños se observaron en los cortados y no cortados, por lo que no es consistente con la hipótesis de que la muerte por falta de asimilados aumenta con la inundación.

Una posible explicación del amarillamiento de las hojas puede ser atribuida a la reducción del  $\text{NO}_3$  asimilado en hojas. Sin embargo en este trabajo no existió ninguna relación entre los daños de la inundación y el contenido de N en raíz ya que las concentraciones de nitrógeno en raíz fueron similares para los inundados y secano.

Se observó también que los niveles de etanol no eran los causantes de estos síntomas ya que estos eran bajos en todos los tratamientos por lo que se descarta la hipótesis de que esta toxina es la causante de la muerte de plantas debido al exceso de agua como sugirió Cameron (1973).

Sodatenkov et al (1975) sugirieron que las hojas protegen la raíz por suministrar  $\text{O}_2$ . En el corte el quitado del área foliar fue reportado por disminuir la difusión de  $\text{O}_2$  a las raíces. Sin embargo en este trabajo las alfalfas cortadas o no cortada presentaron los mismos síntomas cuando se les inundó, por lo tanto el suministro de  $\text{O}_2$  por parte de éstas no influyó en estos síntomas.

En condiciones de inundación del suelo se reduce el número de yemas por planta y más aun si la temperatura es alta (Cameron, 1973)

La mayor o menor susceptibilidad de la alfalfa a los excesos de agua, también va a estar determinada por el estado de crecimiento en que se encuentra el cultivo, siendo éste más susceptible cuando se encuentra en activo crecimiento. Por lo tanto, en períodos inmediatos al corte, cuando la planta comienza el rebrote, o durante el establecimiento del cultivo, cuando todos los órganos están creciendo activamente, son los períodos críticos y de menor tolerancia a un exceso de agua aunque la aplicación de agua es indispensable para aumentar el número de brotes en condiciones de déficit sobre todo luego del corte. (Baudet, J, 1997)

## 2.3. FERTILIZACION.

### 2.3.1. Tipo de suelo.

En Alberta del sur se precisan adecuados niveles de fertilidad en el suelo como uno de los factores más importantes cuando se quiere producir alfalfa con riego. Se puede producir de 5 a 6 t / há siempre y cuando se le agreguen cantidades adecuadas de agua y nutrientes.

El cuadro N°3 nos da aproximadamente la cantidad de nutriente removido por tonelada de materia seca de alfalfa.

Cuadro N°3.Cantidad de nutriente removido por tonelada de alfalfa.

NUTRIENTE	CANTIDAD REMOVIDA EN KG / HA
FOSFORO ( P )	4
FOSFATO ( P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	10
POTASIO ( K )	40
POTASIO ( K <sub>2</sub> O )	50
CALCIO ( CA )	30
MAGNESIO ( MG )	5
AZUFRE ( S )	5
BORO ( B )	0.08
COBRE ( CU )	0.01
HIJERRO ( FE )	0.3
MANGANESO ( MN )	0.1
MOLIBDENO ( MO )	0.002
ZINC ( ZN )	0.05

El PII para una buena producción de alfalfa oscila entre 6 a 7.5(Woodruff, 1967). Aquellos suelos con PII menor a 5.5 resultan en pobres crecimientos de alfalfa y baja nodulación, en los cuales la aplicación de cal o fertilización nitrogenada mejoraría ésta deficiencias.

Las recomendaciones de fertilizantes se basan principalmente en el análisis de suelo, el cual guiará al productor sobre la necesidad de fertilizar o no. Los resultados pueden servir como una primera aproximación, sin embargo factores adicionales como composición del suelo, distribución del nutriente en el perfil, exploración radicular, humedad, pueden ayudar a la interpretación de los datos (Simpson et al, 1973; Hiechl, 1983).

## 2.4. ANALISIS DE SUELO.

### 2.4.1 Nitrógeno.

La alfalfa es capaz de producir su propio nitrógeno a partir de su asociación con rizobium produciendo 5 toneladas de alfalfa por há aproximadamente 250kg / ha / año de nitrógeno en Alberta. Esta fijación simbiótica disminuye a partir de 4 a 5 años donde la producción disminuye.

En un trabajo realizado por Jürg, et al (1996), para evaluar el potencial de producción de alfalfa se realizó el quitado de  $\text{NO}_3$  del subsuelo para observar la influencia del nitrógeno disponible por fijación simbiótica en una alfalfa inoculada (agata) y otra no inoculada (agata inefectiva). Bajas (0.3 mM) y altas (20mM) concentraciones de  $\text{NO}_3$  fueron aplicadas por un sistema de riego instalado en el subsuelo. El nitrógeno absorbido y fijado fueron evaluados durante 2 periodos de crecimiento usando N15.

El agregado de  $\text{NO}_3$  aumentó en rendimiento de agata (sin inoculación) en un 130% en el año de establecimiento y un 157% al año siguiente ( $P < 0.001$ ), sin embargo la producción de ésta solo fue similar a la de agata en el otoño ( $P < 0.05$ ) resultando menor en primavera - verano (aún con la aplicación de 20mM de  $\text{NO}_3$ ) atribuyendo los autores que esta diferencia era debida a al falta de nitrato por parte de agata inefectiva y la igualdad en el otoño se podría dar por la menor demanda de nitrato.

No se observó que la aplicación de  $\text{NO}_3$  haya afectado la fijación simbiótica en el año de establecimiento, pero disminuyó un 40% al año siguiente demostrando que posiblemente las altas aplicaciones de  $\text{NO}_3$  (20 mM) hayan contaminado determinados sitios. Sin embargo agata absorbió un 30% menos  $\text{NO}_3$  que agata inefectiva, sugiriendo los autores que esto puede ser posible debido a que la asimilación de N atmosférico disminuya la absorción de  $\text{NO}_3$  aplicado.

Recientemente, fue sugerido que el status de  $\text{N}_2$  en la planta puede regular la fijación simbiótica ( Parson et al, 1993) y la absorción de  $\text{NO}_3$  ( Imsande et al, 1994 ); dichos autores sugieren que el pool de aminoácidos libres internamente pueden jugar un rol importante en estos mecanismos .

Si bien el aumento del rendimiento en alfalfa debido a la fertilización nitrogenada en el establecimiento es comunmente observado en sitios de baja fertilidad, se concluyó en este trabajo, que en aquellos lugares donde existía un desarrollo favorable para alfalfa y se obtenga una efectiva inoculación, la aplicación de nitrógeno mediante la fertilización no aumentará el rendimiento en este momento.

#### 2.4.2. Fósforo y Potasio.

Fixen et al (1983) y Havlin et al (1984) **condujeron un** experimento a largo plazo en riego en alfalfa en suelos calcáreos y en suelos de **composición** contrastante en Colorado. El análisis de suelo indicaba que el P era muy bajo y el K muy alto. El análisis de P en las parcelas disminuía a los 6 años de producción a un nivel donde la respuesta al rendimiento fué significativa con el agregado de P. El análisis de K siempre fue, alto en ambos suelos y no obtuvo respuesta al agregado de éste. Se concluyó que la aplicación de fertilizante (P y K) no sería recomendada a menos que la mejor calidad de la alfalfa justificara los costos de éste.

Datos similares fueron obtenidos en suelos arenosos de Kansas donde se **calculó** que las necesidades de P y K eran insuficientes para el crecimiento y mantenimiento de una producción de alfalfa bajo riego (Ball et al, 1980). El análisis de P y K después de 3 años **demostró** que hubo una disminución de un 40% de P en aquellos suelos que no recibían fertilizante. Considerando que las aplicaciones anuales de P aumentaron el rendimiento y el nivel de P en forraje se reafirmó la necesidad de fertilizar con este **mientras** que no existió ninguna respuesta al potasio.

Levin et al (1969) por su parte estudiaron la respuesta al rendimiento en alfalfa con riego a la cual se le aplicaba P. El nivel inicial de P en el suelo estaba dentro del rango (Olsen, 1954) por lo que se esperó una baja respuesta a la fertilización con P. En los tres años de estudio no hubo respuesta al P en cuanto al rendimiento por lo que nos da confianza en cuanto a los datos aportados por el análisis de suelo.

En parcelas adyacentes a estas se llevaron a cabo *similares experimentos con K*. El análisis de suelo indicaba que el K era suficiente con respecto al requerimiento anual de fertilizante (Woodruff, 1955; Hagin et al, 1963). No existió respuesta al agregado de potasio en el primer año del experimento, pero había un poco significativo aumento de rendimiento en el segundo año y un 50% de mayor rendimiento para el tercer año comparado con el control. La disminución del Potasio disponible en el control en el primer año no fue acompañada por una disminución del rendimiento en forraje, pero luego la disminución de potasio disponible en el suelo causó una considerable pérdida de rendimiento.

### 2.4.3. Fósforo y Azufre.

En un trabajo realizado por Rehem, 1987 (1978 - 1982 ) en un suelo arenoso sobre la incidencia del P y azufre en alfalfa regada se desarrolló para determinar la aplicación óptima de estos dos nutrientes. Siete niveles de P fueron combinadas con 7 niveles de azufre en una función factorial con 3 repeticiones. Los tratamientos fueron realizados antes de la siembra en 1978 y repetidas en los años siguientes.

Cuadro N°4. Análisis de suelo realizado en el experimento.

Datos	0-15cm	15-30cm	30-60cm	60-90cm	90-120cm
P+- ppm	5	4	3.5	4.5	4.8
SO4 - ppm	2.1	4.7	1.8	4.2	1.0
Mat- org%	6.9	5.6	3.8	2.5	1.2

La producción fue incrementada en todos los años y la respuesta fue curvilínea. Los incrementos de rendimiento fueron mayores cuando se aplicó más P que azufre. El análisis de varianza a través de los años mostró una interacción significativa entre año y tasa de aplicación en ambos.

El máximo rendimiento fue registrado cuando la aplicación de S fue de 56 kg/ha, si la tasa de P era mantenida constante en 33 kg/ ha.

La concentración de P disminuía con el aumento de la tasa de S, siendo esta explicada por los efectos de la dilución de este en la planta. En algunos cortes a la concentración de azufre le sucedía lo mismo con el aumento de aplicación de P.

La cantidad de agua usada por año fue variable (230-330mm).

La cantidad de P reportado en alfalfa tiene un amplio rango (0-33 kg/ha) dependiendo del tipo de suelo. En un suelo sumamente calcareo el rendimiento puede aumentar linealmente de 0-90 kg/ha (Rehem et al, 1973).

En cuanto al azufre la concentración de este era baja en todo el perfil por lo que se esperaba respuesta al agregado de este nutriente.

Los resultados aquí muestran que aunque ambos nutrientes son necesarios para el máximo rendimiento; la tasa de un nutriente para la óptima producción no varía con la tasa de aplicación del otro.

Varios autores citados por Rehm (1987) reportaron niveles adecuados de P y S en las plantas, Martin et al (1973) señaló que la concentración de P en planta puede estar en el rango de 2.4 a 3 g/kg, Gerwing et al (1958) indicó que el nivel crítico era de 2.51 g/kg por lo tanto los 2.8g/kg, necesarios para alcanzar el máximo rendimiento en este estudio esta de acuerdo con estos rangos.

En cuanto al contenido de S en el tejido vegetal hay algunas inconsistencia en los trabajos encontrados por Phumphrey (1965) ya que sugirieron valores de 2.2g/kg, los que difieren con Martel et al (1977) que muestra valores mucho mas bajos 1.1g/kg; en cambio Cadwel et al (1972) sugiere 2 g/kg.

En Alberta se realizó una tabla que recomienda dosis a aplicar según analisis de suelo para una alfalfa regada.

Cuadro N°5. Kg de fósforo recomendados por Ha, según el análisis de suelo.

ANALISIS DE SUELO ( P de 0--15 cm ) en KG / HA	FOSFORO ( P2O5 ) RECOMENDACIÓN EN KG / HA
0 - 10	60
10 - 20	50
20 - 30	45
30 - 40	40
40 - 50	35
50 - 60	30
60 - 70	25
70 - 80	20
> 80	0

Basado en Miller-Axeley

## 2.5. NUTRIENTE ABSORVIDO POR EL CULTIVO.

Se presentan a continuación la estimación de los nutrientes removidos por una alfalfa sana y con bajas cosechas anuales en California. Los datos muestran que grandes cantidades de Nitrógeno, Potasio y Calcio son tomadas por la alfalfa y bajas cantidades de Magnesio, Fósforo y Hierro. Los nutrientes más comúnmente en bajos suministros deberán ser aportados por la fertilización tal como es el caso de Potasio, Fósforo, Azufre y Boro (Martin et al. 1971)



Cuadro N°6. Kg de nutriente absorbido por tonelada de alfalfa.

ELEMENTO	NUTRIENTE REMOVIDO POR 1TT (KG/HA)
NITROGENO	225
POTASIO	162
CALCIO	144
MAGNESIO	30
FOSFORO	23
AZUFRE	22
IERRO	18

Basado en Meyer y Martin (1978)

Los análisis de tejidos de alfalfa proporcionan una guía eficaz para evaluar el estado nutritivo de las plantas y es útil para apreciar la respuesta a la fertilización. Los manuales presentados indican la concentración en categorías de respuesta deficiente, crítico, adecuado, alto (Meyer et al, 1978 y de Australia Smith, 1986). Pueden influenciar en el análisis la excesiva o limitada humedad, temperaturas altas o bajas, estado sanitario, enfermedades de raíz), cultivar y otros.

Cuadro N°7. Respuesta esperada en alfalfa según el análisis de tejido.

Categoría de respuesta *	Total de K medido en tallo (gr/ kg)	Total de P medido en tallo (gr / kg)	SO <sub>4</sub> -S medido en hoja (mg / kg)
Deficiente	4-6.5	300-500	<0.3
Crítico	6.5-8	501-800	0.4-0.9
Adecuado	8-15	801-1500	1.5
Alto	>15	>1500	>1.5

\* Concentración más común de nutrientes en plantas de alfalfa de diferentes categorías de respuesta. (Tabla extraída de Amos Drovat para K por Kafkafi et al, 1977 y Smith et al, 1982; para P Smith et al, 1982 y Smith, 1986; y para S por Rehm en 1987.)

Se presentan rangos porque no siempre se obtienen relaciones específicas entre rendimiento en planta y concentración del elemento. Se puede esperar respuesta al agregado cuando los rangos son deficientes o críticos. Usar el nivel crítico de nutriente como base para una recomendación de fertilizante requiere de mucha experiencia, juicio y además no son los únicos criterios por los cuales se evalúa la necesidad defertilización. Recomendaciones para el máximo rendimiento dependen de la etapa de crecimiento y parte de la planta de donde se sacó la muestra

La concentración de nutriente es más alta en hojas que en tallos, éstos disminuyen esta concentración a medida que la planta se desarrolla. ( Rominger et al. 1975 ).

El rendimiento aumenta en respuesta al perfeccionamiento de las practicas de manejo tal como riego, fertilización, numero de cosechas, aumento de los nutrientes absorbido, muestra de esto es el cuadro N°7.

Cuadro N°8. Rendimiento anual y respuesta a la absorción de P y K agregado por la fertilización en alfalfa regada.

Los números entre paréntesis son en promedio de contenido de los nutrientes en el total de forraje en gramos por kilogramo.

Localidad, tipo de suelo y números de corte	Aplicación de fertilizante en kg / ha	Rendimiento de materia seca en t / ha	Absorción en kg / ha de K	Absorción en kg / ha de P	Referencia
California: sedimento arcilloso. 4		14.5	350 ( 24 )		Meyer 1975
Israel: arcillo arenoso. 9	Control	14.5	276(19)		Kafkafi et al 1977
	600 K como Kel	21.0	562(26)		
Washington: sedimento arcilloso. 4		14.7	384 (26)		James et al 1975
Minnesota: arcillo arenoso. 3	Control	9.2	156 (17)	24 (2.6)	Sheaffer 1984
	501 K como Kel	13.7	300 (29)	30 (3.2)	
Colorado : arcilloso. 4	Control	12.7	253 (20)		Havlin et al 1984
	140K como Kel	13.2	294 (22)		
Kansas : arcillo arenoso. 6	Control	16.9	394 (26)	43 (2.5)	Ball and Teneyek 1980
	59 P, 149 K	21.9	494 (23)	69 (302)	

Los análisis en planta proporcionan una información adicional del nivel de nutrientes en el suelo. En la fase de brotación la planta debe tener un mínimo de 3% de Nitrógeno, 0.2 % de Fósforo y 1.7 % de Potasio. Este análisis nos permite observar los déficit de nutrientes antes de que se presenten. Cuadro N°9.( Alberta U.S.A)

Cuadro N°9. Respuesta esperada a la fertilización de alfalfa según el análisis de tejidos 2.

NUTRIENTE	BAJO(‰)	SUFICIENTE (‰)	ALTO (‰)
NITROGENO	<3	3.0-5.0	5.0
FOSFORO	<0.2	0.2-0.70	0.7
POTASIO	<1.7	1.7-3.80	3.8
CALCIO	<0.25	0.25-3.0	3.0
MAGNESIO	<0.2	0.20-1.0	1.0
AZUFRE	<0.2	0.20-0.50	0.50
<b>PARTES POR MILLION (PPM)</b>			
BORO	<20	20-80	80
COBRE	5	5-30	30
HIERRO	<20	20-250	250
MANGANESO	<20	20-100	100
MOLIBDENO	<0.5	0.5-5.0	5.0
ZINC	<20	20-70	70

Bauder, 1997.

## 2.6. MANEJO.

La alfalfa es una leguminosa que anatómica, morfológica y fisiológicamente está adaptada a esquemas de pastoreos rotativos, pocos frecuentes y de corta duración. Para maximizar la producción de forraje 3 aspectos son fundamentales en la toma de decisiones.

- a) Frecuencia de desfoliación
- b) Intensidad de desfoliación
- c) Duración

a) La alfalfa presenta como atributo notable la característica de indicar claramente cuando su condición fisiológica se ha restablecido del pastoreo o corte previo y por lo tanto se encuentra en condiciones de ser pastoreada o cortada nuevamente. Este indicador es el crecimiento de nuevos tallos que emergen desde la corona.

Una vez cortada o pastoreada la pastura, se reinicia el proceso de refoliación a partir de las reservas de carbohidratos de la raíz.

Cuando el rebrote de la parte aérea alcanza aproximadamente 20 cm de altura las reservas de carbohidratos se encuentran en un nivel mínimo, siendo este un periodo crítico para las plantas. Posteriormente las plantas siguen creciendo por lo que de aquí en mas la energía fijada por fotosíntesis excede lo que las plantas necesitan para seguir creciendo por lo que se deposita en la raíz hasta la aparición de nuevos tallos.

En el periodo de floración el 100% de la restauración de reservas coincide con la plena floración; sin embargo en este momento el forraje será de baja calidad por pérdidas de hojas basales y una alta proporción de tallos. Si el pastoreo se inicia cuando las plantas presentan un 10-20% de floración, las reservas se encuentran aproximadamente a un 80% del máximo, el rebrote posterior será algo más lento pero el forraje consumido tendrá mayor contenido de hojas y calidad (Formoso, 1997).

Si en el manejo del alfalfar se prioriza la calidad, hay que tener en cuenta que se obtendrá un rebrote más lento, con menor número de tallos por planta y con mayores riesgos de muertes de plantas frente a diferentes estréses, enfermedades, sequía, etc.

b) En términos generales se considera una altura de rastrojo adecuada desde el punto de vista del rendimiento y persistencia, aquella que deja un césped residual pos pastoreo de 5 cm. La característica de presentar las yemas de la corona localizadas en su mayoría inmediatamente por debajo de la superficie del suelo, o sea, fuera del horizonte de pastoreo, inclusive de lanares, permite aplicar altas intensidades de pastoreo en cultivos vigorosos.

El retiro de animales de un alfalfar donde aún persiste abundancia de rastrojo, tallos o fracciones de los mismos, sin comer de ser considerado como un manejo inapropiado por:

- 1) Un desperdicio económico y baja utilización.
  - 2) Puede posibilitar una mayor proliferación de enfermedades y por lo tanto condicionar la sanidad del nuevo rebrote.
  - 3) Los tallos largos remanentes ejercen un mayor grado de inhibición correlativa que se traduce en un rebrote más lento, perdiendo capacidad de producción de forraje.
- d) En cuanto a este punto se debe primeramente ajustar la carga animal de tal forma que el forraje disponible sea consumido antes que se reinicie el crecimiento masivo del nuevo rebrote basal. originando en las plantas que fueron pastoreadas los primeros días de iniciado el pastoreo. y que tenga riesgo de ser eliminado por el diente.

La duración del pastoreo depende de la tasa de crecimiento basal de cada cultivo. Esta será tanto mayor cuanto más vigoroso sea el cultivo y cuanto más propicias para el cultivo sean las condiciones climáticas. ( Formoso, 1997)

## 2.7. EFECTOS DEL PASTOREO.

### 2.7.1. Pisoteo.

Las presiones y daños debidos a las pezuñas de los animales y la frecuencia con la cual una pastura puede ser pisoteada, no siempre ha sido apreciadas. Así en un trabajo

realizado por Frame ( 1975), se estimó la magnitud del pisoteo en pasturas. La magnitud del pisoteo en otras situaciones puede estimarse en dicha tabla variando la dotación y el recorrido diario. A esto debe agregarse la carga que representan las 7-9 horas que el animal está echado y las 7-9 horas en que camina pero sin pastoreo activo.

La presión de la pezuña de un animal parado se duplica al caminar.

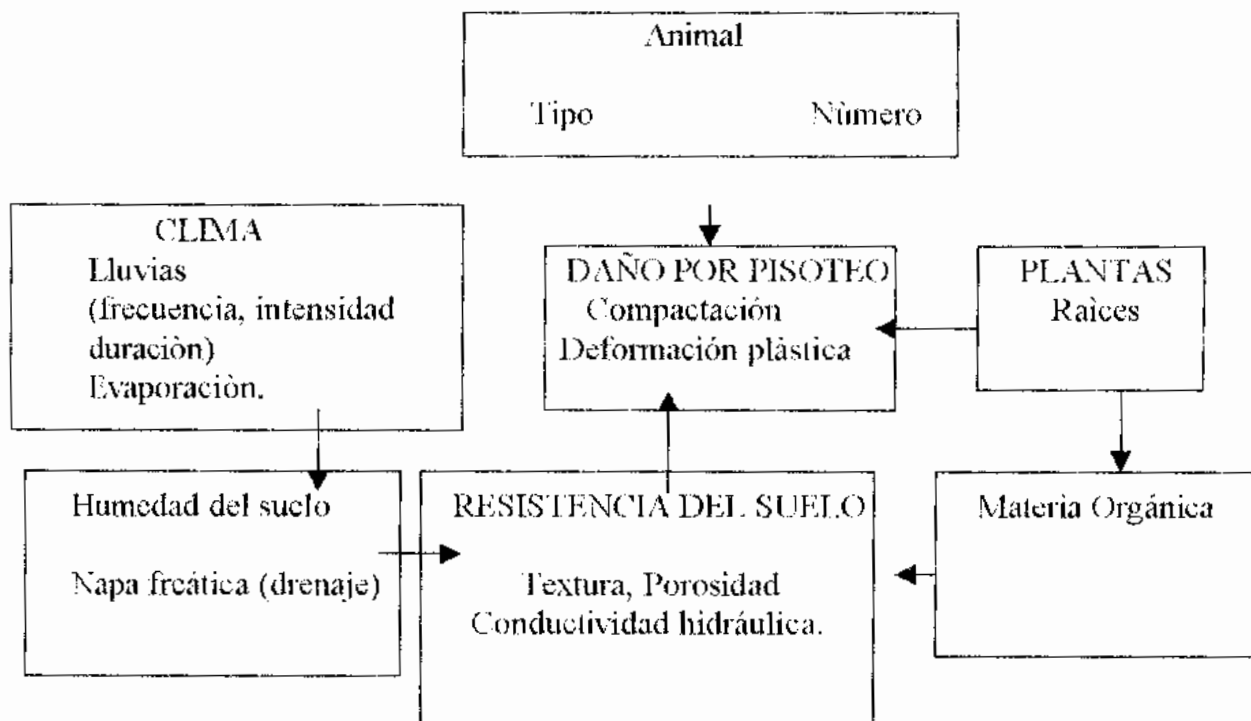
Cuadro N°10. Estimación de la magnitud del pisoteo en pasturas.

	Intensivo	Extensivo
Peso vivo (Kg)	50	50
Á total de pezuñas (cm <sup>2</sup> )	80	80
Presión de la pezuña sin caminar (kg/cm <sup>2</sup> )	0.62	0.62
Animales / ha	10	2.5
numero de veces que la pastura es completamente pisoteada	22	9

Frame, 1975.

Trabajos de D. R. Edmond en Nueva Zelanda, Actualizados por Brown y Evans ( 1973 ) concluyeron que todo pisoteo daña la pastura, independientemente del tipo de suelo, la humedad del mismo, las especies forrajeras o el tipo de animal.

En la figura N°1 (adaptado de Patto et al .1978) Resumen de los factores involucrados en el pisoteo y como interactúan las distintas combinaciones de los componentes de estos factores.



### 2.7.1.1. Efectos directos.

El pisoteo puede dañar o destruir puntos de crecimiento, hojas, tallos y raíces; puede también mover plantas de lugar. La producción de forraje se afecta en el corto plazo dado que el rebrote se reduce por menor número de plantas y menor tasa de crecimiento.

En el largo plazo, puede ocurrir un deterioro en la composición botánica. El daño es mayor con forrajes de menor altura y condiciones de humedad.

Edmond en 1964 observó los rendimientos de materia seca relativos a una situación sin pisoteo 100%.

Cuadro N°11. Rendimientos de materia seca relativos a una situación sin pisoteo 100%.

	Carga 32ovejas/hà
Lolium perenne	77
Trifolium Repens	40
Trifolium Pratense	13
Dactylis Glomerata	20

### 2.7.1.2. Efectos indirectos.

El pisoteo puede causar daño estructural a las capas superficiales del suelo, modificando características físicas tales como densidad aparente, agregación, distribución de la porosidad y friabilidad. El crecimiento de la pastura se afecta entonces indirectamente por las variaciones que originan en la humedad del suelo, el espacio de aire o temperatura y los impedimentos mecánicos para el desarrollo de las raíces.

Los síntomas principales de daño estructural son la compactación en las capas superiores del suelo y la menor velocidad de infiltración de agua.

Un trabajo realizado por Mullen et al en 1974 ilustra algunas de estas características .

Cuadro N°12. Efectos del pisoteo durante el invierno sobre las características del suelo.

	Carga ( novillos /ha)		
	0	2	6
Densidad aparente (gcm-3)	1.14	1.16	1.19
Estabilidad media de agregados (% soluble al agua)	92.03	91.78	90.10
Resistencia media del suelo ( mm de penetración)	16.4	11.5	10.7
% de área pisoteada	0	60	74

### 2.7.2. Excreción.

Estudios sobre el retorno de las deyecciones animales han mostrado que gran proporción de los nutrientes contenidos en el forraje son excretados, siendo esto variable con la edad, estado fisiológico y tipo de animal. Vacunos en engorde y ovejas pueden excretar más del 90% de minerales. La cantidad de nutriente reciclado variará de acuerdo a la cantidad de forraje consumido y la composición del mismo.

Del total de nutrientes excretados la orina contiene 70-80% de nitrógeno, 80-90% de potasio y 60-70% de magnesio y azufre; las heces contienen el resto de nutrientes y casi el 100% de fósforo y el calcio. (Frame, 1971)

Frame en 1971 estudió la devolución por orina y heces de los tres principales minerales.

Cuadro N°13. Nutrientes depositados en las áreas de excreción ( kg/ha)

MINERALES	ORINA	HECES
Nitrógeno	300-400	600-700
Fósforo	10-20	100-200
Potasio	500-600	200-300

Frame (1966), trabajando con mezclas de Raigrás perenne y Trébol blanco encontró que aquellas parcelas pastoreadas con lanares tuvieron mayores rendimientos tanto en materia seca acumulada como en materia orgánica digestible, comparadas con las que fueron manejadas bajo corte. En este experimento los resultados fueron debidos

Cuadro N°12. Efectos del pisoteo durante el invierno sobre las características del suelo.

	Carga ( novillos /ha)		
	0	2	6
Densidad aparente ( $g\text{cm}^{-3}$ )	1.14	1.16	1.19
Estabilidad media de agregados (% soluble al agua)	92.03	91.78	90.10
Resistencia media del suelo ( mm de penetración)	16.4	11.5	10.7
% de área pisoteada	0	60	74

### 2.7.2. Excreción.

Estudios sobre el retorno de las deyecciones animales han mostrado que gran proporción de los nutrientes contenidos en el forraje son excretados, siendo esto variable con la edad, estado fisiológico y tipo de animal. Vacunos en engorde y ovejas pueden excretar más del 90% de minerales. La cantidad de nutriente reciclado variará de acuerdo a la cantidad de forraje consumido y la composición del mismo.

Del total de nutrientes excretados la orina contiene 70-80% de nitrógeno, 80-90% de potasio y 60-70% de magnesio y azufre; las heces contienen el resto de nutrientes y casi el 100% de fósforo y el calcio. (Frame, 1971)

Frame en 1971 estudió la devolución por orina y heces de los tres principales minerales.

Cuadro N°13. Nutrientes depositados en las áreas de excreción ( kg/ha)

MINERALES	ORINA	HECES
Nitrógeno	300-400	600-700
Fósforo	10-20	100-200
Potasio	500-600	200-300

Frame (1966), trabajando con mezclas de Raigràs perenne y Trèbol blanco encontró que aquellas parcelas pastoreadas con lanares tuvieron mayores rendimientos tanto en materia seca acumulada como en materia orgánica digestible, comparadas con las que fueron manejadas bajo corte. En este experimento los resultados fueron debidos



seguramente a la interacción entre la proporción de gramínea/leguminosa con el nitrógeno proveniente de las heces y orina del trébol blanco.

## 2.8. SUELO

### 2.8.1. Velocidad de infiltración.

El contenido de agua en el suelo cambia continuamente como consecuencia de los movimientos de agua que ocurren en él. Las principales causas por las cuales se producen estos movimientos son las siguientes:

- 1) Gravedad, por la cual el propio peso del agua hace que ésta tienda a caer hacia las capas inferiores del suelo.
- 2) Capilaridad, mediante la cual el agua tiende a desplazarse por los espacios que forman los poros del suelo en todas las direcciones posibles.
- 3) La distinta concentración de sales contenidas en el agua del suelo. Debido a ello, el agua se desplaza desde las zonas de mayor concentración hacia las de menor concentración.

El movimiento del agua en el suelo empieza con su entrada en el perfil mismo, continúa con su almacenamiento en la zona explorada por las raíces y termina con su salida de esta zona mediante los siguientes procesos:

- 1) Paso del agua a zonas más profundas ( drenaje).
- 2) Evaporación en la superficie del suelo, hasta donde el agua asciende por capilaridad.
- 3) Absorción por la planta.

La infiltración es el movimiento del agua desde la superficie del suelo hacia abajo, que tiene lugar después de una lluvia o de un riego. La facultad de un suelo para permitir el paso del agua a su través recibe el nombre de permeabilidad. La cantidad de agua que se infiltra en el suelo depende de la velocidad de infiltración, que está íntimamente relacionada con la permeabilidad.

Al principio de la lluvia o del riego el agua penetra con rapidez, pero la permeabilidad disminuye progresivamente a medida que las arcillas se expansionan y taponan parcialmente los poros, hasta que llega un momento en que se estabiliza.

Esta permeabilidad estabilizada es la que más interesa desde el punto de vista del riego ya que no se debe aportar un nivel de agua superior a ésta ya que de lo contrario daría lugar a encharcamientos o escurrimientos superficiales.(Fuentes,1992)

## 2.8.2. Medida de la velocidad de infiltración.

### 2.8.2.1. Método del cilindro infiltrómetro.

Este método consiste en verter agua en un tubo cilíndrico colocado sobre el terreno y medir en tiempos sucesivos la disminución de la altura del agua vertida en el cilindro. El agua penetra en profundidad en el área de terreno correspondiente a la base del cilindro, pero también se extiende lateralmente, lo que origina un resultado erróneo por exceso. Para evitar este inconveniente se dispone otro tubo cilíndrico de mayor diámetro concéntrico con el anterior, y se vierte agua también en el espacio comprendido entre los dos cilindros. De este modo el agua de los dos recipientes penetra en el suelo al mismo tiempo, evitándose la infiltración lateral del agua vertida en el cilindro interior, con lo cual el vaciado de este cilindro indica la velocidad de infiltración con más exactitud.

El cilindro central, de acero, debe tener un diámetro de, al menos, 30cm y una longitud superior a los 30cm. Es recomendable que el acero tenga un espesor de 5mm y vaya provisto de un borde con filo, con el fin de clavarlo con facilidad en el terreno sin deteriorar la estructura del suelo. El cilindro periférico tendrá una longitud de 20-25cm y un diámetro de, al menos, 30cm que el del cilindro interior. La lectura de la altura del agua se hace mediante una regla graduada.

El proceso de la medición se hace de la siguiente forma:

\_\_\_ Se coloca el cilindro de menor diámetro en el lugar elegido y se introduce en el suelo mediante golpes de martillo hasta que haya penetrado 15-20cm. Se procurará en todo momento que el cilindro quede inclinado, con el fin de evitar que se alteren las condiciones de la superficie del suelo.

\_\_\_ El cilindro de mayor diámetro se coloca concéntrico con el anterior y se introduce a mayor profundidad que este último.

\_\_\_ Se llena de agua el espacio comprendido entre ambos cilindros hasta una altura de 5-10cm y se mantiene esa altura de agua durante todo el proceso.

\_\_\_ Inmediatamente después se llena de agua el cilindro interior hasta una altura de 15-20cm. Rápidamente se marca este nivel, que ha de servir de referencia a las lecturas posteriores, y se anota el momento de la observación.

\_\_\_ Se realizan mediciones de la altura de agua del cilindro interior a intervalos periódicos de 15 minutos anotando los valores observados. Si se quiere tener una información más completa, se puede hacer mediciones a los 5, 10, 20, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos, hasta llegar que la permeabilidad se estabilice.

\_\_\_ Cuando el agua baja hasta una altura de unos 6cm se rellena el cilindro central hasta el nivel inicial.

\_\_\_ Con los datos obtenidos se calcula la cantidad de agua infiltrada durante un determinado tiempo y se elaboran los gráficos correspondientes de infiltración

instantánea y acumulada. Para una mayor seguridad en los resultados conviene hacer las mediciones con 3 equipos y sacar la media de las mismas. ( Fuentes, 1992)

### 2.8.3. Necesidades de agua de los cultivos.

#### 2.8.3.1. Tanque A.

Los efectos combinados de la radiación, la temperatura, la humedad y el viento influyen sobre la cantidad de agua evaporada en una superficie de agua libre. Estos mismos elementos climáticos influyen también, de un modo análogo, sobre la evapotranspiración de las plantas. El método del tanque A se basa en relacionar la evaporación del agua del tanque con la evapotranspiración del cultivo de referencia ET, mediante la siguiente fórmula:  $ET_0 = k_a * E_T$

Ka: coeficiente del tanque, que depende del tipo de tanque, del clima y del medio que circunda el tanque.

E<sub>p</sub>: Evaporación del tanque, expresada en mm por día. Representa el valor medio diario del período considerado.

ET<sub>0</sub>: Evapotranspiración del cultivo de referencia, expresada en mm por día.

El tanque se instala en un medio abierto, en un sitio donde no haya a sus alrededor cultivos que tengan más de 1m de altura en un radio de 50m. A su alrededor habrá suelo desnudo o hierba verde cortada frecuentemente.

El nivel del agua en el tanque no debe aproximarse ni alejarse mucho del borde. Cuando el nivel sube hasta 5cm de la borde o baja hasta 7.5cm del mismo (como consecuencia de una lluvia o de la evaporación, respectivamente), se quita o se añade agua.

La lectura de la altura de agua en el tanque se hace todos los días a la misma hora mediante un tornillo micrométrico situado en un depósito. La lectura ha de hacerse de forma meticulosa, para evitar errores.

El Ka varía con el clima de la región, el tipo de cubeta y la colocación de la misma (situada sobre una cubierta verde o sobre barbecho). ( Fuentes, 1992)

## Evapotranspiración.

Utilizando los métodos anteriormente descritos para el cálculo de la  $ET_0$ , la evapotranspiración de cualquier cultivo se obtiene mediante la fórmula siguiente:

$$ET = ET_0 * k_c$$

ET: Evapotranspiración del cultivo expresado en mm por día.

$ET_0$  : Evapotranspiración de cultivo de referencia, expresado en mm por día.

$K_c$ : Coeficiente de cultivo.

El valor del coeficiente de cultivo depende de las características de la planta, y expresa la variación de su capacidad para extraer el agua del suelo durante su período vegetativo. Esta variación es más evidente en cultivos estacionales, que cubren todo su ciclo en un periodo reducido de tiempo. En estos cultivos hay que distinguir cuatro fases en su período vegetativo:

- 1) Fase inicial: Abarca desde la siembra hasta que el cultivo cubre un 10% del suelo.
- 2) Fase de desarrollo del cultivo: Abarca desde el final de la fase inicial hasta que el cultivo cubre la máxima superficie del suelo, aunque las plantas no hayan alcanzado todavía la altura máxima.
- 3) Fase final: El cultivo cubre totalmente el suelo hasta su maduración.

La duración del periodo vegetativo depende de varios factores, tales como la variedad cultivada, el clima, la estación, etc. El mismo cultivo se desarrolla más deprisa cuando se cultiva en un clima cálido o durante la estación calurosa que cuando se cultiva en un clima frío. (Fuentes, 1992)

### 2.8.4. Time Domain Reflectometry. ( TDR)

El TDR es un instrumento que mide indirectamente el contenido de agua en el suelo a través del tiempo de viaje de cortos pulsos de energía electromagnética. El tiempo en que una onda electromagnética demora en atravesar un determinado material es directamente proporcional a la raíz cuadrada de la constante dieléctrica de ese material (Ramo, et al, 1984).

La constante dieléctrica ( $k_a$ ) varía de 4, para suelos secos a 40, para suelos húmedos.

Estudios realizados por Topp et al (1980), encontró la siguiente ecuación polinómica de tercer grado entre el contenido de agua en el suelo y la constante dieléctrica.

$$\text{Contenido de agua en el suelo} = 0.053 + 0.0292 * k_a - 0.0055 * k_a^2 + 0.000043 * k_a^3. (1)$$

Esta relación depende poco de la textura del suelo, densidad, salinidad y temperatura y puede por lo tanto ser usado en un amplio tipo de suelos. Entonces la determinación del contenido de agua en el suelo a partir del TDR envuelve las siguientes etapas:

- 1) Transmitir una alta frecuencia de pulsos electromagnéticos a través del suelo.
- 2) Medir el tiempo de viaje del pulso a través del suelo, conociendo previamente la profundidad de la medida.
- 3) Calcular la constante dieléctrica del tiempo de viaje y profundidad del suelo.
- 4) Calcular el contenido de agua en el suelo a través de la ecuación presentada anteriormente.(1)

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1. SUELO

El ensayo fue realizado en la Estación Experimental INIA Las Brujas en el departamento de Canelones. El suelo utilizado fue un Argisol Subeútrico Melánico Abrúptico de 0- 1% de pendiente. El análisis químico del suelo fue realizado en INIA La Estanzuela ( cuadro N°14) . Los métodos analíticos de pH fueron realizados con electrodos potenciométricos en relación suelo:agua 1:25. El carbono orgánico se determinaron por el procedimiento de Tinsley . El potasio , calcio y magnesio se determinó por fotometría de absorción atómica. El fósforo fue determinado por colorimetría y el nitrógeno por el método de Kjeldhal clásico .

Cuadro N°14. Análisis de suelo

Profundidad	PH (H <sub>2</sub> O)	% C ORG	BRAY Ug P/g	K	Na
				Mcq/ 100g	Mcq/ 100g
0 - 20 cm	5.81	3.08	11.1	0.44	0.51
20 - 40 cm	5.85	2.37	5.2	0.36	1.23

CuadroN°15. Textura

PROFUNDIDAD	ARENA	LIMO	ARCILLA
0-20	23	51	26
20-40	20	48	32

El análisis físico e hidrico fue realizado en el laboratorio de suelo de INIA Las Brujas (Cuadro N°15)

#### 3.1.1. Caracterización hídrica del suelo.

Se evaluó el agua disponible en el suelo utilizando dos métodos: el primero a partir de datos extraídos de las ollas de Richard, donde se colocaban muestras de suelo imperturbadas a diferentes tensiones, para de ésta forma obtener el agua retenida a capacidad de campo como a marchitez permanente (CuadroN° 16).

A su vez estos datos reales de retención de agua por este suelo fueron comparados con los obtenidos a partir de fórmulas teóricas observándose algunas diferencias en cuanto a los resultados( Cuadro N° 17).

#### Cuadro N°16

Humedad volumétrica en mm cada 10cm de suelo obtenida a partir de los datos aportados mediante las mediciones en las ollas de Richard.

Profundidad	CC (mm) promedio	CMP(mm) promedio	Agua (mm) disponible
0-10cm	53,86	35,35	18.51
10-20cm	61,17	45,06	16.11
20-40cm	54,12	37,88	16.24*2
	67.1 mm		

Cuadro N° 17. Datos de humedad en mm cada 10 cm de suelo obtenidos a partir de cálculos teóricos.(Hv%)

PROFUNDIDAD	DAP	AGUA DISP.
0 - 20 cm		<i>Horizonte A</i>
$CC = (0.023*23) + (0.25*51) + (0.61*26) = 29.14$	1.3	37.88 mm/10cm
$CMP = (0.001*23) + (0.12*51) + (0.57*26) = 20.96$	1.3	27.25 mm/10cm
Agua disponible cada 10 cm de suelo		<b>10.63 mm/10cm</b>
20 - 40 cm		<i>Horizonte B</i>
$CC = (0.023*20) + (0.25*48) + (0.61*32) = 32$	1.3	41.6mm/10cm
$CMP = (0.001*20) + (0.12*48) + (0.57*32) = 20.6$	1.3	26.78mm/10cm
Agua disponible cada 10 cm de suelo		<b>14.82mm/10cm</b>
TOTAL DE AGUA PARA LOS 40cm		$(10.63*2) + (14.82*2) = 50.9mm$

CC: Método desarrollado por Bodman y Mahmud.

CMP: Método desarrollado por Máximov.

### 3.2. PASTURA

El 10 de junio de 1997 se sembró Alfalfa variedad Creoula con una densidad de 12 Kg / há en línea. La siembra se realizó con una sembradora Semeato de doble disco. Se aplicaron 150 Kg / há de supertriple 40/46. Debido al enmalezamiento existente se realizaron los siguientes tratamientos ordenados en orden cronológico(CuadroNº18).

Cuadro N°18. Dosis de herbicida aplicadas.

FECHA	PRODUCTO	DOSIS
30/7	Buctril	750cc/há
	Verdic	400cc/há
16/9	Buctril	600cc/há
	Hache Uno Super	600cc/há
30/10	Basagrán	400cc/há
	Hache Uno Super	400cc/há

### 3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones, y con un arreglo factorial de los tratamientos, consistiendo en dos manejos de la pastura por tres niveles de riego. Por lo tanto el arreglo factorial determinó los siguientes tratameintos.

- 1) secano corte
- 2) secano pastoreo
- 3) 50% de umbral de riego con corte
- 4) 50% umbral de riego con pastoreo
- 5)75% de umbral de riego con corte
- 6) 75% de umbral de riego con pastoreo.

Dichos tratamientos eran asignados a cada bloque mediante el sorteo de cada parcela.(Cuadro N°19)



Cuadro N°19. Distribución de los tratamientos en el campo

BloqueIII	BloqueII	BloqueI
6	4	2
1	3	3
3	1	6
5	5	5
4	6	1
2	2	4

### 3.4. ANALISIS ESTADISTICO

A los cortes realizados el 9/12 como el 15/1 no se les realizó el análisis estadístico debido a que no se realizaron los tratamientos planteados ( diferentes niveles de riego y distintos manejos). En cambio la producción de materia seca del corte realizado el 11/2 en el cual se realizaron solamente los diferentes manejos, no aplicándose agua de riego fue analizado a través del siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + TP_j + \mathcal{E}_{ij}$$

Donde:  $Y_{ij}$  es la variable de respuesta.  
 $\mu$  es la media general  
 $B_i$  es el efecto al i-esimo bloque  
 $TP_j$  es el efecto del j-esimo tratamiento de pastoreo  
 $\mathcal{E}_{ij}$  es el error experimental

Para la producción de materia seca del corte del 16/3 el análisis se realizó a través del siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + R_j + TP_k + (R*TP)_{jk} + \mathcal{E}_{ijk}$$

Donde :  $Y_{ijk}$  es la variable de respuesta.  
 $B_i$  es el efecto del i-esimo bloque  
 $\mu$  es la media general  
 $R_j$  es el efecto del j-esimo nivel de riego  
 $TP_k$  es el efecto del k-esimo tratamiento de riego  
 $(R*TP)_{jk}$  es la interacción entre los niveles de riego y el manejo  
 $\mathcal{E}_{ijk}$  es el error experimental

### 3.5. TRATAMIENTOS

Cada tratamiento ocupaba una superficie de 60 m<sup>2</sup> (10\* 6) excepto aquellos tratamientos realizados en secano en los cuales se le dejaba un largo superior al resto (20 metros de largo) para que no se vieran influenciados por el efecto del riego en las parcelas contiguas.

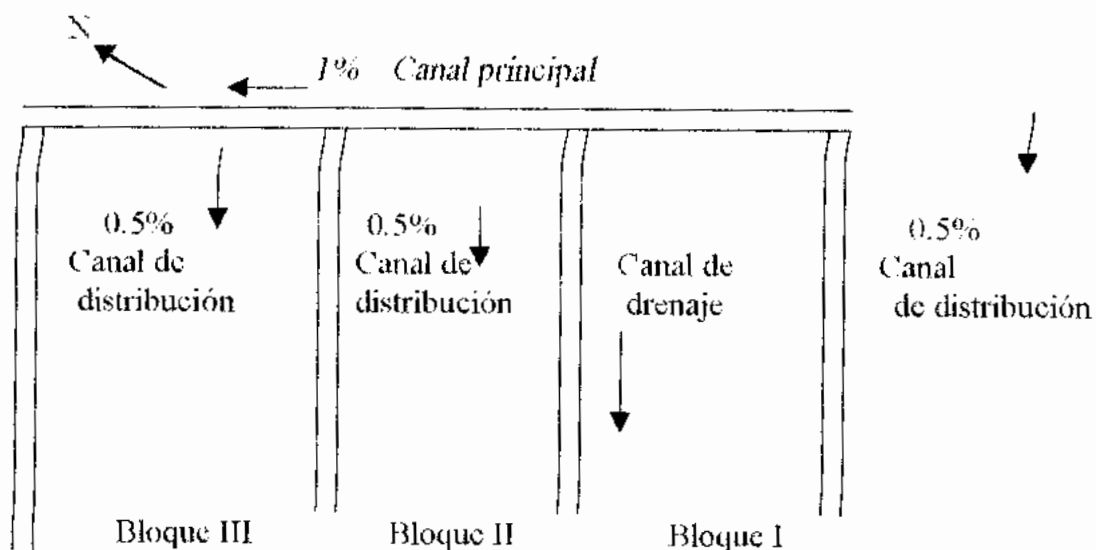
Los tratamientos con corte eran realizados con una pastera " baja " la que dejaba un remanente entre 5-10 cm de altura una vez que el cultivo cubría completamente el suelo (floración temprana).

En cuanto a los tratamientos con pastoreo la carga utilizada fue variable debido a las dificultades practicas existente para manejar el lote de ovinos, situándose esta entre 1600 corderos/há a 4800 (carga instantánea). Estos eran mantenidos en dichas parcelas hasta que el área foliar remanente fuera similar a la dejada por el tratamiento con corte.

### 3.6. METODO DE RIEGO

El método utilizado fue el de riego por superficie. En la siguiente figura se representa el diseño de los canales en las parcelas (canal principal y de distribución en cada tratamiento).

Cuadro N°20. Diseño de los canales de riego.



Se determinó la infiltración instantánea como también acumulada mediante el uso del doble anillo infiltrómetro, así como la lámina de reposición según la profundidad radicular y umbral prefijado. Estos resultados son importantes para conocer la lámina a aplicar y el tiempo de aplicación.

Para la determinación de la velocidad de infiltración se utilizó el método de Kostiacov, (1932)  $I = a + bt$ , siendo  $I$  la velocidad de infiltración para un tiempo determinado ( $t$ ),  $a$ ) la ordenada en el origen y  $b$  el componente adimensional.

### 3.7. MANEJO

En la periferia de cada bloque se realizaron los canales de riego como de drenaje. Se pretendió que tuvieran una pendiente de 0.3 a 0.5 %. Las compuertas utilizadas en el canal fueron de chapas de zinc colocadas al final de la parcela que se pretendía regar, para que de esta forma el agua desbordara hacia esta. Para facilitar el desplazamiento de agua dentro de la parcela se realizaron pequeñas rastrilladas.

La humedad del suelo era controlada por el TDR (Time Domain Reflectometry), ubicado durante todo el experimento en el bloque 3, tratamiento 5 y 3. La profundidad del suelo en la que se medía la humedad fue de 15, 30, 45, y 60 cm. Cuando se alcanzaban los umbrales prefijados para la profundidad radicular establecida se procedía inmediatamente a realizar el riego correspondiente.

En cuanto al corte éste se realizaba con pastera cuando la alfalfa se encontraba cubriendo totalmente el suelo. El muestreo fue realizado mediante un rectángulo de 0.1 m<sup>2</sup> colocándose, por lo general, en el centro de la parcela para que no existiera efecto de borde, repitiéndose esta tarea 5 veces en cada parcela. Las muestras de pastura eran llevadas al laboratorio para determinar su peso fresco mediante una balanza de precisión. Luego eran colocadas en estufa a 65°C por 48 horas para posteriormente determinar su peso seco.

Para obtener el peso seco de los rechazos se procedía de igual forma que con las muestras descritas anteriormente.

Los ovinos eran ingresados aproximadamente a las 9.00 de la mañana y quitados a las 4.30 de la tarde midiéndose luego del pastoreo el rechazo.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

##### 4.1 ESTADO DE LA PASTURA.

Para conocer el estado nutricional en que se encontraba la alfalfa al comienzo del experimento se realizó un análisis foliar el 16/9, estando dichos resultados dentro de los rangos normales segun datos obtenidos en Alberta USA( Agriculture, food and rural development) (Cuadro N°21 )

Cuadro N°21. Análisis foliar.

Nitrogeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Zinc	Cobre	Manganeso	Boro
%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
3.67	0.33	2.42	1.34	0.24	96	34	10	62	0

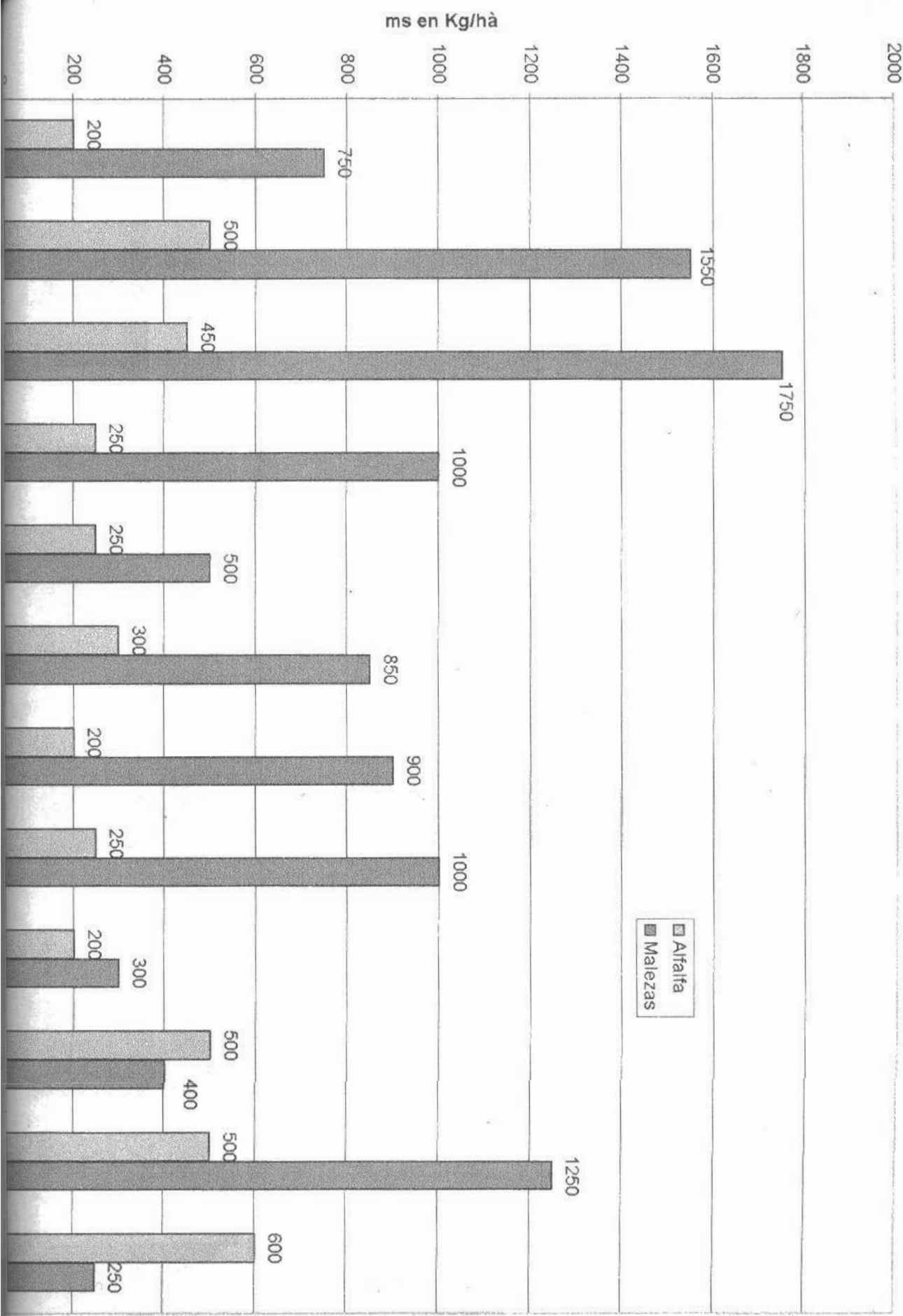
La Figura N°2 muestra la producción de materia seca del primer corte realizado el 9/12. Se observa una presencia muy importante de malezas en todas las parcelas. Las principales malezas encontradas en el experimento fueron: Raigrás( Lolium Multiflorum), Cardos (Cirsium vulgare), Manzanilla (Anthemis cotula), las cuales fueron controladas mediante la aplicación de herbicida.

Al analizar el cultivo desde el punto de vista de su nivel de enmalezamiento a través del tiempo, se observa en la Figura N°3 un alto contenido de malezas a los 98 días de sembrado (16/8/97), momento en el cual se realizó el muestreo en blanco

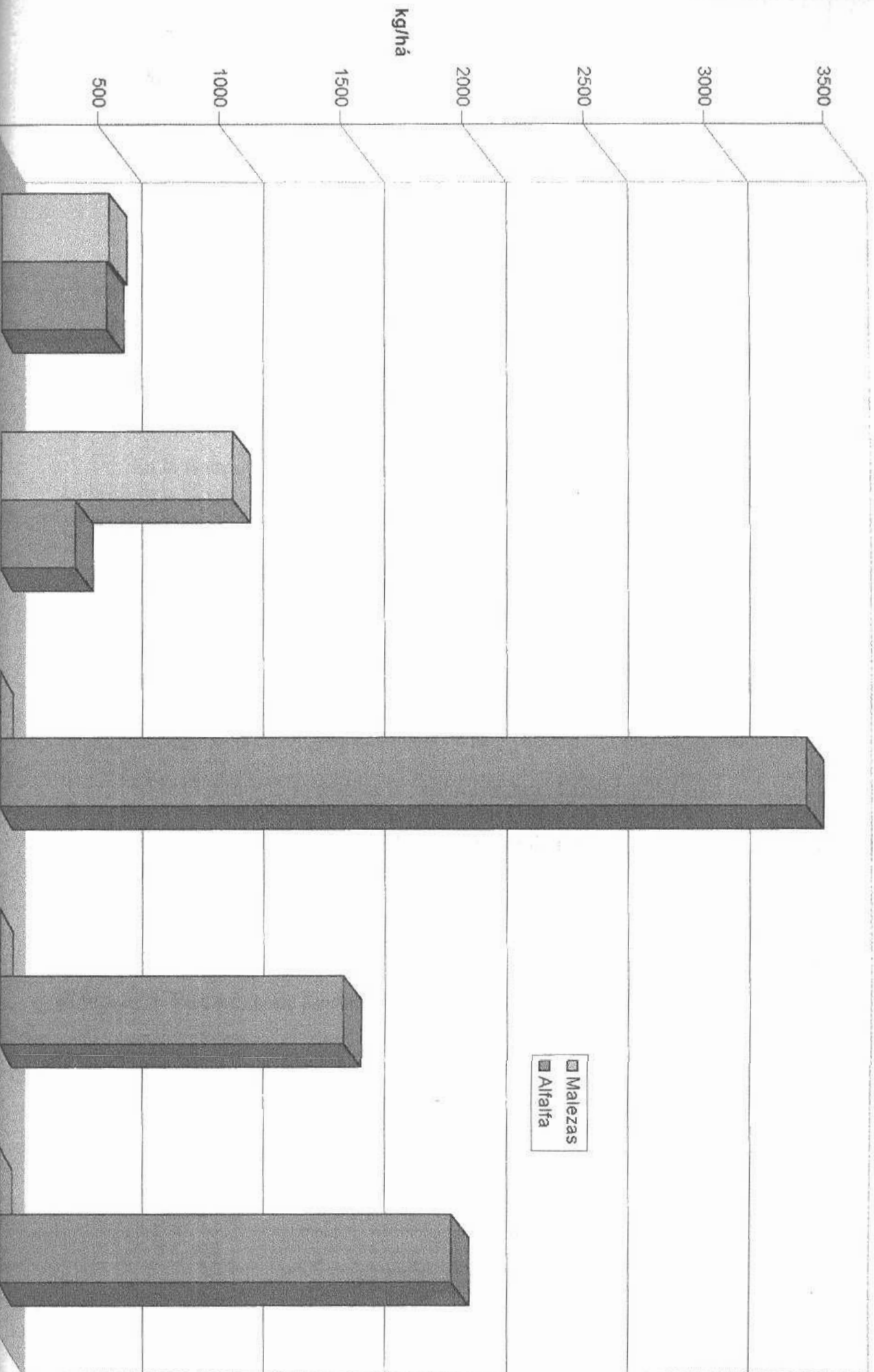
En relación a la producción de alfalfa con respecto al corte realizado a los 193 días de la siembra mostró un porcentaje aún mayor de enmalezamiento por lo que se decidió aplicar herbicida para el control de los mismos. Se observa en la figura 3 que en los siguientes cortes realizados el nivel de malezas fue prácticamente nulo.

Como se puede observar en el cuadro N°22, salvo el primer corte realizado a los 193 días de sembrado, el resto presentó un período de crecimiento de aproximadamente 30-40días en los cuales se alcanzaba el estado de floración temprana.

Figura N°2. Produccion de alfalfa y malezas para el corte realizado el 9/12.



Figuran N°3. Producción de materia seca de alfafa y malezas en kg/há según los diferentes cortes realizados.



Cuadro N° 22. Numero de días por corte y desde la siembra.

N° de cortes	DDS	días de crecimiento
Primer corte	193	95
Segundo corte	220	37
Tercer corte	247	27
Cuarto corte	280	33

DDS (Días desde la siembra)

En la figura 4 se presenta la distribución de la producción de materia seca según cada corte realizado en base a el porcentaje de la producción total; observándose el pequeño aporte de este primer corte(5%).

#### 4.2. EVOLUCION DE CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO

La humedad del suelo fue medida con el TDR (Time Domain Reflectometry ) a distintas profundidades 15cm, 30cm, 45cm y 60cm. Cuando la humedad en el suelo medida con dicho instrumento era de 32% en promedio de las 4 profundidades comenzaba a regarse el tratamiento a 75% y cuando el promedio era 26% en las cuatro profundidades se regaba el tratamiento a 50%.

En la Figura N°5 se grafica la evolución de la humedad del suelo medido a través del TDR a los 40cm de profundidad del suelo. De acuerdo a estas medidas fue que se comenzó a regar el tratamiento de 75% de umbral de riego el 16/2/98 y el tratamiento de 50% de umbral de riego el 22/2/98(Cuadro N°23).

Lamentablemente el porcentaje de humedad para los 60cm de profundidad no pudo ser medido por lo que se tomó datos solamente para los 45cm de profundidad.

Figura N°5. Porcentaje de humedad en el suelo durante el experimento.

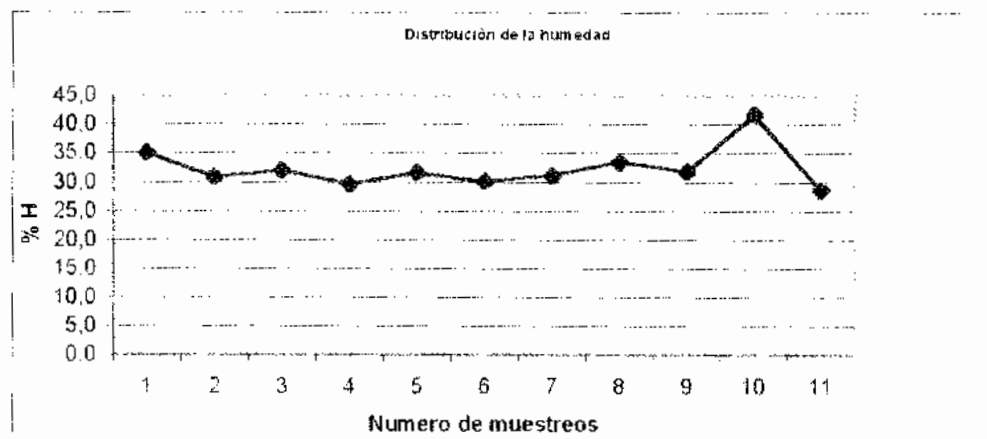
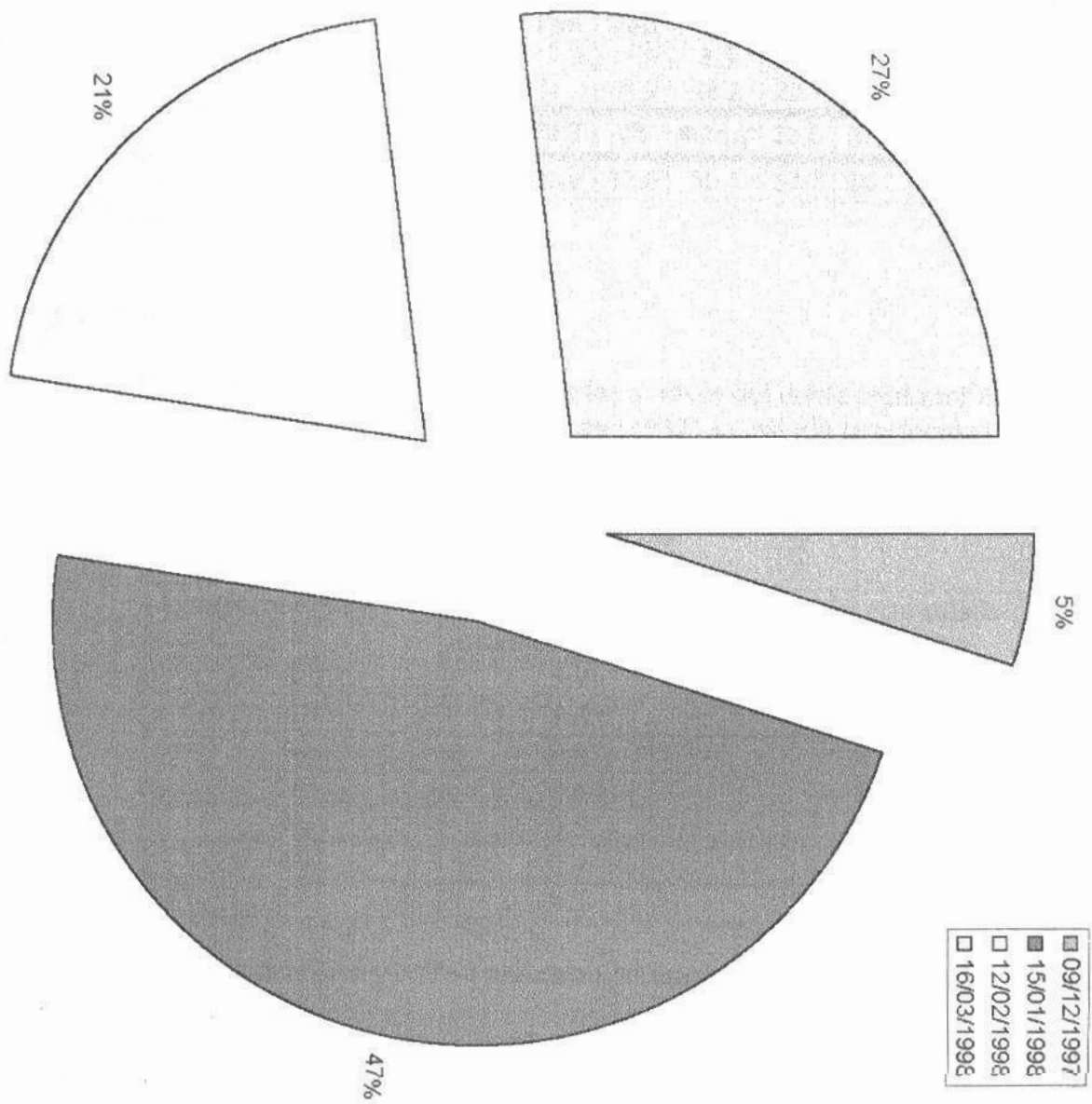


Figura N°4. Distribución de la producción de ms de alfalfa a lo largo del ciclo de producción evaluado.





Cuadro N° 23. % humedad obtenidos a partir del TDR.

Prof cm	23- Dic	21- Ene	26- Ene	02- Feb	05- Feb	11- Feb	16- Feb	19- Feb	27- Feb	13-Mar	19-Mar
15	50	6,2	13,5	2,1	17,9	17,9	6,3	1,9	20,2	39,1	38,1
30	40,5	26	29	22,9	31,9	31,9	25,2	22,7	41,1	53	44,5
<b>40</b>	<b>40</b>	<b>30,9</b>	<b>32,1</b>	<b>29,7</b>	<b>32,7</b>	<b>33</b>	<b># 31,2</b>	<b>33,5</b>	<b>37,4</b>	<b>50,1</b>	<b>37,2</b>
45	39,5	34,8	36,1	33,4	33,9	33,9	35,1	37,7	35,9	47,1	32,3

// comienzo del riego

### 4.3. RIEGO

De acuerdo a los datos proporcionados a través del doble anillo infiltrómetro y utilizando la fórmula realizada por Kostiacov (1932) se calculó la velocidad de infiltración de este suelo (Cuadro N°24).

Cuadro N°24. Infiltración instantánea y acumulada.

Tiempo (minutos)	Infiltración instantánea (mm)	Infiltración acumulada (mm)
1	5.8	5.8
6	1.6	7.4
16	0.8	8.2
26	0.6	8.8
36	0.5	9.3
46	0.4	9.7
56	0.3	10

En las Figuras N°6 y N°7 se presentan las curvas características de dicho suelo.

En base a lo anteriormente explicado en cuanto a la decisión de cuándo regar se aplicó el riego a los distintos tratamientos

En el cuadro N°25 se presentan los datos de la lámina aplicada promedio por parcela y la eficiencia de aplicación del agua.

# Infiltración instantánea

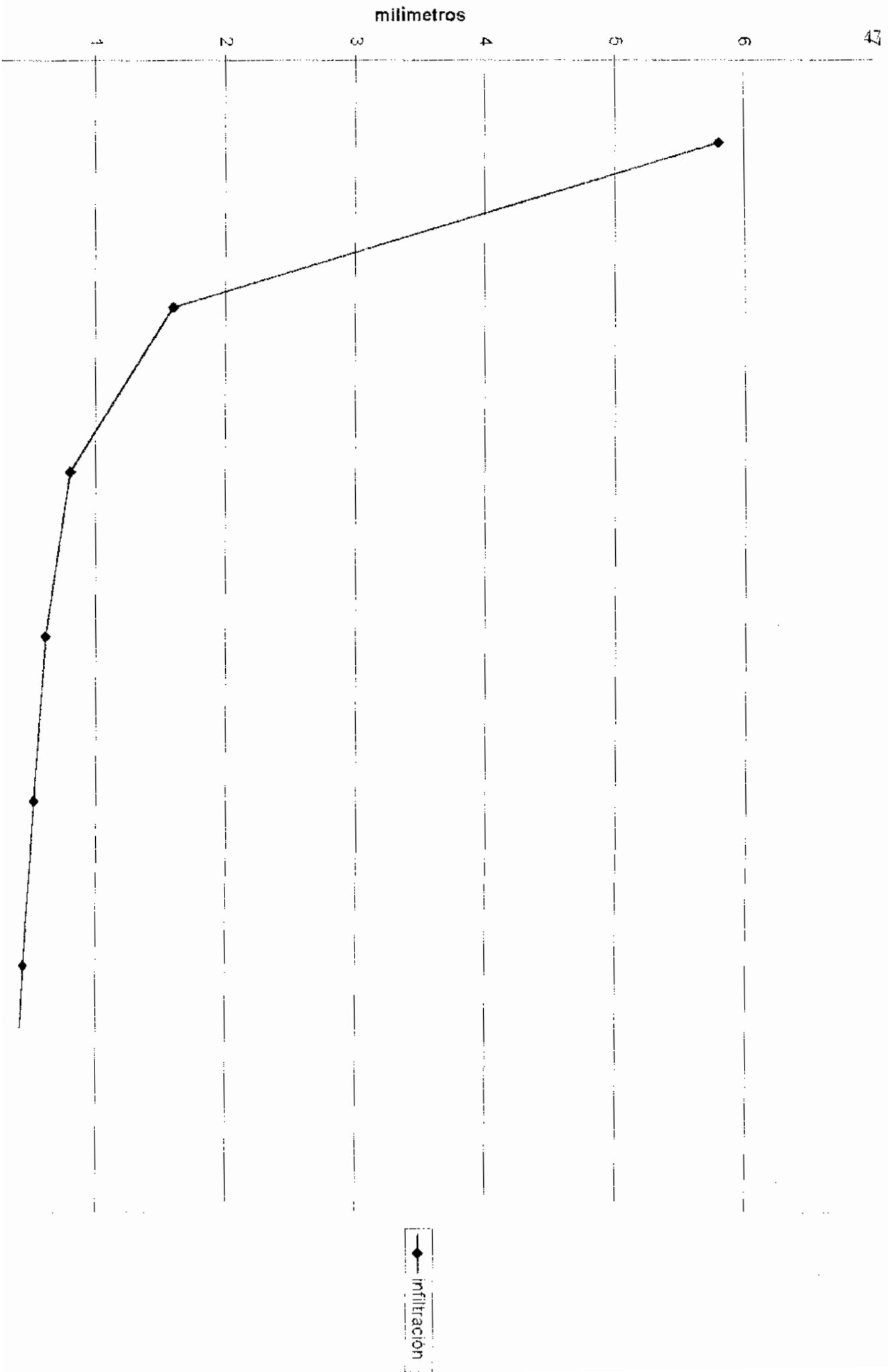
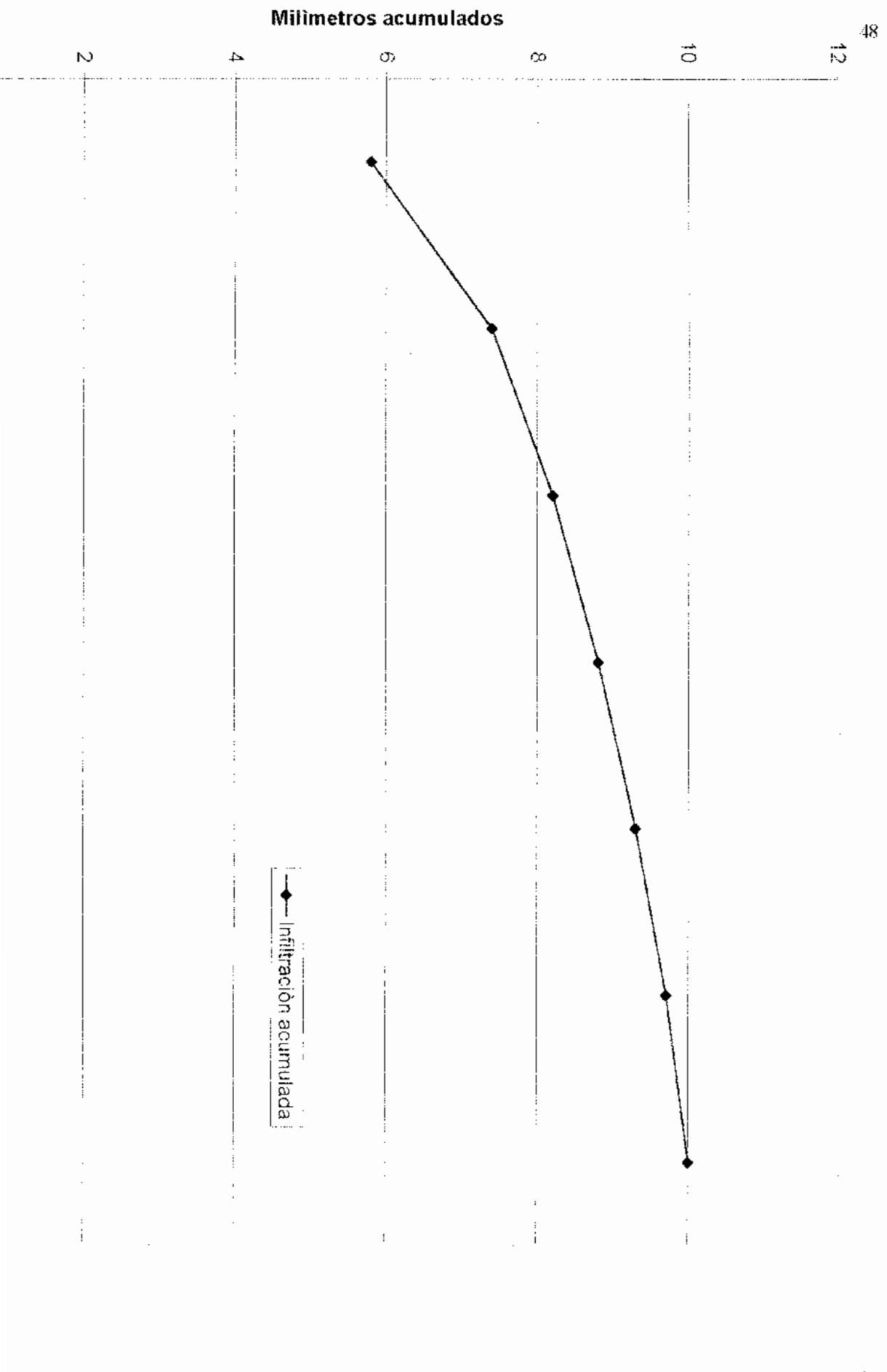


Figura N. 7, Infiltración acumulada



Cuadro N°25. Lámina aplicada promedio por parcela y eficiencia de aplicación de agua.

Umbral(%)	Lámina aplicada (mm)*	Lámina aplicada(mm) <sup>#</sup>
Secano	0	0
75	152	106
50	128	111

\* Total de agua aplicada ,sumada a la aplicada para el canal.( agua aplicada al canal =3000l)

# Total de agua aplicada a la parcela

Umbral (%)	Lámina neta a aplicar(mm)	Lámina bruta aplicada(mm)	Eficiencia de aplicación %
0	0	0	0
75	16.8	103	16.3
50	33.6	111	33

El cálculo que se realizó para ésta determinación fue el siguiente:

Lámina neta aplicar : 16.8 mm de agua disponible para los 40 cm de profundidad(  $67.1 * 0.25$ ) según datos obtenidos a partir de las Ollas de Richard.

Lámina neta a aplicar: 33.6mm de agua disponible para los 40 cm de profundidad( $67.1 * 0.5$ ) según datos obtenidos a partir de las Ollas de Richard.

La preparación de las parcelas así como también los canales de conducción no se encontraban en las condiciones optimas para la realización del riego por superficie, explicando estos dos factores la baja eficiencia de aplicación observada en el Cuadro N°25.

Al finalizar el riego se midió con el TDR a 45cm de profundidad la distribución de la humedad del suelo en las diferentes parcelas regadas. Se presenta en el siguiente cuadro la uniformidad obtenida de las parcelas estudiadas.

Cuadro N°26. Distribución de la humedad para 45cm de profundidad.

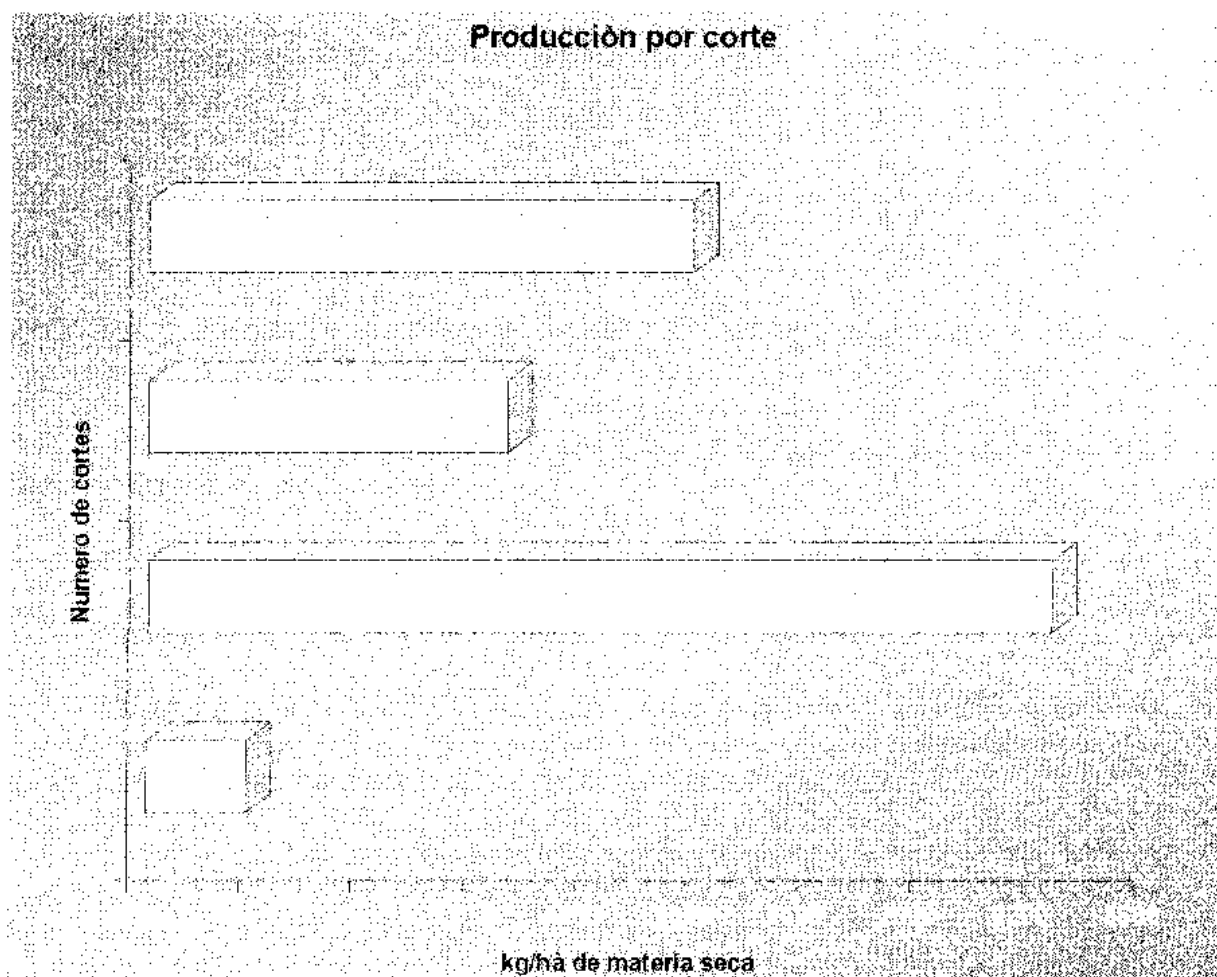
Numero de observaciones	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
1	38.2	37.4	40.1
2	37.9	39.6	40
3	37.8	37.4	39.1
4	38.1	34.2	39.9
5	-----	39.6	39.6
Promedio	38	37.64	39.74
Coef de variación(%)	0.42	5.26	0.9
Uniformidad (‰)	99.58	94.74	99.1

Como se puede observar en el cuadro N°26 la uniformidad de aplicación fue muy alta, siendo ésta explicada por los altos volúmenes de agua .

#### 4.4. PRODUCCIÓN DE ALFAFA

##### 4.4.1. Producción total por corte.

Figura N°8. Distribución de la producción de materia seca de alfalfa por corte expresada en kg/ha.



#### 4.4.2. Primer corte, 9/12/97

Como se comentó anteriormente este corte se vio afectado por un alto porcentaje de malezas que provocaron una disminución en la producción de alfalfa.

Se presenta en el cuadro N°27 la producción de materia seca por há de cada tratamiento del experimento. Este corte fue realizado principalmente como corte de limpieza para eliminar la incidencia del enmalezamiento manifestándose éste a través de la disminución de la población del cultivo y de su crecimiento( Ríos, 1998) . En dicho cuadro se puede observar (entre paréntesis) los kg/ms por hectárea de malezas mostrándonos la gran competencia ejercida por éstas al cultivo.

Cuadro N°27. Producción de materia seca por hectárea según tratamiento para el corte del 9/12/97.

Bloque	Secano2	Secano1	50%2	50%1	75%1	75%2
1	300 (850)	250 (980)	200 (750)	220 (290)	450 (1750)	500 (1250)
2	600 (250)	200 (300)	200 (900)	250 (500)	500 (400)	250 (1250)
3	580 (240)	500 (1150)	500 (1200)	250 (1000)	480 (400)	200 (870)
Promedio	493 (447)	316 (810)	300 (950)	200 (597)	476 (850)	316 (1223)

1=corte 2=pastoreo

Los datos presentados entre paréntesis corresponden a los kg/há de malezas presentes en este primer corte realizado.

En la Figura N°9 se presenta la producción de materia seca promedio de los tres bloques de cada tratamiento de riego.

Se pudo observar un alto coeficiente de variación: 45.41%.

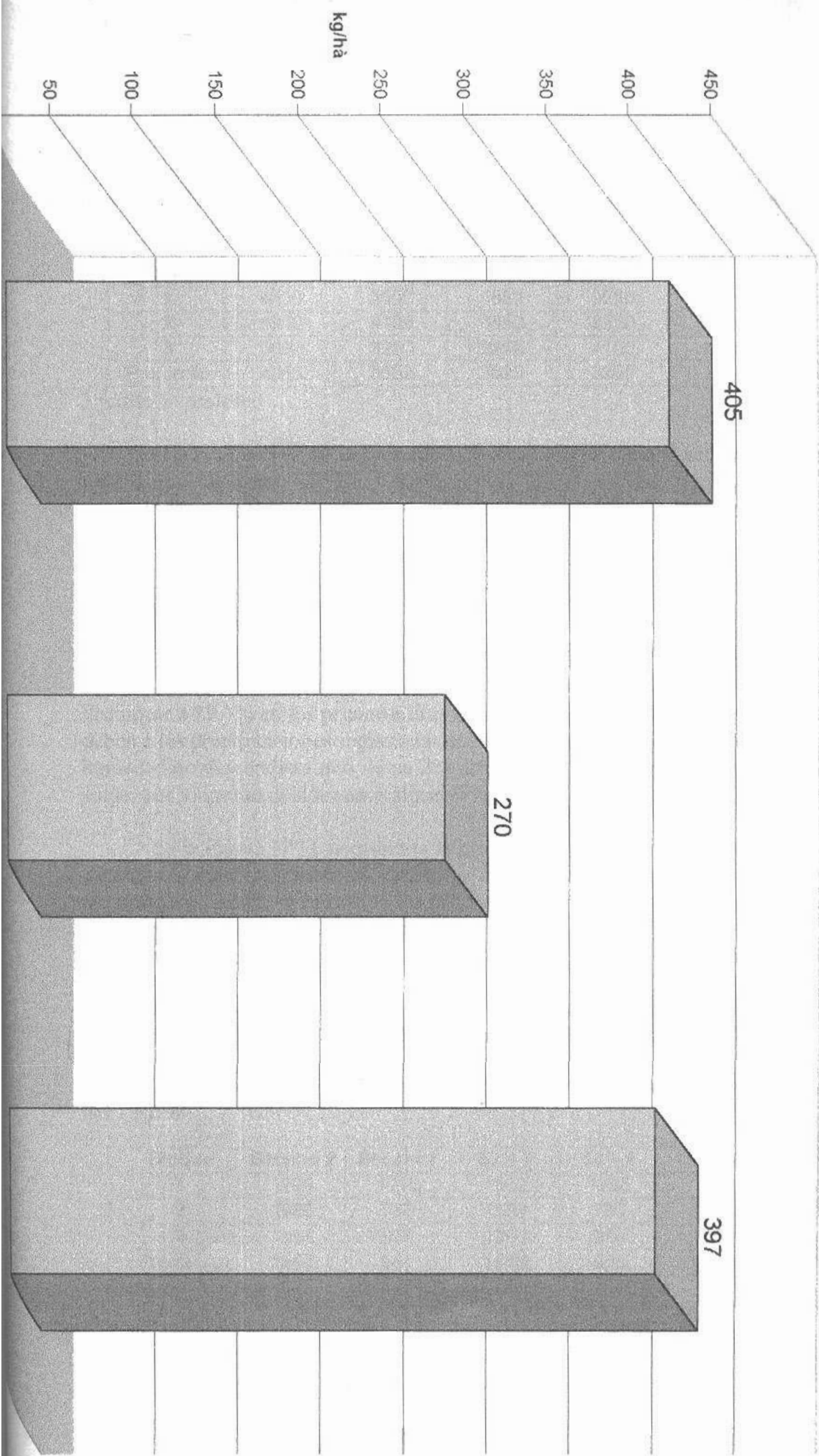
#### 4.4.3. Segundo corte. 15/1/98.

Durante la época de crecimiento de la alfalfa en el periodo del 9/12 al 15/1, se registraron abundantes precipitaciones (anexo I) lo que determinó un nivel adecuado de humedad en el suelo, por lo que no fue necesario aplicar ningún riego.

La producción de materia seca de alfalfa en este corte presentó un elevado rendimiento debido en parte a diferentes factores que favorecieron el rápido crecimiento de la pastura. 1) El aumento de las temperaturas promedio para este ciclo de crecimiento con respecto al corte del 9/12 que promovió un rápido desarrollo fenológico (Dovrat, 1997) (anexo II) y 2) Adecuado estado hídrico acompañadas por el aumento de las condiciones de evaporación (Bauder et al., 1978). (anexo I).

El Cuadro N°28 presenta la producción de materia seca por há de cada tratamiento para este corte, observándose los altos rendimientos obtenidos. ( días de crecimiento -- 37).

Figura N°9. Producción de materia seca promedio por bloque para el corte del 9 de diciembre





Cuadro N°28 . Producción de materia seca por hectárea según cada tratamiento para el corte del 15/1/98.

Bloque	Secano2	Secano1	50%2	50%1	75%2	75%1
1	4600	3600	4880	2550	2100	2700
2	4650	4100	3350	3250	2850	2700
3	3600	3250	2850	4100	3350	2650
Promedio	4283	3650	3693	3300	2766	2700

1°corte 2°pastoreo

. En la Figura N°10 se presenta la producción de materia seca promedio de los tratamientos de riego.

En este corte el coeficiente de variación disminuyó con respecto al corte anterior a un 24.88%

#### 4.4.4. Tercer corte. 11/2/98.

Como se muestra en el Cuadro N°23 y en la Figura N°5 se observa que los valores de humedad oscilaron entre 30.9 el 21 de enero, 32.1 el 26 de enero, llegando a disminuir a 29.7% en los primeros días de febrero ( anexo II). Estas fluctuaciones se deben a las precipitaciones registradas en este período que provocó que el porcentaje de humedad no descendiera más de un 2% del umbral de 75% de agua disponible en el suelo, por lo que se decidió no realizar el riego.

En la Figura N°11 se presenta la producción promedio de materia seca por cada tratamiento del experimento en este corte. Se observa variación entre los distintos tratamientos cuando se mira solo los resultados de la producción de materia seca según los tratamientos de riego. El coeficiente de variación fue de 22%. Es necesario recordar que este tratamiento no recibió agua de riego por lo que dicho análisis estadístico no fue realizado.

El Cuadro N°29 presenta la producción de materia seca por há de cada tratamiento para este corte ( días de crecimiento = 27).

Cuadro N°29. Producción de materia seca por hectárea según tratamiento para el corte del 12/2/98.

Bloque	Secano 2	Secano1	50% 2	50% 1	75% 2	75% 1
1	1929	1212	1500	1235	1390	1695
2	1900	780	1389	780	1594	1695
3	1863	950	1960	950	1963	1438
Promedio	1897	981	1616	988	1649	1609

2°pastoreo 1°corte

Figura N°10. Producción de materia seca promedio por bloque para el corte del 15 de enero

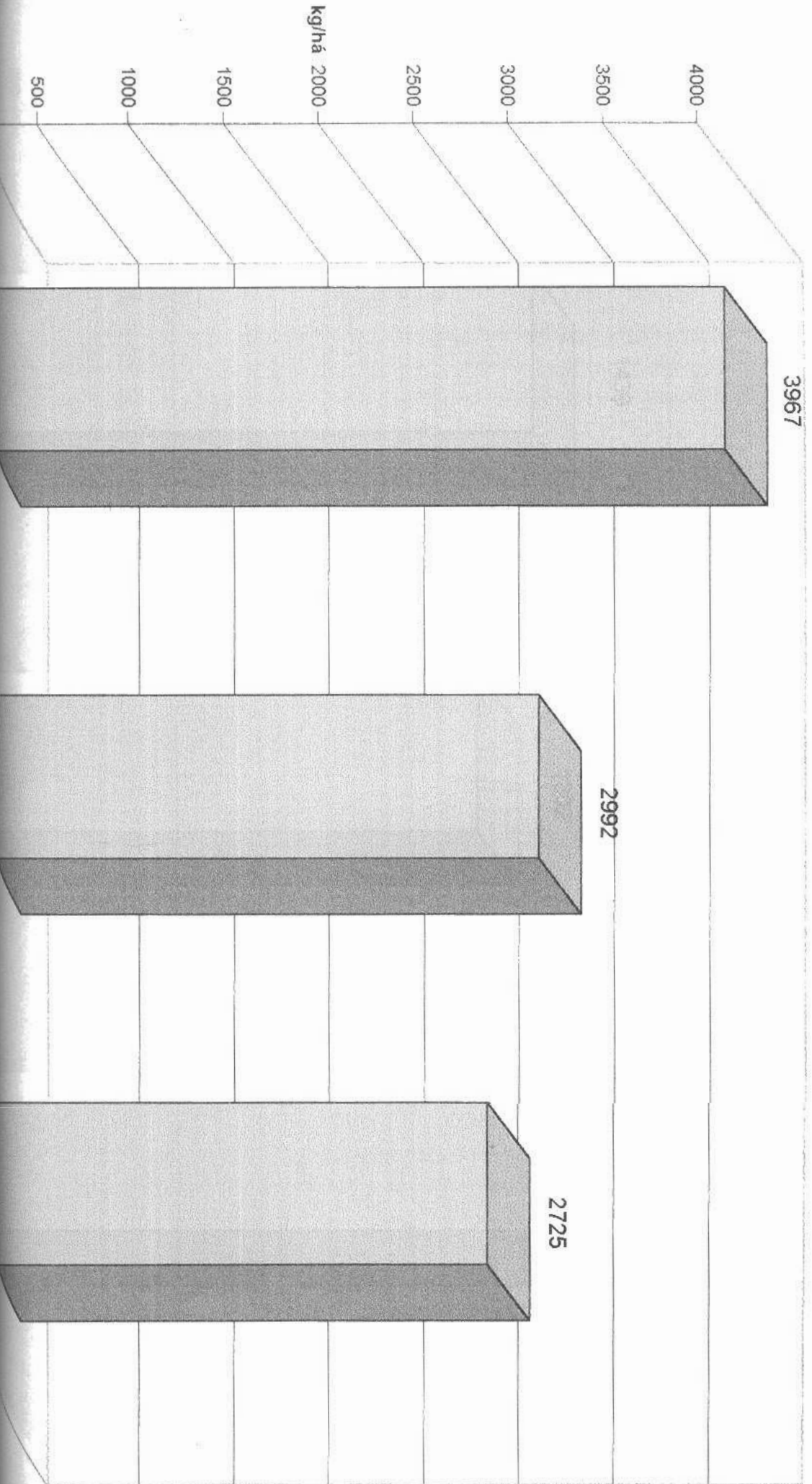
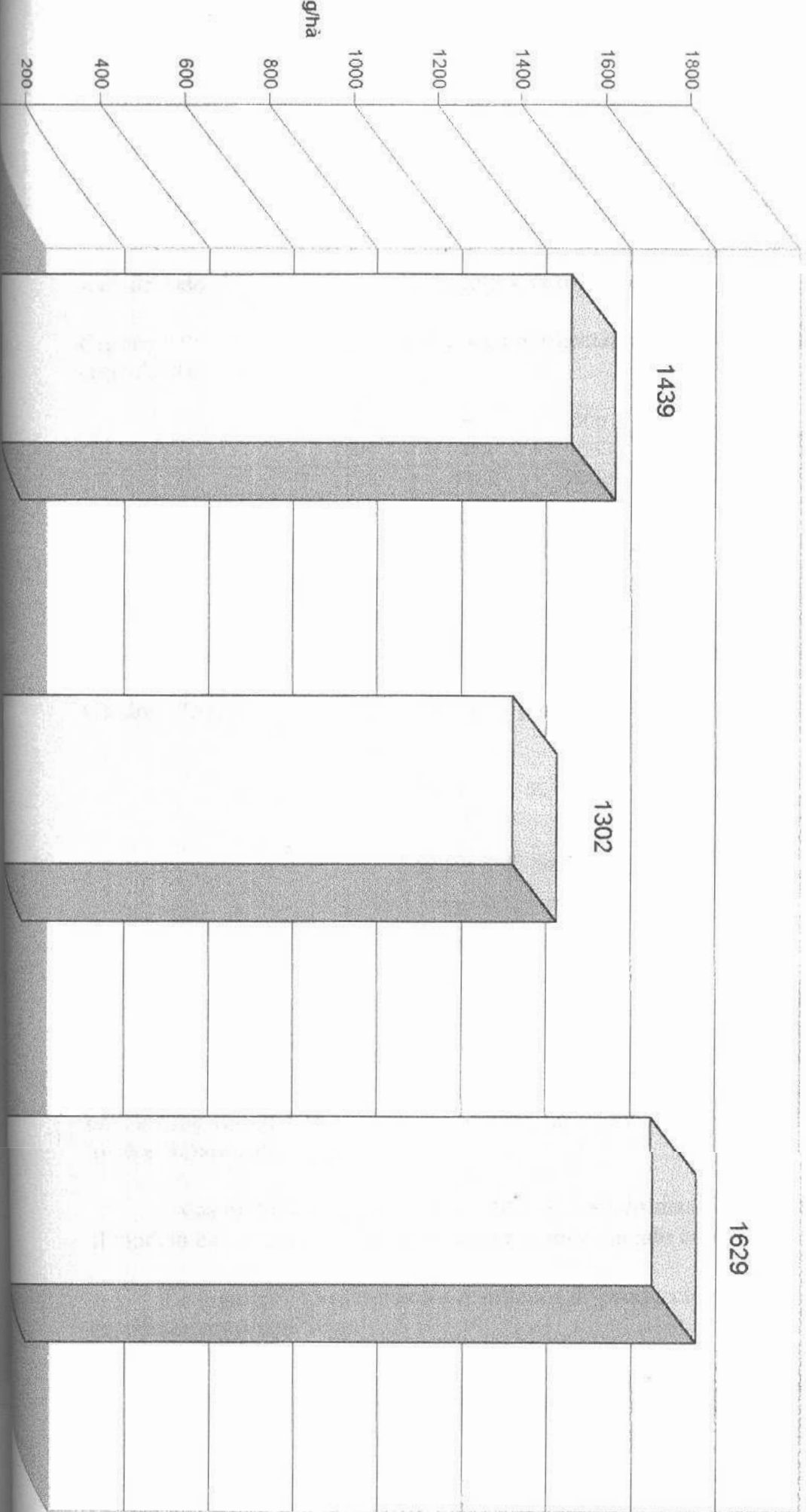


Figura N°11. Distribución de materia seca por bloque por medio para el corte del 11 de febrero



#### 4.4.5. Cuarto corte. 16/3/98.

Se presenta a continuación en el Cuadro N°30y N°31 la producción de materia seca de todos los tratamientos del ensayo y su nivel de significancia estadística.

Cuadro N°30. Producción de materia seca por hectárea según cada tratamiento para el corte del 16/3/98.

Bloque	sp	Sc	50p	50c	75p	75c
1	1695	913	1593	1628	3287	2376
2	2153	1106	2068	2352	2796	1341
3	1153	1104	2764	2396	1972	2381
Promedio	1667	1041	2142	2125	2685	2033

C = corte

P = pastoreo

Tukey: Diferencia mínima significativa ( $p < 0.1$ ): 892.7 kg de materia seca por hectárea.

Cuadro N°31. Producción de materia seca por há según tratamiento de riego.

SECANO	50%	75%
1354B	2134AB	2359A

Coefficiente de variación :28.94%

El análisis estadístico mostró que existieron diferencias significativas entre los tratamientos regados al 75% de agua disponible con respecto al secano. ( Estos datos son graficados en la Figura N°12). Estas diferencias fueron de aproximadamente 1000kg de materia seca para los regados con un umbral de 75% de agua disponible y de 780 kg para los regados al 50% de agua disponible, no siendo significativas la diferencias entre los dos tratamientos regados.

Estas diferencias superaron las diferencias mínimas significativas requeridas por el modelo para los tratamientos de menor umbral, siendo ésta de 892.7 kg.

La Figura N°13 presenta los resultados de producción de materia seca por há para los tratamientos con riego.

El análisis conjunto (anexoI) mostró que existió efecto del riego, sin observarse interacción entre manejo y riego.

Las Figuras 12 y 13 muestran claramente que los tratamientos regados tuvieron una mayor producción que los tratamientos de secano; observándose una mayor producción de materia seca en aquellos tratamientos de 75% de umbral de riego y a su vez pastoreados.

De acuerdo a estos resultados se observó que los tratamientos al 50% de umbral de riego se vieron afectados en su rendimiento con respecto a los de 75%, los cuales respondieron mejor al régimen hídrico. Si bien éstas diferencias no fueron estadísticamente significativas la producción fue 200kg/há de materia seca menor a los tratamientos regados al 75% de umbral.

Con respecto a los tratamientos de secano, la falta de agua en ese periodo disminuyó su producción potencial teniendo una producción muy por debajo de los tratamientos regados. Estos menores porcentajes de humedad pueden haber provocado una disminución en el número de brotes y tiempo de rebrote para reanudar el crecimiento, componentes fundamentales del rendimiento del rebrote luego del corte según señaló Cohen et al.(1972), Perry et al. (1974). Sobre todo la falta de agua en los primeros 14 días del rebrote es registrada por causar una disminución significativa en el número de brotes según Brown et al. (1973).

A pesar de que no existieron diferencias estadísticas entre estos cortes de alfalfa en secano y los regados al 50% se puede apreciar que estos últimos rindieron aproximadamente 800kg más de materia seca por há, no pudiéndose detectar diferencias debido al alto coeficiente de variación registrado.

Figura N°12. Producción de materia seca por tratamiento para el corte del 16 de marzo.

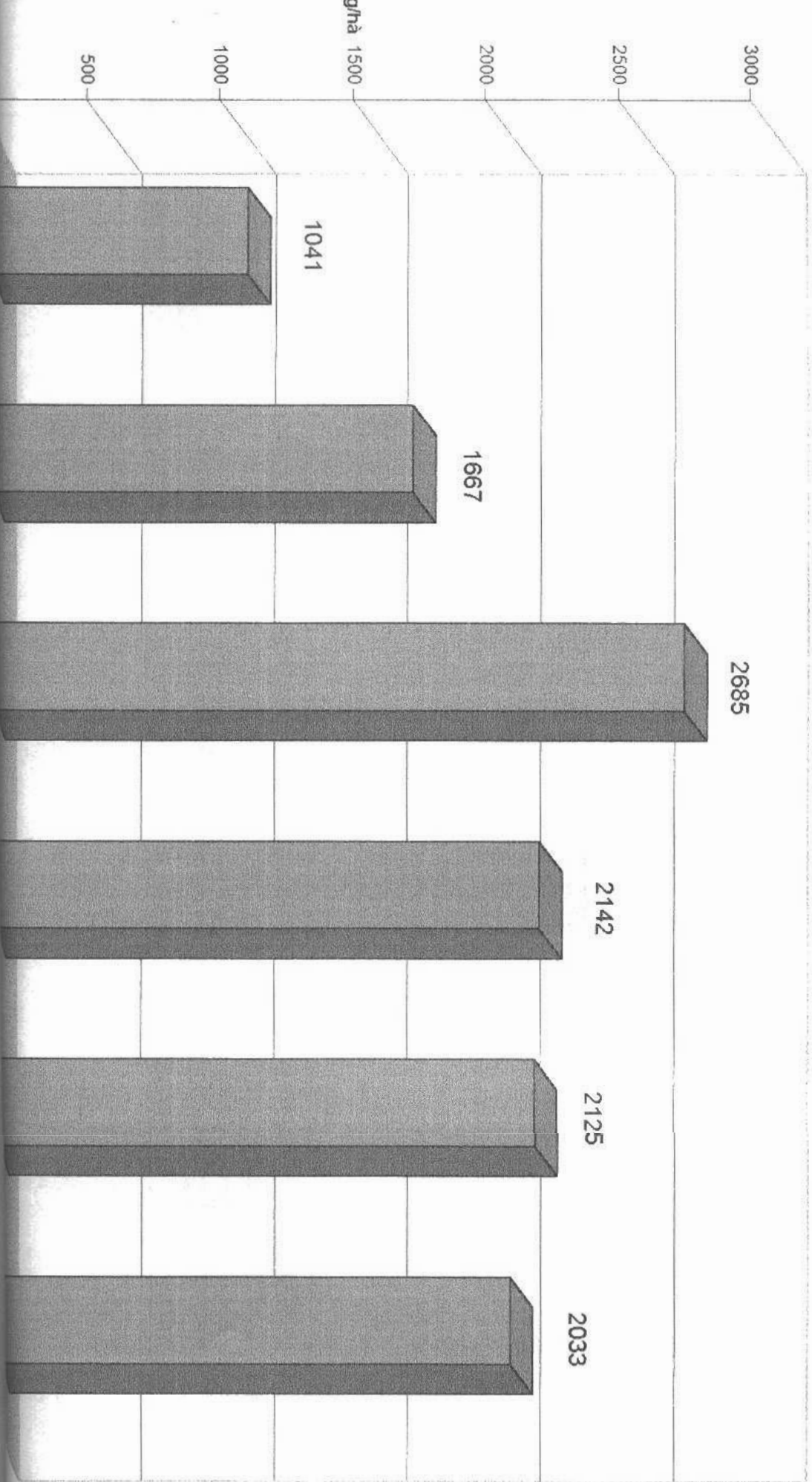
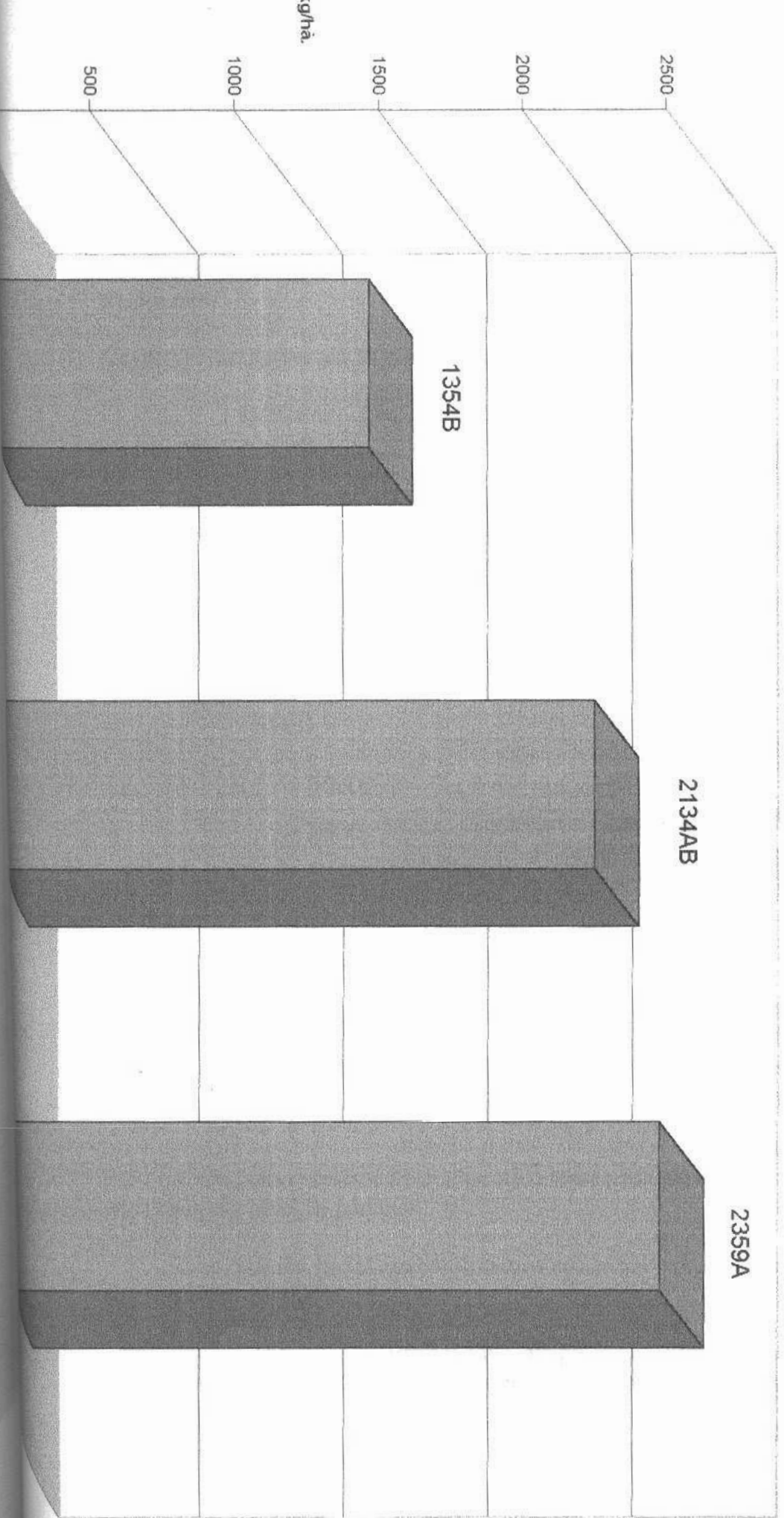


Figura N°13. Distribución de materia seca promedio por bloque para el corte del 16 de marzo



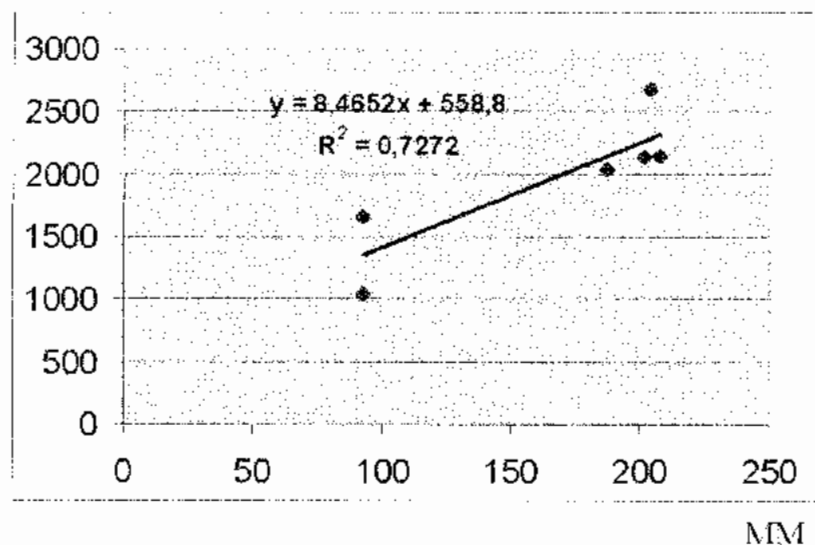
#### 4.5. RESPUESTA EN RENDIMIENTO SEGÚN LÁMINA APLICADA.

A partir de los datos del siguiente cuadro se observó la respuesta en producción de materia seca (Figura N°14) de acuerdo a la lámina de riego aplicada a cada tratamiento.

Cuadro N°32. Respuesta en rendimiento según lamina de agua aplicada.

Tratamiento	Precipitaciones mm	Riego mm	Total mm	PESO SECO kg/há
Sc	93	0	93	1041
Sp	93	0	93	1657
75c	93	94	187	2032
50c	93	108	201	2125
75p	93	111	204	2685
50p	93	114	207	2141

Figura N°14. Respuesta en materia seca (kg/ha) según lámina de agua aplicada.  
KG/HÁ



Cada punto presentado en el gráfico representa el promedio de 3 datos obtenidos en el campo a nivel de parcelas.

Esta relación lineal entre milímetros aplicados y producción de materia seca es significativa ( $p < 0.05$ ).

Esta figura nos permite concluir que por cada milímetro de agua que le aplicamos al cultivo obtuvimos en promedio para este corte en particular y dadas las



condiciones de humedad y temperaturas registradas 8.46 kg/ha de materia seca con un ajuste de  $R^2 = 0.72$  significativo al 5%.

Esta regresión permite observar por un lado que existe un aumento en la producción de materia seca por há provocado por la aplicación de agua de riego y por otro que a partir de 559kg/há de producción de materia seca existe respuesta al agregado de agua .

No se encontró una relación estadísticamente significativa para el peso fresco de la materia seca , debiéndose posiblemente esto a las variaciones en el contenido de humedad de la pastura en el momento del corte.

Resulta clara la respuesta a la aplicación de agua de riego con respecto a la producción de alfalfa, observándose tasas diarias de crecimiento promedio de 71.5 kgMS/día para los tratamientos regados al 75% de umbral de riego, siendo solo de 41kgMS/día para los tratamientos de secano.(Cuadro N°33).

Cuadro N°33. Tasa de crecimiento diaria según tratamiento aplicado.

Tratamiento	Kg de M.S / día producido	Promedio por tratamiento(kgMS/día)	Kg de M.S/ há
Sc	31.5	Secano	1041
Sp	50.5	41	1667
50% c	64.4	50%	2125
50% p	64.9	64.7	2141
75% c	61.6	75%	2032
75% p	81.4	71.5	2685

#### 4.6. PRODUCCION POR CORTE SEGÚN MANEJO

En el Cuadro N°34 se presenta el numero de animales en pastoreo , la superficie pastoreada y la carga instantánea obtenida como consecuencia de estas dos últimas, expresada en animales /há para la totalidad de los pastoreos realizados.

Cuadro N°34 . Carga instantánea (animales/ha), para los tratamientos pastoreados.

Bloque y tratamiento	No de animales	Superficie (m2)			Carga instantánea (animales/ha)		
		<u>15/1</u>	<u>11/2</u>	<u>16/3</u>	<u>15/1</u>	<u>11/2</u>	<u>16/3</u>
BI T4	72	338	242	242	2130	2978	2978
BI T6	72	150	131	131	4800	5496	5496
BI T2	72	140	140	140	5143	5143	5143
BIII T4	71	450#	147	147	1600	4830	4830
BII T6	71	450#	147	147	1600	4830	4830
BII T2	71	450#	147	147	1600	4830	4830
BIII T2	71	450#	147	147	1600	4830	4830
BIII T6	71	140&	136	136	5071	5520	5520
BII T4	71	140&	136	136	5071	5520	5520

# Esta superficie corresponde a la suma de la superficies de los cuatro tratamientos, debido a que se pastorearon todas las parcelas del mismo tratamiento juntas; lo mismo sucedió para &.

Tanto el corte del 9 de diciembre(primer corte) como el del 15 de enero (segundo corte), no pudieron ser pastoreados por lo que se presentan los datos solamente para observar las producciones obtenidas en los cortes de las distintas parcelas . El análisis de estos tratamientos en ningún caso fueron significativos .

Por lo explicado anteriormente se analizarán solo aquellos cortes que fueron pastoreados, siendo estos los cortes del 11 de febrero y del 16 de marzo.

#### 4.6.1. Primer corte. 9/12/97.

Figura N°15. Producción de materia seca en corte y pastoreo para el corte del 9/12/97.

#### 4.6.2. Segundo corte. 15/1/98.

Figura N°16. Producción de materia seca en corte y pastoreo para el corte del 15/1/98.

#### 4.6.3. Tercer corte, 11/2/98.

En la Figura N°17 se observa que la carga con la cual fue pastoreada la producción del 15/1 fue muy baja con respecto a las posteriores, manteniéndose los animales aproximadamente por igual período de tiempo pastoreando en dichas parcelas.

Cuadro N°35 . Producción de materia seca en corte y pastoreo para el corte del 12/2/98.  
Diferencia mínima significativa: 324kg

PESO SECO	
PASTOREO	CORTE
1721A	1193B

Como se puede observar en el cuadro N°35 se encontraron diferencias significativas a favor de los tratamientos pastoreados. Estas diferencias significativas no pueden atribuirse directamente al manejo realizado ya que se realizó una pasada de pastera luego del pastoreo para evitar el efecto perjudicial de los tallos rechazos en el rebrote siguiente (inhibición correlativa) (Formoso, 1998).

Existen trabajos realizados por Frame, (1975) que indican que gran parte de los minerales consumidos por los animales son devueltos nuevamente al sistema a través de las heces y orina. Si bien estos no hacen referencia a un monocultivo de leguminosas, se ha observado que cuando ésta es sembrada con gramíneas existe un aumento en producción de estas últimas por el aumento del nitrógeno proveniente de la orina. No se ha encontrado citas con respecto al efecto del nitrógeno, proveniente de las excreciones de los animales en el cultivo de alfalfa.

Recientemente fue sugerido que el status de N<sub>2</sub> en planta puede regular la fijación simbiótica (Parson et al, 1993) y la absorción de NO<sub>3</sub> (Imlande y Touraine, 1994). Dichos autores sugieren que el pool de aminoácidos libres internamente pueden jugar un rol importante en estos mecanismos.

Es posible que un bajo contenido de N<sub>2</sub> en planta haya permitido la absorción del nitrógeno liberado a través de la orina de los animales favoreciendo un mayor crecimiento del cultivo, sin perjudicar la fijación simbiótica en los tratamientos pastoreados, al menos en este corte en particular.

No fueron realizados en esos momentos análisis de nitrógeno en planta, lo que seguramente nos dará una mayor información sobre las condiciones nutricionales del cultivo.

Otro punto que resulta importante en el momento de realizar el análisis es el hecho de no haberse quitado el rastrojo de la superficie en los tratamientos cortados, esto podría provocar un enlentecimiento del crecimiento inicial de la pastura inmediatamente luego de cortada.

En cuanto al pisoteo, todos los efectos provocados por estos son perjudiciales para el cultivo por lo que no pueden ser incluidos en las diferencias encontradas.

#### 4.6.4. Cuarto corte. 16/3/98.

La carga con la cual fue pastoreado este corte fue superior al corte anterior lo que permitió un mayor aprovechamiento del forraje, dejando un rechazo muy pobre que oscilaba entre los 200 y 300kg. Estos eran generalmente tallos largos y secos los cuales eran quebrados por el pisoteo.

Cuadro N°36 y figura N°18. Producción de materia seca en corte y pastoreo para el corte del 16/3/98.

Diferencia mínima significativa:592kg

PESO SECO	
PASTOREO	CORTE
2164A	1733A

Como se puede observar en el cuadro N°36 no fueron encontradas diferencias estadísticas significativas entre los dos tratamientos realizados. Pueden observarse diferencias de aproximadamente 400kg de materia seca a favor de los tratamientos pastoreados, pero estas diferencias no alcanzaron las diferencias mínimas requeridas por el modelo, siendo éstas de 592kg.

Es posible que el mayor coeficiente de variación presentado por éste corte no permitiera que se encontraran diferencias estadísticas significativas, como si se registró en el corte anterior(29% vs 21%).

Otro elemento que podría haber influido en la respuesta encontrada es la técnica de muestreo que hizo muy difícil la estimación de los tallos rechazados. Los tallos largos y con un alto contenido de materia seca quedaban una parte dentro del rectángulo de muestreo y otra parte por fuera, siendo muy difícil discernir que parte le correspondía a la muestra.

## 5. CONCLUSIONES.

El contenido de humedad del suelo en este primer ciclo de producción se mantuvo por encima de los umbrales prefijados durante prácticamente todo el ciclo. Estas condiciones de humedad permitieron realizar un solo riego a mediados del mes de febrero.

La mejor respuesta al régimen hídrico fue obtenida en aquellos tratamientos regados al 75% de umbral de agua disponible, obteniéndose tasas diarias de crecimiento de 71.5 kg de materia seca. Este rendimiento no fue significativamente diferente al obtenido por los tratamientos regados al 50% de agua disponible ( 64.7 kg há/día), pero obtuvo diferencias estadísticas significativas con respecto a los tratamientos de secano(41kg há/día).

La respuesta a la lámina de riego fue lineal obteniéndose aproximadamente 8.46 kg de materia seca /há/mm de agua aplicado, con un ajuste de  $R^2 = 0.72$  significativo al 5%.

No existió interacción manejo- riego.

Para los manejos realizados las causas de las diferencias a favor de los tratamientos pastoreados no fueron claras, encontrándose diferencias estadísticamente significativas para un corte, presentando el restante solamente una tendencia a la mayor producción. Es necesario una mayor información sobre el estado nutricional de la alfalfa, así como también un ajuste de la técnica de muestreo para ambos manejos.

Es importante dejar en claro, que las conclusiones obtenidas, provienen del primer ciclo de producción de la alfalfa. Estos ensayos se continúan de forma de estudiar el comportamiento del cultivo durante toda su vida útil.

## 6. SUMMARY.

Effects of different levels of watering in the production of alfalfa under two of handling conditions.

A rehearsal was carried out in 1997 in the Experimental Station INIA Las Brujas, in the department of Canelones : Uruguay. This works was carried out with the purpose of investigating the effect of different levels of watering in the production of dry matter from alfalfa of a one years old alfalfa, under two conditions of handling. The treatments consisted in 3 levels of watering 1) unirrigated land, 2) 50% of threshold of available water and 3) 75% of threshold of available water, to which two handlings cut or shepherding ovino were applied.

The climatic conditions registered during the summer season allowed only one watering in the middle of February, from which these data were obtained.

The greatest yield was achieved by the tratments watered by the 75% of threshold of available water (2359 kgms/ há); being statistically different from those tratments of unirrigatd land ( $p < 0.1$ ). On the contrary, no sinificant differences were found between tratments watered by the 50% of available water and those watered by the 75% of available water.

The answer to the applied laminal was aboaut 8.46kg of dry matter per ha per millimeter of water applied and a lineal adjustment of  $R^2 = 0.72$  was found, significant to the 5%.

Interaction handling-watering,didn't exist.

The shepherded treatments had a greater production compared with those cut in one of the two cuts made, whereas a tendency to the greater poduction was found only in the remaining cut. These differences would be able due to recicyling of nutrients through the excretions of animals.

## BIBLIOGRAFIA

1. AHLGREN, G; GERWING, J. L. 1958. The effect of different fertility leaves on yields, persistence, and chemical composition of alfalfa. *Agronomy Journal* 50:291-294p.
2. BALL, J. A; TEN EYCK, G. 1980. Top management of irrigated alfalfa produces top yields. *Better Crops Plant Food*. 64:16-19p.
3. BALDOCCHI, D. D; VERMA, S. B; ROSENBERG, N. J. 1981. Seasonal and diurnal variation in the CO<sub>2</sub> flux and CO<sub>2</sub> water flux ratio of alfalfa. *Agric. Meteorol.* 23:231-244p.
4. BARNES, D. K; HEICHEL, G. II; HIENJUM, K. F; LAMG, J. F; RUSSELLE, M. P; VANCE, C. P. 1995. Ineffectively and effectively nodulated alfalfas demonstrate biological nitrogen fixation continues with high nitrogen fertilization. *Crop Science* 35: 153-157p.
5. BARTA, A. I. 1988. Response of field grown alfalfa to root waterlogging and shoot removal. Plant injury and carbohydrate and mineral content of roots. *Agronomy Journal* 80: 882-889p.
6. BAUDER, A; BAUDER, J. W; CASSEL, D. K; RAMIREX, J. M. 1978. Alfalfa water use and production on dryland and irrigated sandy loam. *Agronomy Journal* . 70: 95p.
7. BAUDER, J. W. 1997. Developing strategies for irrigation of the student of medicine. Montana State University. <http://www.edu/~wwwpb/ag/bauder22.html>
8. BAUDER, J. 1997. Alberta agriculture, food and rural development. [www.Agric.gov.ab.ca/agdex/500/61001800.html](http://www.agric.gov.ab.ca/agdex/500/61001800.html).
9. BEZEAU, I. M; SONMOR, L. G. 1964. Influence of levels of irrigation on the nutritive value of alfalfa. *Canadian Journal of Plant Science*. 44(6) :505-508p.
10. BLIZZARD, W. E; BOYLER, J. S. 1980. Comparative resistance of the soil and the plant to water transport. *Plant physiol.* 66: 809-814p.
11. BLUMENTHAL, J; RUSSELLE, M. P. 1996. Subsoil nitrate uptake and symbiotic dinitrogen fixation by alfalfa. *Agronomy Journal* 88: 909-915p.
12. BOGER, T. P; MATCHES, A. G. 1990. Water use efficiency and yield of sanfoin and alfalfa. *Crop Science*. 30:143-148.



13. BORNSTEIN, J; BENOIT, G, R; SCOTT, F,R; HEPLER, P,R.; HEDSTROM, W. E. 1984. Alfalfa growth and soil oxygen diffusion as influenced by depth to water table. *Soil Science. Soc. Am. J.* 48: 1165-1169p.
14. BOTTOMEY, P, J; EAKDLY, B, D; HANNAWAY, D, B. 1985. Nitrogen nutrition and yield of seedling alfalfa as affected by ammonium , nitrate fertilization . *Agronomy Journal* 77: 57-62p.
15. BROWN, K, R; EVANS, P, S. 1973. Animal treading a review of the work of the D. B. Edmond. New Zeland. *Journal of Experimental Agriculture.* 1: 217-226p.
16. BROWN, P,W; TANNER, C,B. 1983. Alfalfa Stem and leaf growth during water stress. *Agronomy Journal.* 75: 799-804p.
17. BROWN, L, G; HOVELAND, C, S. 1990 . Harvest management effects on Alfalfa yield and rootcarbohydrates in thtre Georgia environments. *Agron. Journal.* 82:267-273p.
18. BUXTON, D, R; CARLSON, R, E; HALIM, R, A; HATTENDORF, M, J. 1989. Water deficit effects on alfalfa at various growth stages. *Agronomy Journal* . 81: 765-770p
19. CADWELL, A, C; FLEHM, G,W; SCIM, E, C. 1969. Sulfur effects on the elemental composition of alfalfa and corn. *Agronomy Journal* 61: 632-634p.
20. CAMERON, D, G. 1973. Lucerne in wet soils, the effect of stage regrowth, cultivar, air temperature and root temperature. *Australian Journal of Agricultural Research.* 24: 851-861p.
21. CARLSON, C, W; JELLER, W. 1967. Irrigation of principal crops. *Irrigation of Agricultural Lands.* Madison, Wis, Asa. Pp 607-621p.
22. COHEN, Y; BLELORAI, H; DOVRAT, A. 1972. Effect of timing of irrigation on total carbohudrate level in roots and on seed yield of alfalfa. *Crop Science.* 12: 634p.
23. DENINSON, R, F; LOOMIS, R, S. 1989. An interactive physilogical model of alfalfa grown and develoment. Div. Agric. Nat. Universidad of California. Div. Agric. Natur. Resourc. Publ. 1926:73p.
24. DENMEAD, O, T; MILLR, B, D. 1976. Water transport in wheat plant in the field. *Agronomy Journal.* 68: 297-30p.

25. DIRKSEN, C; RAATS, P. A. 1985. Water uptake and release by alfalfa roots. *Agronomy Journal* 75: 207p.
26. DOORENBOS, J; PRUITT, W, O. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. *FAO Irrigation Drainage Paper* 24, FAO Rome. 144p.
27. DOVRAT, AMOS. 1997. Irrigated forage production. *Developments in Crop Science*. Elsevier.24: 73-124p.
28. EDMOND, D. B. 1964. Some effects of sheep treading on the growth of 10 pasture species. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 7: 1-16p.
29. EHLING, F; GARDNER, C. 1962. Some observations on the movement of water to plant roots. *Agronomy Journal*. 54:453-456p.
30. EKALSEN, C; SAMMIS, T. W; SMEAL, D. 1991. Alfalfa yield as related to transpiration, growth stage and environment. *Irrigation Science* 12: 79-86p.
31. ELNADI, A. H; SAHED, I. A. 1997. Irrigation effects on the growth, yield, and water use efficiency of alfalfa. *Irrigation science*. 17(2). 63-98p.
32. ERICKSON, A. E; SCOTT, T, W. 1964. Effect of aeration and mechanical impedance on the root development of alfalfa, sugar beets and tomatoes. *Agronomy Journal* 56(6): 575-576p.
33. EVANS, D. W; PEADEN, R. N. 1984 Seasonal forage growth rate and solar energy conversion of irrigated Vernal alfalfa. *Crop Science*. 24: 981-984.
34. FELTNER, K, C; MASSENGALE, M. A. 1965. Influence of temperature and harvest management on growth, level of carbohydrates in the roots and survival of alfalfa. *Crop Science*. 5:586-588p.
35. FIXEN, P; LUDWICK, A, E. 1983. Phosphorus and potassium fertilization of irrigated alfalfa on calcareous soils. Soil test maintenance requirements. *Soil Science, Soc. Am. J.* 47:107-112p.
36. FORMOSO, F. 1998. Manejo de alfalfa para producción de forraje. *Jornada de alfalfa*. Canelones, Uruguay. *Plan Agropecuario*. 14-50p.
37. FRAMER, J. 1966. The effects of defoliation systems on the productivity of perennial ryegrass / white clover swards. Ph. D. Thesis. University of Glasgow, 317p.

38. FRAME, J. 1971. Fundamentals of grassland management. Par.10. The grazing animals. *Scottish Agriculture*. 50:28-44p.
39. FRAME, J. 1975. A comparison of herbage production under cutting and grazing (including comments on deleterious factors such as treading) in pasture utilization by grazing animal. Occasional symposium number 8, British Grassland Society, Aberystwith, 39-49p.
40. FRATE, C, A; ROBERTS, B. A. 1991. Imposed drought stress has no long term effect on established alfalfa. *Calif. Agric.* 45(3): 33-36p.
41. FUENTES, J, L. 1992. Técnicas de Riego. Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación. Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. Editorial I. R. Y. D. A. 35-62p.
42. GERWING, J; AHLGREN, G, II. 1958. The effect of different fertility levels on Yield, persistence and chemical composition of alfalfa grown on calcareous silt loam soil. *Science*. 117-58-65p.
43. GRANOTH, I; KIPNIS, T; VAISMAN, I. 1986. Drought stress and alfalfa production in a mediterranean environment. *Irrigation Science*. 10:113-125p.
44. GRIMES, D, W; WILEY, P, I; SHEESLEY, W, R. 1992. Alfalfa yield and plant relations with variable irrigation. *Crop Science*. 32:1380-1387p.
45. GUTTIENS, J, C. 1982. Model of alfalfa yield and evapotranspiration. *Journal Irrigation Drainage Div Prec. Am. Soc. Civ Eng.* 3:312 p.
46. GUTTIENS, J, C. 1990. Alfalfa. *Irrigation of Agricultural Crops*. ASA, CSSA, SSSA. Monogr. 30: 537-568p.
47. GYLES, O, A; TAYLOR, A, J; WHITEFIELD, D, M; WRIGHT, G, C. 1986. Effect of frequency of irrigation and Gypsum treatment on leaf water potential and conductance of Lucerne ( *Medicago Sativa*. L. ) grow on a heavy clay soil. *Irrigation Science* 7:73p.
48. GYLES, O, A; TAYLOR, A, J; WHITEFIELD, D, M; WRIGHT, G, C. 1986. Effects of stage of growth, irrigation frequency and gypsum treatments on CO<sub>2</sub> of lucerne, growth on a heavy clay soil. *Irrigation Science* 7: 169p.

49. HAGEMANN, R. W; MARBLE, V. L. 1983. Variety Response to cutting schedules in imperial valley. Calif. Alfalfa Symp. (Proc 13<sup>th</sup>, Holtville. Univ. Calif. Coop. Ext). 6-15p.
50. HAGIN, J; DOVRAT, A. 1963. Note on methods for determination of available soil potassium. Emp. J. Exp agric. 31:186-188p.
51. HALL, M, II; ECKERT, J. W. 1991. Decreased alfalfa growth after water -deficit stress is removed. Agron. Abstr, ASA, CSSA, SSSA. (Denver, CO). 145p.
52. HALIM, R, A; BUXON, D, R; HATTENDORF, M, J; CARLSON, R, E. 1989. Water deficit effects on alfalfa at various growth stages. Agron. Journal. 81: 765-770p.
53. HANKS, R, J; RILEY, J, P; STEWART, J, L. 1977. Four state comparison of models used for irrigation management. Proc Irrig Drain Spec Conf Am Soc Civ Eng, 283p.
54. HANKS, R, J; RETT, A. 1980. Corn and alfalfa production as influenced by limited irrigation. Irrigation Science 1: 135p.
55. HANSON, B. 1991. Alfalfa irrigation management. Calif. Alfalfa Symp. (Proc. 21<sup>st</sup>, Davis, CA.) .70-80p.
56. HAVLIN, J, L; WESTALL, D, G; GOLUS, H, M. 1984. Six years of phosphorus and potassium fertilization in irrigated alfalfa on calcareous soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:331-336p.
57. HEICHEL, G, H. 1983. Alfalfa: in: I.D. Teare and M. M. Peet( eds.) Crop Water Relations, John Wiley&Sons, New York. 125-127p.
58. HOBBS, E, II; KROGMAN, K, K; SOMMOR, I, G. 1963. Effects of level of minimum available soil moisture on crops yields. Candian Journal of Plant Science 43(3): 441-446p.
59. HODGKINSON, K. C. 1969. The utilization of root organic compound during the regeneration of lucerne. Austr. J. Biol. Science. 22:1113-1123p.
60. HODGKINSON, K. C. 1973. Establishment and growth of shoots following low and high cutting of lucerne in relation to the pattern of nutrient uptake. Australian Journal Agric. Res. 24:497-510p.

61. HOFFATER, R. R; CARAMBULA, M; GAONNET, M. 1980. Efecto de diferentes niveles de agua en el suelo sobre la producción de heno de alfalfa. In. Reunión Técnica de Facultad de Agronomía. (3ª, Montevideo). 81-82p.
62. ISMAÏEL, J; TOURAINE, B. 1994. N demand and the regulation of nitrate uptake. *Plant Physiol.* 105:3-7p.
63. JAMES, D. W; WAVER, W. II; EROBERTS, S. 1975. Potassium in arid loessial soil: Changes in availability as related to cropping and fertilization. *Soli Sci. Soc. Am.Proc.*39:1111-1115p.
64. JURG, M; BLUMENTHAL, M; RUSSELLE, P. 1996. Subsoil nitrate uptake and symbiotic dinitrogen fixation by alfalfa. *Agron. Journal.* 88: 909-915p.
65. KAFKAFI, U; GILAT, R; YOLES, D; NOY, Y. 1977. Studies on fertilization of field-grown irrigated alfalfa. *Plant and Soil* 46:165-173p.
66. KELLER, W; CARLSON, C. W. 1967. Irrigation of principal crops, In Hagan, R. M and Edminster, T. W. *Irrigation of agricultural lands.* Madison, ASA. 607-621p.
67. KIPNIS, T; VAISMAN, I; GRANOTI, I. 1989. Drought stresses and alfalfa production in a Mediterranean environment. *Irrig Science.* 10: 113-125.
68. KOHC, R. A; KOVAR, J. J. 1976. Soil water uptake by alfalfa. *Agronomy Journal* 68(3): 536-538p.
69. KOSTIACOF, A. N. 1932. On the dynamics of the coefficient of water-percolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. *Trans. Sixth intl. Society of Soil Science, Russian Part a:* 17-21p.
70. LEACH, G. J. 1969. Plant numbers, shoot size and yield of regrowth in three lucerne cultivars. *Australian Journal. Agric. Res.* 20: 425-434p.
71. LEVIN, I; DOVRAT, A; MOZES, G. 1969. Yield responses of irrigation alfalfa (*Medicago Sativa*, L) to available soil P and K levels in different fertilizer treatments in the Hula Valley of Israel. *J. Agro- Res-* 19: 25-30p.
72. LODGE, G. M. 1968. Yield and persistence of irrigated lucernes cut at different frequencies at tamworth, New South Wales. *Aus. S. Exp. Agric.* 26: 165-172p.

73. LOOMIS, R. S; WALLING, J. 1991. Alfalfa: Efficient or inefficient use of water. Calif. Alfalfa Symp. (Proc. 21<sup>st</sup>, Sacramento, CA),63-69p.
74. LOWE, K. F; GRASMHAW, D; BOWDLER, T; LUDKE, D. II. 1985. Performance of North American and Australian lucernes. Yield and plant survival in irrigated stands, Aust. J. Exp. Agr. 25: 82-90p.
75. LUDLOW, M. 1980. Adaptative significance of stomatal response to water stress . Wiley, New York. 123p.
76. MC KENZIE, J. S; PAQUIN, R; DUKE, S, II. 1988. Cold and heat tolerance alfalfa and alfalfa improvement. ASA, CSSA and SSSA. Monogr. 29: 259-302p.
77. MC WILLIAMS, J. 1980. Adaptation of plants to water and high temperature stress. In: N.C. Turner and P. J. Kramer. John Wiley & Sons, New York. 444-447p.
78. MARBLE, V. L.1974. How cutting schedules and varieties affect yield, quality and stand life. Calif. Alfalfa Symp. (Proc. 4<sup>th</sup>, Fresno, Ca) . 47-57p.
79. MARBLE, V. L. 1980. Effect of harvest frequencies and variety on yield quality: Acid detergent fiber Calif. Alfalfa Symp. ,( Proc. 10<sup>th</sup>. Visalia, Ca ).22-44p.
80. MARBLE, V. L. 1989. Fodders for the near east: alfalfa. Fao Plant Prod. Protec. Paper. 97/1. Pp.207.
81. MARTIN, W,E; MATOCHA, H, E. 1973. Plants analysis as an aid in the fertilization of forage crops. L.M 393- 426p.
82. MARTEL, Y, A; ZIZKA, J. 1977. Yield and quality of alfalfa as influenced by additions of S to P and K fertilization under green house conditions. Agronomy Journal 69:531-535p.
83. MASSENGALE, L; ROBINSON, G, D. 1968. Effect of harvest management and temperature on forage yield, root carbohydrates . plant density and leaf area relationship in alfalfa. Agronomy Journal 8: 147-151p.
84. METOCHIS, C. 1980 . Irrigation of lucerne under semi- arid conditions in Cyprus. Irrigation Science. 1: 247p.
85. METOCHIS, C; ORPHANOS, L. 1981. Alfalfa yield and water use when forced into dormancy by withholding water during the summer. Agron. Journal. 73:1048-1053p.

86. MEYER, R. D.; MARTIN, E. W. 1978. Plant analysis as a guide for fertilization of alfalfa. En H.M Reisenauer (ED) Soil and Plant- Tissue Testing in California. Div. Agri. Sci. Univ. Calif. 27-29p.
87. MOORE, D.P; PUMPHREY, F. V. 1965. Diagnosing sulfur deficiency of alfalfa from plant analysis. *Agronomy Journal* 57:364-366p.
88. MULLEN, G. I; JELLEY, R. M; MC ALEESE, D. M. 1974. Effects of animal treading soil properties and pasture production, *Irish Journal of Agricultural research*, 133: 171-180p.
89. OLSEN, S, R. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with NaHCO<sub>3</sub>. U.s. Dep. Agric. Circ. 939p.
90. OTTMAN, M, J; BARRY, R; TICKES; ROBERT, L; ROTH, M. 1996. Alfalfa yield and stand response to irrigation termination in an arid environment. *Agronomy Journal*. 88:44-48p.
91. PAINS, D.W. 1981 Systems analysis in alfalfa production. Calif. Alfalfa Symp. (Proc 11th, Fresno, CA). 44-48p.
92. PARSONS, R; STANFORTH, A; RAVEN, J, A. 1993. Nodule growth and activity may be regulated by a feedback mechanism involving phloem nitrogen. *Plant, Cell Environ.* 16:125-136p.
93. PATTO, P, M; CLEMENT, C, R; FORBES, T, J. 1978. Permanent grassland studies 2. Grassland poaching in England and Wales. Joint permanent pasture Group, Hurley, 19p.
94. PERRY, L, J; LARSON, K, L. 1974. Influence of drought on tillering and internode number and length in alfalfa. *Crop Science*. 14: 693-696p.
95. PHILIP, J, R. 1957. The physical principles of soil water movement during the irrigation cycle. *Third Congr. Int. Comm. Irrigation and drain*. 8: 1125-154p.
96. PHILLIPS, D, A; TEUBER, L, R; JUE, S, S, 1981. Variation among alfalfa genotypes for reduced nitrogen concentration. *Crop Science*. 22; 606-610.
97. PUMPHREY, F. W; MOORE, D, P. 1965. Diagnosing sulfur deficiency of alfalfa from plant analysis . *Agron Journal*. 57: 364-366p.

106. SAEED, I; ELNADI, A. 1997. Irrigation effects on the growth, yield, and water use efficiency of alfalfa. *Irrigation Science*. 17(2): 63-68p.
107. SAMMIS, T. W. 1981. Yield of alfalfa and cotton as influenced by irrigation. *Agronomy Journal* 73:323-329 p.
108. SIARRAT, B, S; REICOSKY, D, C; IDSO, S, D; BADER, D, G. 1983. Relationships between leaf water potential, canopy temperature and evapotranspiration in irrigated and non-irrigated alfalfa. *Agron. Journal*. 75: 891-894p.
109. SHEAFFER, C; TANNER, C, B; KIRKHAM, M, B. 1988. Alfalfa water relations and irrigation. *Alfalfa and Alfalfa Improvement*. ASA, CSSA and SSSA Monogr.:29: 373-402p.



110. SIEFFER, C. C; TANNER, C.B; KJERKIAN, M.B. 1988. Alfalfa water relations and irrigation. *Alfalfa and Alfalfa Improvement*. ASA, CSSA and SSSA Monogr.29:373-402p.
111. SIMPSON, J. R; LOPSETT, J. 1973. Effects of surface moisture-supply on the subsoil nutritional requirements of lucerne . *Aust. J. Agric. Res.* 24:199-209p.
112. SLARKE, R, H; MASON, W, K. 1987. Effect of growth stage at cutting on yield and quality of lucerne cultivars from different dormancy groups in northern Victoria. *Aust. J. Exp. Agric.* 27:55-58p.
113. SMEAL, D; KALLSEN, C, E; SAMMIS, T. W. 1991. Alfalfa yield as related to transpiration, growth stage and environment. *Irrig. Science.* 12:79-86p.
114. SMEAL, D; SILVA, J, P. 1969. Use of carbohydrate and nitrogen root reserves in the regrowth of alfalfa from greenhouse experiments under light and dark conditions. *Crop Science.* 9:464-467p.
115. SMITH, D; DOBRENZ, A, K. 1982. What are nutrient needs of high yield alfalfa? . *Better Crops Plant Food* 68:31-33p.
116. SMITH, D.1986. Pasture species. *Plant Analysis*.In : D.J. Revier and J.B. Robinson ( Eds). *An Interpretation manual*. Inkata Press. Melbourne. Australia. 109-110p.
117. SORENSEN , R, C. 1973.Effect of the application of phosphorus , potassium and sulfur to alfalfa grown on calcareous silt loam soil. *Science.* 117:58-65p.
118. STEGMAN, E, C; MUSICK, J, C; STEWART, J, I. 1980. Irrigation management. In : M.E. Jensen. *Design and Operation of irrigation Systems*. ASAE Monogr. 3:763-816p.
119. TABORI, C; SHARIT, N; GILADI, J. 1984. Yield and forage quality of alfalfa cut and differen stages of development. *Hassaded.* 64:1317-1321p.
120. TOPP, G, C; DAVIS, J, I; ANNAN, A, P. 1980. Electromagnetic determination of soil water content: Measurement in coaxial transmission lines. *Water Resources Res.* 16:574-572p.
121. UNDERSANDER, D, J. 1987. Alfalfa ( *Medicago Sativa*) growth response to water and temperature. *Irrigation Science.* 8: 23-33 p.

122. UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA. FACULTAD DE AGRONOMIA. 1994. Utilización de pasturas. Montevideo. Facultad de Agronomía, Departamento de apoyo Pedagógico. 17-26p.
123. VAUX, H. J; PRUITT, W. O. 1983. Crop. Water production functions. *Advances in irrigation* .2:61-97p.
124. VERSTEEG, M. N. 1985. Factors influencing the productivity of irrigated crops in southern Peru in relation to production by simulation Models. Ph.D Thesis. Agric. Univ, Wageningen, The Netherlands, 181p.
125. WHITFIELD, D. M; WRIGHT, G. C; GYLES, O. A; TAYLOR, A. J. 1986. Growth of lucerne in response to frequency of irrigation and gypsum application on a heavy clay soil. *Irrig. Science*. 7: 37-52p.
126. WENKERT, W; LEMON, E. R. 1987. Leaf elongation and turgor pressure in field-grown soybean. *Agron. Journal*. 70: 761-764p.
127. WOODRUFF, C. M. 1955. The energies of replacement of calcium by potassium in soils. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 19: 167-171p.
128. WOODRUFF, C. M. 1967. Crop response to lime in the idwestern United States. *Soil Acidity and Liming. Monogr.* 12:207-231p.
129. WRIGHT, G. F; WHITFIELD, D. M; GYLES, O. A; TAYLOR, A. J. 1986. Effects of stage of growth, irrigation frequency and gypsum treatment and co<sub>2</sub> exchange on lucerne ( *Medicago sativa*. L). Growth on heavy clay soil, *Irrig. Science*. 7: 169p.
130. WRIGHT, J. L. 1988. Daily and seasonal evapotranspiration and yield of irrigated alfalfa in Southern Idaho. *Agronomy Journal*. 80: 662-669p.
131. ZIPORI, E; VALDIVIA, L. H. 1982. La respuesta del cultivo de alfalfa a la aplicación de agua en zonas aridas. Factores que influyen en la producción de cultivos alimenticios y forrajeros en áreas desérticas.( Arequipa, Perú) FAPROCAF-INIPA, 243-280p.

## 8. ANEXO I

Niveles de Clases de información para el análisis de varianza del corte del 16/3.

Clase	Niveles	Valores
Bloque	3	1-2-3
Manejo	2	Cor- Pas
Riego	3	0-50-75

Análisis de varianza conjunto del corte efectuado el 16/3.( Peso seco)

Fuentes de variación	GL	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrados Medios (CM)	Pr
Modelo	7	4572936.2	653276.6	
Error	10	3181960.9	318196.1	0.1459
Corrección total	17	7754897.1		

R-cuadrado	Coef de variación	Desvio estándar	Media
0.8596	28.945	564.08	1948.7

Análisis de varianza conjunto del efecto manejo, riego e interacción entre estos para el corte del 16/3

Fuente	GL	Tipo III ss	Cuadrado Medio	Pr
Bloque	2	10243.1	5121.556	0.9841
Manejo	1	838080.9	838080.889	0.1357
Riego	2	3336170.7	1668085.389	0.0277
Manejo*Riego	2	388441.4	194220.7	0.5622

Análisis de diferencias entre medias aplicando Tukey's para diferentes manejos. Medias con igual letras no son diferencias significativas.( Peso seco )

Grupos Tukey	Medias	Numero	Manejo
A	2164.6	9	Pastoreo
A	1733.9	9	Corte

Análisis de diferencias entre medias aplicando Tukey's para diferentes niveles de riego. Medias con igual letra no presentan diferencias significativas.( Peso seco )

Grupos Tukey	Medias	Numero	Riego
A	2358.8	6	75
AB	2133.5	6	50
B	1354	6	0

#### ANALISIS DE VARIANZA PARA EL CORTE DEL 11 DE FEBRERO. PESO SECO

Fuentes de variación	Gl	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrados Medios (CM)	Pr
Modelo	3	1346714.8	448904.9	0.0222
Error	14	1426940.1	101924.3	
Corrección total	17	2773654.9		

R-cuadrado	Coef de variación	Desvio estándar	Media
0.485	21.91	319.2	1456

Análisis de varianza según manejo y Bloque.( Peso seco)

Fuente	GL	Tipo I ss	Cuadrado Medio	Pr
Bloque	2	92714.7	46357.389	0.6436
Manejo	1	1254000.1	1254000.1	0.0035

Grupos Tukey	Medias	Numero	Manejo
A	1720.9	9	Pastoreo
B	1193	9	Corte

Tanto el corte del 9/12 como el 15/1 no fueron pastoreados y tampoco regados. Estos cortes fueron analizados en gramos cada 0.1m<sup>2</sup>.

Análisis de varianza conjunto para el corte del 9 de diciembre.( Peso seco )

Fuentes de variación	Gl	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrados Medios (CM)	Pr
Modelo	3	1.23	0.41	
Error	14	36.84	2.63	0.9241
Corrección total	17	38.07		

R-cuadrado	Coef de variación	Desvio estándar	Media
0.032	45.41	1.62	3.57

Análisis conjunto de varianza para el corte del 15 de enero( peso seco )

Fuentes de variación	Gl	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrados Medios (CM)	Pr
Modelo	3	86.45	28.81	
Error	14	999.80	71.41	0.752
Corrección total	17	1086.26		

R-cuadrado	Coef de variación	Desvio estándar	Media
0.079	24.88	8.45	33.961

## 9. ANEXO II

En los siguiente cuadros se resume la información de ETo, ET y precipitaciones para los meses de duración del experimento, obtenidos a partir de la estación meteorológica de la EEI.B.

La ETo se define como la tasa de evaporación de un cultivo extenso y uniforme de gramíneas, de 8 a 15 cm de altura, en crecimiento activo, que sombrea totalmente el suelo y no está escaso de agua. Esta ETo se calcula a partir de la evaporación real ocurrida en el tanque A, corregido por su coeficiente de tanque(ka)

La ET calculada a partir de los datos de la ETo del tanque A, varía de acuerdo al coeficiente del cultivo utilizado dependiendo éste fundamentalmente de la etapa de crecimiento de la alfalfa, así como también de las condiciones de vientos y humedad. Los valores tomados por éstos varían según Doorembos et al, 1977 entre 0.4 inmediatamente después del corte, 1.05 en una etapa intermedia de crecimiento y 1.25 justo antes de la cosecha. Datos que concuerdan con los criterios empleados por la FAO.

Evolución de la ET y precipitaciones para el corte del 9 de diciembre

Meses	precipitaciones	Esto	KC	ET
junio	93,4	20,66	0,4	8,3
julio	54,6	38,72	0,4	15,5
agosto	89,4	42,96	0,4	17,2
setiembre	46,6	60,97	1,05	64,0
octubre	85,5	87,71	1,05	92,1
noviembre	90,8	122,08	1,25	152,6
diciembre	57,5	49,25	1,25	61,6

Evolución de la ET y precipitaciones para el corte del 15 de enero.

fecha	precipitaciones	Esto	KC	ET
12-Dic	18,9	14,56	0,4	5,8
15-Dic	35,2	9,38	0,4	3,8
19-Dic	53	12,53	0,4	5,0
22-Dic	17	10,64	0,4	4,3
25-Dic	35,1	14,49	1,05	15,2
31-Dic	103,3	21,42	1,05	22,5
05-Ene	53,6	17,22	1,05	18,1
08-Ene	53,3	11,69	1,25	14,6
12-Ene	2,2	22,96	1,25	28,7
15-Ene	0	11,62	1,25	14,5

Evolución de la ET y precipitaciones para el corte del 11 de febrero.

fecha	precipitaciones	Esto	KC	ET
19-Ene	0	17,29	0,4	6,9
22-Ene	34,3	14,07	0,4	5,6
25-Ene	0	14	1,05	14,7
31-Ene	1,9	22,82	1,05	24,0
05-Feb	33,1	16,24	1,05	17,1
08-Feb	7,9	8,56	1,25	10,7
12-Feb	0	16,9	1,25	21,1

Evolución de la ET y precipitaciones para el corte del 16 de marzo.

fecha	precipitaciones	ETo	KC	ET
15-Feb	0	13,5	0,4	5,4
19-Feb	1,7	20,7	0,4	8,3
22-Feb	0	10,6	0,4	4,2
25-Feb	0	11	1,05	11,6
28-Feb	0	16	1,05	16,8
05-Mar	43,2	21,1	1,05	22,2
08-Mar	59	8	1,25	10,0
12-Mar	40,3	10	1,25	12,5
15-Mar	0	10	1,25	12,5

**TEMPERATURAS DEL AIRE PROMEDIO CADA 10 DÍAS.**

MES	DIAS	TEMPERATURA
JULIO	1	9.9
	2	9
	3	16.5
AGOSTO	1	9.1
	2	14.6
	3	14.8
SEPTIEMBRE	1	13.5
	2	11
	3	12.8
OCTUBRE	1	15.2
	2	15.4
	3	17.3
NOVIEMBRE	1	18.2
	2	17.8
	3	19.3
DICIEMBRE	1	19.4
	2	19.8
	3	19.5
ENERO	1	20.7
	2	21.1
	3	21.5
FEBRERO	1	19.5
	2	21.4
	3	20.9
MARZO	1	21.7
	2	18.8
	3	17.6



## PRECIPITACIONES EN DÉCADAS

## JUNIO( Ka:0.6)

DIA	MM	ET0
10	57.6	9.2
20	4	8.5
30	1	12.2

## JULIO (Ka:0.6)

DIA	MM	ET0
10	36	9.6
20	19	12.4
30	0	16.8

## AGOSTO(Ka: 0.6)

DIA	MM	ET0
10	0	13.6
20	82.7	12.7
30	6.7	18

## SEPTIEMBRE( Ka:0.7)

DIA	MM	ET0
10	42	16.9
20	4.7	40.7
30	0	23

## OCTUBRE(Ka:0.7)

DIA	MM	ET0
10	21.3	23.8
20	58.4	29
30	0.5	35

## NOVIEMBRE(Ka:0.7)

DIA	MM	ET0
10	16.1	33.4
20	8.6	40.2
30	66.1	48.5

## DICIEMBRE(Ka:0.8)

DIA	MM	ET0
10	70.8	61
20	101.8	41
30	147.4	47

## ENERO(Ka:0.7)

DIA	MM	ET0
10	106.9	33.7
20	1	44.7
30	35.4	47

## FEBRERO(Ka:0.8)

DIA	MM	ET0
10	41	32.3
20	1.7	45.2
30	0	34.7

## MARZO(Ka: 0.8)

DIA	MM	ET0
10	147.7	
20	0.8	17.5

BALANCE HIDRICO DECADICO PARA UN PERFIL DE 0 - 40.0  
 DE PROFUNDIDAD CON UN CONTENIDO DE AGUA DISPONIBLE DE  
 mm A CAPACIDAD DE CAMPO Y CON 67.0 mm AL COMIENZO

87

PERIODO 1997 98	ETP	AGUA DISP.	ETR	DEF. REAL	EXC.	DEF. POT.
JUL	10.6	62.6	10.0	0.6	24.3	-9.5
	6.8	65.8	6.7	0.1	15.3	-4.5
	22.4	55.1	18.1	4.3	0.0	-22.4
AGO	15.2	40.6	9.2	5.9	0.0	-15.2
	17.4	47.6	12.8	4.6	24.7	-11.8
SET	25.3	58.6	22.1	3.2	0.0	-22.4
	20.0	64.2	19.3	0.7	10.0	-16.1
	25.4	52.5	20.5	5.0	0.0	-23.3
OCT	26.6	36.0	14.4	12.1	0.0	-26.6
	32.2	32.7	18.9	13.3	0.0	-26.4
	31.7	52.1	27.0	4.7	5.6	-22.9
NOV	41.5	38.5	26.0	15.4	0.0	-38.4
	39.8	26.4	22.0	17.8	0.0	-29.3
	46.3	20.4	19.0	27.4	0.0	-38.9
DIC	49.4	14.6	20.0	29.3	0.0	-35.4
	55.0	52.8	45.2	9.8	0.0	-39.4
	45.9	62.4	43.7	2.3	40.0	-22.6
ENE	42.4	62.1	40.2	2.2	67.2	-27.5
	48.1	57.5	41.9	6.2	39.3	-37.7
	48.5	34.2	26.9	21.6	0.0	-45.5
FEB	49.3	35.8	29.6	19.7	0.0	-43.3
	33.0	40.7	21.9	11.1	0.0	-26.3
	43.5	30.9	21.8	21.7	0.0	-41.8
MAR	31.2	18.4	8.6	22.5	0.0	-31.2
	33.4	41.9	19.6	13.8	35.0	-22.9
	29.5	54.0	24.6	4.9	0.0	-27.3
ABR	31.9	34.2	16.9	15.0	0.0	-31.9
	22.8	28.8	10.8	12.0	0.0	-20.0
	12.8	46.5	10.1	2.6	0.0	-8.4
MAY	13.8	52.1	10.8	3.0	8.3	-9.9
	12.6	61.0	11.5	1.0	0.0	-12.1
	9.6	62.2	9.0	0.6	9.4	-8.7
JUN	6.5	63.1	6.2	0.3	14.0	-4.6
	7.1	63.7	6.7	0.4	11.1	-6.6
	5.3	64.9	5.1	0.2	6.6	-4.6
	3.4	64.1	3.2	0.1	1.8	-3.0